

СТВОРЕННЯ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ЯК РЕЗУЛЬТАТ РОЗВ'ЯЗАННЯ ГОЛОВНОЇ ПРОБЛЕМИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ СТОСОВНО ТОЧНОСТІ ТА ШВИДКОДІЇ ВИМІРЮВАНЬ

Стаття присвячена опису методології розроблення та становлення нового напрямку у теорії і практиці вимірювань – квантовій теорії вимірювального перетворення фізичних величин, яка вперше дозволила зняти принципове обмеження і одночасно підвищити і точність і швидкодію вимірювань, у 10-100 разів, за рівних умов технологічного рівня елементів. Розроблено та запропоновано методологію та принципи побудови ЦАП і АЦП нового покоління із програмованою архітектурою та параметрами шляхом використання Атенюатора – подільника Троцишина, та його модифікацій, на основі принципів коінциденції.

Article describes the methodology development and establishment of a new direction in theory and practice of measurement – quantum theory of measuring conversion of physical quantities, which first allowed to remove the fundamental limitations and simultaneously increase the speed and accuracy and measurement times of 10-100, with equal technological level elements. A proposed in JSC methodology and principles of DAC and ADC's new generation of programmable architecture and parameters by using attenuator – Trotsyshyna divider, and its modifications, based on the principles coincidence.

Ключові слова: квантова теорія вимірювального перетворення фізичних величин, атенюатор-подільник Троцишина, методологія та принципи побудови ЦАП і АЦП нового покоління

ВСТУП

Сучасна вимірювальна техніка, метрологія та приладобудування мають принципове обмеження і в рамках сучасних уявлень принципово не допускають одночасного підвищення і точності і швидкодії вимірювального цифрового перетворення.

В рамках теорії ФЧВ і ПР авторам проекту вдалося довести і практично досягнути значного збільшення (в 10-100 разів), і покращити суперечливий параметр ТОЧНІСТЬ x ШВИДКОДІЯ ВИМІРЮВАНЬ саме для фазочастотних параметрів радіосигналів.

Враховуючи, що в основі досягнутих унікальних результатів є заміна у використанні самої “ідеології” до процедури вимірювального перетворення та поняття шкали вимірювання, як із цілими так і дробовими поділками, які опираються на квантовані значення матриці можливих вимірювальних значень.

Тому, очевидно є можливість створення єдиної теорії вимірювального цифрового перетворення фізичних величин для розв'язання принципової проблеми одночасного підвищення параметру ТОЧНІСТЬ x ШВИДКОДІЯ ВИМІРЮВАНЬ.

Предмет та об'єкт дослідження:

Теорія та практика і метрологічні аспекти вимірювальних перетворень фізичних (електричних та неелектричних) величин;

Процеси та процедури здійснення аналого-цифрового перетворення реальних значень фізичних (електричних та неелектричних) у вимірювальних приладах;

Метою дослідження – є створення єдиної теорії та методологічної системи нових, саме “ідеологічних”, підходів до розв'язання головної проблеми вимірювальної техніки і метрології: – одночасного підвищення і точності і швидкодії вимірювальних приладів різних фізичних величин (електричних та неелектричних).

Основними завданнями які потрібно розв'язати є:

- створення та розробка математичних моделей вимірювальних процедур різних фізичних величин, адекватних до реальних, а не ідеалізованих параметрів;
- перегляд та встановлення ієрархічної залежності існуючих, та розроблених нових методів вимірювань із врахуванням причинно-наслідкових та метрологічних аспектів процедури вимірювальних АЦП;
- дослідження принципів та особливостей утворення дробової частини поділок на єдиній цілочисельній шкалі вимірюваних значень;
- дослідження метрологічних характеристик нової вимірювальної шкали, визначення важливих метрологічних характеристик (лінійності, нерівномірностей, статистичних параметрів та характеристик шкал);
- дослідження динаміки утворення матриці можливих значень вимірювальних шкал в рамках нової теорії та концепції реперних точок;
- розробка методології та методик використання результатів розробленої нової теорії та практики для одночасного підвищення і точності і швидкодії вимірювального цифрового перетворення в різних галузях приладобудування.

