

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Івахіву Оресту Васильовичу

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Петришина Любомира Богдановича
на дисертаційну роботу **Єлісеєвої Ганни Сергіївни**
«Рекурентні логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі»,
подану до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії**
з галузі знань 12 *«Інформаційні технології»*
та спеціальності 123 *«Комп'ютерна інженерія»*

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

В сучасних умовах відбувається інтеграція комп'ютеризованих систем з об'єктами контролю та управління. Значна кількість сенсорів у таких системах вимагає удосконалення аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) для підвищення ефективності збору, передачі та обробки вимірювальних даних. До недавня переважно більше використовували лінійні АЦП, оскільки логарифмічні АЦП (ЛАЦП) значно поступалися лінійним за метрологічними характеристиками. З появою ЛАЦП на комутованих конденсаторах ситуація докорінно змінилася: характеристики ЛАЦП і лінійних АЦП зрівнялися. Розробники звертають увагу на ЛАЦП, які поряд з перетворенням аналогових сигналів на цифрові дані забезпечують порівняно з лінійними АЦП додаткові можливості, а саме: ширший динамічний діапазон вхідних сигналів, гнучку лінеаризацію нелінійних характеристик сенсорів, постійне значення відносної похибки перетворення в цілому діапазоні зміни вхідних сигналів і можливість обробляти дані в логарифмічній арифметиці. Це є важливим для систем реального часу, в яких потрібно мінімізувати час обробки даних. Постійне значення відносної похибки перетворення, у свою чергу, сприяє підвищенню точності обробки даних вимірювання, оскільки великі і малі значення сигналів ЛАЦП перетворює з однаковою відносною похибкою. Слід зварнути увагу, що

при використанні лінійних АЦП необхідно вахувати зниження точності обробки даних внаслідок зростання відносної похибки перетворення при зменшенні значення вхідного сигналу.

Існують розробки послідовних, порозрядних, паралельних та рекурентних ЛАЦП на комутованих конденсаторах. Перспективу становлять рекурентні ЛАЦП, які дозволяють зменшити кількість зразкових величин, необхідних для отримання результату перетворення з заданою точністю та швидкодією. Проте клас рекурентних ЛАЦП недостатньо досліджений, що зумовлює необхідність вирішення питань узагальнення їх принципів побудови з постійною та змінною основою логарифму в процесі перетворення, створення фізичних моделей таких перетворювачів і математичних моделей їх похибок, здійснити оцінку точності та їх швидкодії.

Тому дослідження у вказаному напрямку є актуальним, що дозволить розвинути і вдосконалити ЛАЦП та покращити якість комп'ютеризованих систем у прикладних галузях, включаючи медицину, телекомунікації, автоматизацію промислових процесів тощо.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами

Дисертаційна робота Єлісеєвої Г.С. виконана на кафедрі комп'ютеризованих систем автоматики Національного університету "Львівська політехніка". Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри "Компоненти комп'ютеризованих систем автоматики та управління: принципи побудови, методи синтезу та аналізу, математичне та фізичне моделювання".

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дослідження отримані внаслідок вирішення науково-прикладної задачі розроблення та дослідження методів побудови та створення рекурентних ЛАЦП для підвищення метрологічних характеристик і мають таку наукову новизну:

- вперше розроблено метод рекурентного логарифмічного аналого-цифрового перетворення з постійною основою логарифму, в якому запропоновано формувати еталонні напруги за допомогою дільника опорної напруги, складеного з однакових Г-подібних ланок і додаткового резистора, а

виходи дільника з'єднані з виходами Γ -подібних ланок, що дає змогу значно спростити схемне рішення ЛАЦП;

- отримав подальший розвиток метод рекурентного логарифмічного аналого-цифрового перетворення із змінною основою логарифма, в якому запропоновано формувати еталонні напруги за допомогою дільника опорної напруги, складеного з однакових Γ -подібних ланок і додаткового резистора, а виходи дільника відповідно з'єднані з його вузлами, номери яких відповідають значенням показникової функції X^i ($i=0, 1, 2, 3, \dots, n$); обґрунтовано, що оптимальною є основа $X=2$, це дає змогу отримати перетворення без регулювання масштабного перетворювача і спростити реалізацію ЛАЦП;

- вперше запропоновано математичні моделі похибок рекурентних ЛАЦП, що дозволяють аналітично оцінити точність рекурентних ЛАЦП під час їх проектування;

- встановлено, що неідеальність компонентів впливає на процеси перетворення в рекурентних ЛАЦП в основному через такі ефекти: проникнення напруги управління ключами; передавання паразитного заряду затворів ключів; струми витікання в конденсаторних комірках.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету та основні завдання, предмет та об'єкт дослідження, наукову новизну, практичне значення одержаних результатів та особистий внесок здобувача.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан застосування ЛАЦП, здійснено їх класифікацію із визначенням нових досліджених класів, проаналізовано властивості інтегральних ЛАЦП і вказано перспективи їх розвитку.

У другому розділі розроблено загальні принципи побудови рекурентних ЛАЦП, розглянуто їх реалізацію з постійною та змінною основою логарифму, побудовано структурні схеми, здійснено оцінку точності та швидкодії в залежності від основи логарифму з метою спрощення проектування і практичної реалізації перетворювачів із заданими параметрами.

У третьому розділі розроблено фізичні моделі рекурентних ЛАЦП, визначено джерела похибок, створено математичні моделі похибок

рекурентних ЛАЦП і здійснено оцінку похибок з урахуванням параметрів сучасних компонентів.