Задачі чи проблеми, на вирішення яких було спрямовано проект

Головна проблема вимірювальної техніки – потенційна неможливість одночасного підвищення як точності так і швидкодії вимірювань та вимірювальних приладів існує з тих часів коли почали вимірювати

фізичні величини. Суттєвим проривом в цьому напрямку стали поява електричних сигналів та вимірювання їх характеристик і параметрів, а інші фізичні величини почали перетворювати в електричні сигнали.

Теоретичною квантовою межею є відома межа невизначеності Гейзенберга та теорема дуальності ($df \cdot dt < 1$ в галузі частотних вимірювань). Вказані принципи обмеження внесені та закріплені у ДСТУ, викладено у монографіях і підручниках. Проте, є окремі прояви явищ, методів та приладів у яких спостерігається можливість подолання вказаних обмежень, а найбільш характерними є різновиди так званих методів одно та двосторонніх ноніусів, і особливо метод коінциденції.

Але ні у вітчизняних ні у зарубіжних вчених немає єдиної чіткої теорії, яка б мала єдині принципи та методологію, що пояснюють отримані локальні результати.

Заплановані очікувані наукові результати

В результаті виконання досліджень планувалось отримати глибоке наукове і філософське обґрунтування принципово нових знань та встановлення закономірностей утворення Повної вимірювальної шкали, концептуальних засад наявності у природі квантованих значень матриці можливих числових станів вимірюваних параметрів при визначеному алгоритмі аналого-цифрового перетворення.

Планується створення єдиної квантової теорії, яка спирається на поняття природних реперних точок, і розробка в її межах нових методів вимірювання фізичних величин, та побудови приладів із суттєвим покращенням параметру ТОЧНІСТЬХШВИДКОДІЯ ВИМІРЮВАНЬ та інших метрологічних характеристик, у порівнянні із тими, що є тепер.

В результаті проведення роботи планується завершення всебічної розробки теорії фазочастотного синтезу, перетворення та вимірювання параметрів радіосигналів, розробка нових методів, засобів вимірювання та перетворення фазочастотних параметрів радіосигналів і інших фізичних величин. При розробці теорії будуть створені нові узагальнені математичні моделі, які дозволять обґрунтувати застосування нових підходів до вимірювання частоти, фази, амплітуди радіосигналів, перетворення їх параметрів. На основі розроблених узагальнених математичних моделей теорії фазочастотного синтезу, перетворення та вимірювання параметрів радіосигналів будуть розроблені нові методи вимірювання та перетворення параметрів радіосигналів, електричних кіл та фізичних об'єктів. Такими параметрами та об'єктами є: частота, фаза, повний фазовий зсув, девіація частоти, амплітудні значення гармонійних сигналів, амплітудно-частотні та фазочастотні характеристики електричних кіл, відстані та характеристики неоднорідностей кабельних ліній зв'язку, внутрішня структура матеріалів, в'язкість рідинних матеріалів та інші. Всі наявні (втому числі в галузі теорії ФЧВ і ПР [1-4]) а також нові отримані узагальнені закономірності та результати [5-29] будуть опубліковані у вигляді монографії, а також будуть запропоновані внесення змін до ряду ДСТУ, які гальмують розвиток вимірювальної техніки та приладобудування.

Опис процесу наукового дослідження

Дослідження велись широким фронтом, як в напрямку фазочастотних вимірювань, особливо глибоко досліджувались методологія та принципи утворення вимірювальної шкали частотоміра та вимірювального перетворювача за методом коінциденції, вперше отримано результати стосовно основних характеристик, кількості поділок, динаміки їх зміни, не лише в частині дробових значень (менших 1,00), але і Повної дробово-раціональної шкали [1-29].