У четвертому розділі здійснено фізичне моделювання розроблених рекурентних ЛАЦП з постійною та змінною основою логарифма, розроблено принципові схеми рекурентних ЛАЦП, наведено схемотехнічні рішення, які є перспективними для виготовлення за технологією інтегральних схем.

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Єлісеєвої Г.С. обґрунтовані коректним використанням методів теорії лінійних електричних кіл, методів систем керування, математичного комп'ютеризованого моделювання, методів інформаційно-виміральної техніки та теорії похибок. Обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі, є достатньою і базується на детальному аналізі джерел за даним напрямком, постановці задач дослідження, використанні сучасних аналітичних методів, а також якісному та аргументованому формулюванні висновків.

Достовірність отриманих результатів обґрунтована публікацією 4-х статей у фахових виданнях України і 1-ї статті за кордоном (Scopus, Q2); апробацією отриманих наукових результатів на 4-х міжнародних науково-технічних конференціях; впровадженням отриманих результатів у навчальний процес у Національному університеті "Львівська політехніка".

6. Практичні результати роботи

Практичні результати дисертаційного дослідження полягають у:

- розробленні нових структурних схем рекурентних ЛАЦП, які можуть бути використані у системах керування, телекомунікації, інформаційно-виміральної техніки тощо;
- розробленні математичних моделей, які дають змогу визначити властивості рекурентних ЛАЦП під час їх проектування;
- розробленні пакету прикладних програм, що дозволяє на стадії проектування чисельно оцінити похибки та характеристики перетворення

рекурентних ЛАЦП з урахуванням реальних параметрів компонентів;

- розробленні методики оцінки похибок рекурентних ЛАЦП;
- розробленні методики обчислення параметрів схем рекурентних ЛАЦП;
- дано рекомендації щодо реалізації рекурентних ЛАЦП.

Запропоновані у дисертації структури рекурентних ЛАЦП використано у навчальному процесі кафедри «Комп'ютеризовані системи автоматики» Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні дисципліни «Комп'ютерна електроніка, ч.2» за темою «Пристрої узгодження цифрової та аналогової інформації» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», які навчаються за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», спеціалізацією «Системна інженерія (Інтернет речей)».

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень і результатів в опублікованих працях

Повний обсяг роботи становить 195 сторінок друкованого тексту, з них основний текст на 117 сторінках. Список використаних джерел містить 154 найменування. Оформлення дисертації відповідає чинним вимогам.

Дисертаційна робота має логічний уклад. Висновки і рекомендації слідує із результатів, наведених у розділах дисертації.

Результати дослідження опубліковано у 9 працях, з яких 5 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у закордонному науковому виданні (Scopus, Q2) і 4 праці апробаційного характеру: 3 матеріали і 1 тези міжнародних науково-технічних конференцій.

Основні положення дисертації викладено в опублікованих працях.

Чинні вимоги щодо кількості та якості публікацій дотримані.

8. Мова та стиль дисертаційної роботи

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», галузі знань 12 «Інформаційні технології». Дисертація написана науково коректною мовою в академічному стилі з використанням технічної термінології, логічно та доступно.

9. Зауваження до дисертації:

1. Обґрунтування наукової новизни вперше розробленого методу рекурентного ЛАЦП з постійною основою логарифму слід уточнити, доповнивши його фразою «виходи дільника з'єднані з виходами Г-подібних ланок»; що вказано у цьому відгуку при розгляді наукової новизни дисертації.

2. Графіки на рис.3.10 і рис.3.11 - ідентичні, хоч відносяться до похибок старших і молодших розрядів рекурентного ЛАЦП.

3. Забагато уваги приділено опису ЛАЦП з публікації [119], що необґрунтовано перевантажує розділ 1.

4. У тексті дисертації не наведено блок-схем алгоритмів аналізу похибок від впливу паразитних міжелектродних ємностей і струмів витікання компонентів рекурентних ЛАЦП, хоч відповідні програми наведені у додатках.

5. Не вказано за допомогою яких програмних засобів здійснено комп'ютерне моделювання.

6. Основними характеристиками розроблених рекурентних ЛАЦП в роботі визначаються показники їх точності та часу перетворення (швидкодії). Слід було б врахувати вартість таких перетворювачів.

7. В роботі мають місце описки та неточності, зокрема, на стор.44 ζ - основа логарифму, а на стор.47 b - основа логарифму (ці ж основи ζ і b ще раз, без потреби, пояснюються відповідно на стор.53 і стор.50); не вдале позначення N_z - номінальне значення вихідного коду ЛАЦП тощо.

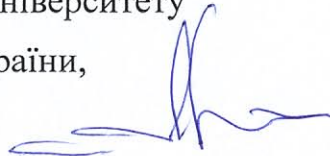
Вказані зауваження та недоліки стосуються концептуальних засад дисертації і тому не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

10. Висновки щодо дисертаційної роботи в цілому

Дисертаційна робота Єлісеєвої Ганни Сергіївни «Рекурентні логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі» є завершеним, цілісним, виконаним на необхідному рівні самостійним науковим дослідженням, містить достатню наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів розв'язання актуальної науково-прикладної задачі розроблення та дослідження принципів побудови та створення рекурентних ЛАЦП із покращеними метрологічними характеристиками.

Зміст дисертаційної роботи «Рекурентні логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі» відповідає темі, забезпечує досягнення поставленої мети і вирішення завдання дослідження, а також відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а автор дисертації, Єлісеєва Ганна Сергіївна, заслуговує присудження їй ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент – професор кафедри
комп'ютерних наук та інформаційних систем
Прикарпатського національного університету
імені Василя Стефаника МОН України,
доктор технічних наук, професор



Любомир ПЕТРИШИН