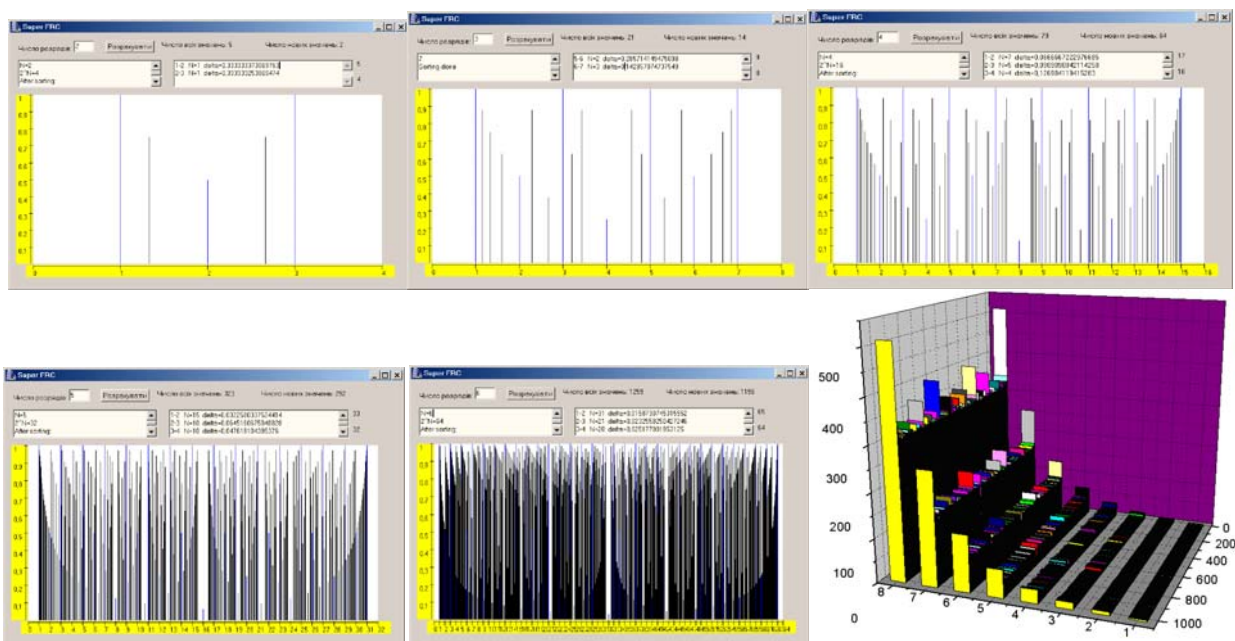


Рис. 1. Результати основних характеристик, кількості поділок, динаміки їх зміни, дробових значень (менших 1,00), і Повної дробово-раціональної шкали

Було проаналізовано методології та знайдені статичні характеристики для розрахунку та проектування частотомірів, і методики оцінювання їх метрологічних характеристик, які відразу впроваджувались та відпрацьовувались у ході виконання циклів лабораторних робіт [1-30].

Другим напрямком слугували розробка та дослідження використання принципів меду коінциденції для побудови ЦАП і АЦП. Вперше було запропоновані структури ЦАП і АЦП які базуються на методи коінциденції та його модифікаціях, і отримано феноменальні результати і можливості, не лише досягнення одночасного збільшення і точності (кроку квантування), але і швидкодії та складності таких структур. Виявлено можливості програмування та адаптації параметрів Шкали вимірювально перетворення (ШВП) під конкретні завдання уже після складання вимірювальної схеми (створення програмованих шкал), – будь які відомості про аналогічні можливості у світі відсутні [1-30].

Об'єднання вказаних двох напрямків дозволило розробити узагальнені математичні моделі новітніх методів ЦАП і АЦП, дослідити їх особливості, а саме головне, вперше запропонувати ієрархічну структуру, де існуючі класичні методи є найнижчим, примітивним рівнем вимірювального перетворення, який не лише не використовує, але й принципово не дає можливості використання всіх квантових значень точок Шкали вимірювального перетворення, для всіх нових розроблених методів, які дали назви: *коінциденції*, *супер* (подвійної коінциденції), *сумарно-різницевої* (дельта-сігма), і на кінець, об'єднуючому всю квантову область значень (чотиривимірна інтерпретація) – *комбі* [1-30].

Таблиця 1

Рівняння для отримання квантованих точок вимірювальних шкал

Класичний двійковий ЦАП (АЦП) N_classik	$n_{classik} = \frac{A_i}{2^N}$, де $A_i \in (1 \div 2^N - 1)$, де N – розрядність двійкового коду
Шкала коінциденції N_coencidenc	$n_{coinciden} = \frac{A_i}{B_j}$, де $A_i, B_j \in (1 \div 2^N)$, де N – кількість значень подільника
Шкала подвійної коінциденції N_super	$n_{super} = \frac{A_i}{B_j} / \frac{C_k}{D_l}$, де $A_i, B_j, C_k, D_l \in (1 \div 2^N)$, N – кількість значень подільника
Шкала сумарно-різницева N_D_S	$n_{D_S} = \frac{A_i}{B_j} \pm \frac{C_k}{D_l}$, де $A_i, B_j, C_k, D_l \in (1 \div 2^N)$, N – кількість значень подільника
Шкала комбінованого перетворення N_comby	$n_{comby} = \frac{A_i}{B_j} \pm \frac{C_k}{D_l} \cup \frac{A_i}{B_j} / \frac{C_k}{D_l}$ де $A_i, B_j, C_k, D_l \in (1 \div 2^N)$, N – кількість значень подільника

Було використано цілу гамму теоретичних та практичних методів досліджень: аналітичні дослідження математичних моделей, принципи теорії множин та комбінаторики, методи наближених обчислень та апроксимації.

Широко використовувались як методи комп'ютерного моделювання вимірювальних шкал, так і симуляція вузлів та елементів на сучасних комп'ютерних стимуляторах, які відображають вплив реальних компонент та їх характеристик. Проводились багаторазові дослідження макетних зразків, та співставлення практичних результатів до розрахункових, а також теоретичних та отриманих шляхом моделювання. Вихідним матеріалом також слугували результати отримані групами студентів в ході виконання лабораторних робіт, при цьому розходження було в межах одиниць відсотка, що є наглядним підтвердженням, хоча й на перший погляд фантастичним, але реально працюючим результатам і можливостям Квантової теорії вимірювального перетворення (КТВП).

Зміст та основні наукові і практичні результати макетів монографії, неодноразово доповідались на міжнародних конференціях [1-30], отримано ряд як позитивних так критичних зауважень, які стосуються питань методології самого підходу. Так що лише повний перехід на визначення і принципи Квантового підходу до утворення шкали вимірювального перетворення, а ні в якому разі, не спіранні на двійкову систему класичних методів перетворення, дозволяє зрозуміти, яким чином і звідки з'являються додаткові квантовані значення в межах точок двійкових шкал (коінциденції), причому, для більш високого порядку, це є обов'язковою умовою. Питання відображення результатів у двійкових кодах може стояти лише після отримання всіх (або запрограмованих) значень Повної шкали вимірювального перетворення. Питання реального видання монографії, потребує не лише вирішення питання фінансування, а і мови видання (російська, англійська), так як, обговорення результатів на міжнародній виставці «Російська неділя електроніки – 2011», з представниками саме закордонних фірм, зацікавлених у впровадженні нового покоління ЦАП і АЦП, є неможливим через мовний бар'єр [1-30]. В той же час в Україні не залишилось

жодного підприємства мікроелектроніки, здатного виготовити зразки мікросхем.

Для дослідження характеристик макетів приладів використовувались зразкові прилади Ф1-4, Ф2-34, ЧЗ-57, Цифровий осцилограф, та сучасні комп'ютерні комплекси, для обчислення значень шкали при кількості розрядів більших 10-12 двійкових.



Рис. 2. Зразки розроблених вимірювачів і перетворювачів у порівняння із зразковою апаратурою

Отримані найважливіші наукові і науково-технічні результати:

В результаті виконаних досліджень вперше вдалось отримати глибоке наукове і філософське обґрунтування принципово нових знань та встановлення закономірностей утворення Повної вимірювальної шкали, концептуальних засад наявності у природі квантованих значень матриці можливих числових станів вимірюваних параметрів при визначеному алгоритмі аналого-цифрового перетворення [1-30].

Створено єдину квантову теорію, яка спирається на поняття природних реперних точок, і розробку в її межах нових методів вимірювання фізичних величин, та побудови приладів і суттєвим покращенням параметру ТОЧНІСТЬШВИДКОДІЯ ВИМІРЮВАНЬ та інших метрологічних характеристик, у порівнянні із тими, що є тепер.

На основі розроблених методів [1-30] можлива розробка цілого класу нових вимірювальних приладів із покращеними метрологічними характеристиками.

Планується, окрім отриманих двох позитивних рішень, подання заявок про винаходи по кожному новому методу вимірювання, із можливістю укладання ліцензійних угод на використання патентів [1-30].

Просування на ринок результатів роботи планується шляхом надання консультаційних послуг, продажу патентів та укладання ліцензійних угод, продажу готової конструкторської документації готових пристроїв. Результати досліджень в першу чергу рекомендується до впровадження в навчальний процес для фахівців радіоелектронного профілю та електро-радіовимірювальної техніки.

Враховуючи забезпечення розробленими зразками апаратури характеристик, які в рази перевищують можливості найкращих існуючих, в рамках класичних підходів аналогічних виробів, доцільне використання їх для створення засобів спеціального та військового призначення, шляхом заміни застарілих вузлів та подальшою розробкою принципово нових, із можливостями, які виходять за рамки існуючих.

Можлива широка співпраця із провідними фірмами (Hewlett-Packard, Analog Devises, Texas Instruments, Rode & Swart) виробниками радіоелектронного обладнання та засобів оброблення інформації, а також виробниками мікроелектронних засобів.

Наукова новизна та значимість отриманих наукових результатів

Оскільки отримані результати не лише не мають аналогів у світ, а суттєво уточнюють картину сприйняття природи, шляхом використання всіх можливих квантових станів під час вимірювального перетворення, є сенс говорити що в цілому, що онова теорія із її феноменальними результатами та встановлення нових невідомих раніше закономірностей може слугувати заявкою на відкриття [1-30].

Відмінні риси і перевага отриманих результатів над вітчизняними або зарубіжними аналогами чи прототипами

Відмінними рисами ідеологічного підходу, який названо Квантова теорія вимірювального перетворення (КТВП) є наступні вихідні позиції загально філософського розуміння проблеми пізнання світу:

Питання точності та швидкодії вимірювань є основним питання теорії вимірювань та теорії інформації, а з технічної чи технологічної точок означає: той хто в повній мірі досяг вказаного покращення є лідером у науково-технічному прогресі та економічній (військовій) могутності країни. Адже очевидним є той факт, що у класичних методах вимірювань однозначно відзначено: – що добуток вказаних параметрів є величиною постійною, звідки на практиці маємо: – або збільшення точності вимірювань при збільшенні часу вимірювань (зменшення швидкодії); або ж, навпаки: – швидкі вимірювання виконуються із значними похибками, і лише класичні методи стверджують, що саме так і повинно бути? !.

Вказані постулати внесені у Стандарти (ДСТУ, ГОСТ, ISO), викладно у підручниках та навчальних посібниках, і є домінуючим елементом у сучасній метрології та вимірювальній техніці. В той же час, існує

багато прикладів коли використання класичних підходів створює такі умови що вимірювання починають давати цікаві речі, які, класичні підходи назвали парадоксами, так як, чому, і завдяки чому, вони беруться, вони, на жаль дати відповіді не можуть. Основним руйнівним елементом тут може виступати фундаментальне твердження про те, що у ПРИРОДІ жодних парадоксів не існує, а все це є, "м'яко кажучи", невдалі спроби пояснити цілком очевидні речі з позицій існуючих "класичних" методів вимірювань.

Доказом, що це саме так, приведемо короткий розгляд становлення Квантової теорії вимірювань на прикладі вимірювання фазочастотних параметрів радіосигналів (теорія ФЧВ і ПР), а також КТВП на прикладі ЦАП і АЦП, а спільним для них обох є використання принципу коінциденції, яка реалізує найпотужнішу із вимірювальних шкал: – шкалу відношень [1-30].

Ми не лише відмовилися від класичних уявлень, а встановили і довели, що для реально існуючих сигналів (які об'єднано у загальний клас і названо радіосигналами), що мають початок і кінець, і всі вони мають принципові відмінності від ідеальної "синусоїди". Так, для них не існує поняття "частота" і "фазовий зсув", у їх класичному розумінні яке регламентується ГОСТами, ДСТУ, так як, ці параметри, як уже вказувалось, вводяться і "існують" лише для ідеальних сигналів (синусоїда без початку та кінця), а це є абсолютна ідеалізація. Розроблено і досліджено математичні моделі вимірювання та перетворення фазочастотних параметрів, як електро- так і радіосигналів, і доведено, що єдиною адекватною моделлю, що відповідає реальним процесам, є введення поняття повного фазового зсуву та його похідних як головного інформаційного параметра в теорії ФЧВ і ПР [1-30].

В теорії ФЧВ і ПР замість двох незалежних шкал (ціла частина – прилади групи Ч, і дробова частина – прилади групи Ф), використовується єдина шкала із раціональними числами, які окрім цілих включають і безмежну кількість проміжних (можливих) значень "дробових"

Квантові властивості принципу коінциденції найбільш наглядно проявляються у побудові ЦАП і АЦП які використовують всю можливу (квантовану), а не зручну «двійкову», шкалу вимірювального перетворення.

В основі методології побудови Квантової теорії вимірювань (КТВ) лежить принцип що значення цифрової шкали вимірювального перетворення визначаються набором всіх можливих (квантованих) значень, які можуть бути реалізовано за даного порівняння багатозначної міри і багатоступінчастого подільника вхідної величини – так званий метод коінциденції, а не на підставі інших шляхів, наприклад, вибору двійкової шкали, рівномірності кроку квантування, лінійності шкали тощо [1-30].

Квантовий підхід до вимірювання амплітудних параметрів реалізується шляхом побудови Атенюатора-подільника Троцишина (АПТ) (рис. 3) [15], який полягає у використанні кодокерованої комутації точок проміжних з'єднань лінійки N послідовно з'єднаних резисторів однакового номіналу, в якій на верхній (крайній вивід лінійки резисторів) подається вхідна напруга, а нижній (крайній вивід лінійки резисторів) підключено до спільного виводу атенюатора-подільника (подільника Кельвіна).

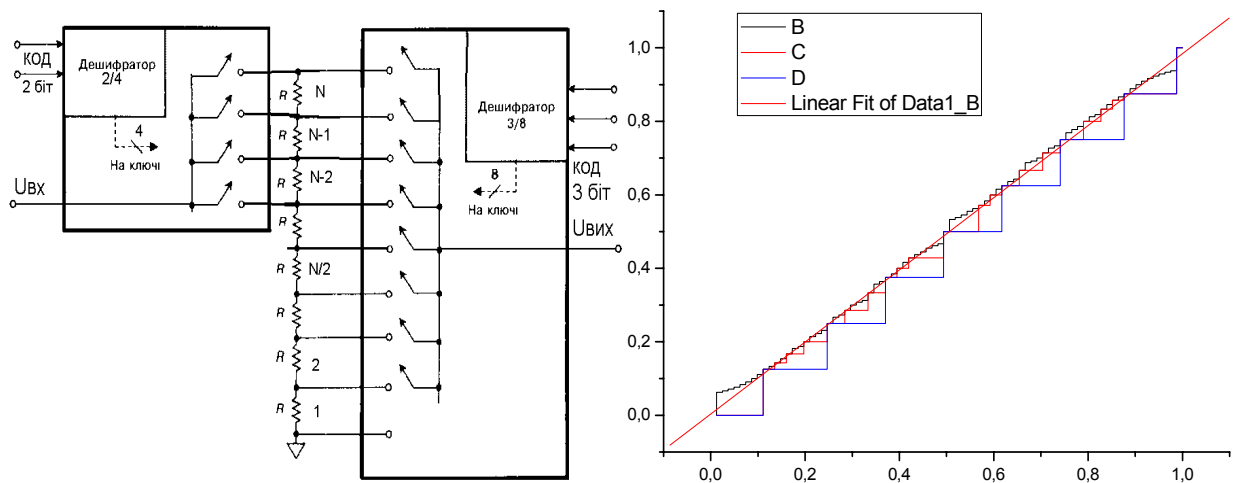


Рис. 3. Атенюатора-подільника Троцишина та порівняння його шкали вимірювального перетворення

КТВП передбачає наявність значно більшої кількості квантованих точок шкали перетворення (при одному і тому ж динамічному діапазоні) ніж класична. Більше того, кількість додаткових точок (окрім наявних класичних) визначається як [1-29]:

$$\Delta N_i = N_{i\text{coinc}} - N_{\text{клас}} = \sum_{j=1}^N [N_i] - [\log_2 N], \text{ і, для } N=8: \Delta N_i = N_{i\text{coinc}} - N_{\text{клас}} = \sum_{j=1}^{2^3} [N_i] - 2^3.$$

Встановлено, і практично доведено, що при використанні методу коінциденції кількість квантованих значень шкали вимірювального перетворення ЦАП-АЦП значно більша ніж прийнято використовувати у класичних двійкових перетворювачах, і дозволяє одночасно збільшувати і точність і швидкодю вимірювання як фазочастотних так і амплітудних параметрів радіосигналів.

Порівняльні характеристики АПТ і АП Кельвіна

Кількість резисторів NR (N АП Кельвіна)	2	4	8	16	32	64	128	256	1024
Кількість квантових точок шкали АПТ	2	6	22	80	324	1260	5022	19948	318964
Приріст квантованих значень	0	2	14	64	292	1196	4894	19692	317940
Виграш	1	1,5	2,75	5	10,125	19,69	39,08	77,92	311,5

Ні в Україні, ні у світі, приладів або вимірювальних перетворювачів з подібними характеристиками не випускається, а всі існуючі, «сповідують» обмеження: – *ТОЧНІСТЬxШВИДКОДІЯ = КОНСТАНТА*.

Практична цінність результатів та продукції:

Використання результатів нової теорії та її методології можливо скрізь де потрібно одночасно підвищувати параметр *ТОЧНІСТЬxШВИДКОДІЯ ВИМІРЮВАНЬ* фізичних величин (військова техніка, медицина (томографія, експрес-аналіз, УЗД), високотехнологічні галузі виробництва, нанотехнології, авіаційно-космічна галузь, мікроелектроніка, системи контролю технологічних процесів, робототехніка, вимірювальна техніка та метрологія, приладобудування тощо).

Особливо високоефективним впровадження нового, саме “ідеологічного підходу”, буде у навчальний процес підготовки фахівців в галузі сучасного приладобудування.

Глобально, нова теорія дозволяє збільшити випуск одиниць якісної продукції в одиницю часу (*ТОЧНІСТЬxШВИДКОДІЯ ВИМІРЮВАННЯ*).

В цілому нова теорія із її феноменальними результатами та встановлення нових невідомих раніше закономірностей може слугувати заявкою на відкриття, які дадуть нові унікальні можливості методам цифро-аналогової і аналогово-цифрової техніки.

Патентування можливе як в конкретних галузях приладобудування, а також надання ліцензій для провідних розробників прецизійних вимірювальних приладів у світі.

КТВП в повній мірі реалізована у фундаментальному дослідженні принципів та методології математичних моделей, детальному дослідженню особливостей утворення шкали вимірювального перетворення та її характеристик, а також її поведінки, залежно від розрядності представлення інформації.

Розроблено структурні та принципові схеми перетворювачів різного типу (ЦАП, АЦП), паралельної дії, послідовної дії, універсальних програмованих із адаптованими параметрами структур ЦАП-АЦП перетворень «на кристали».

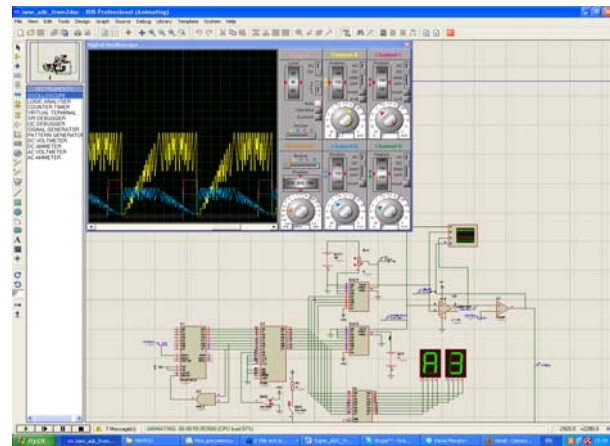
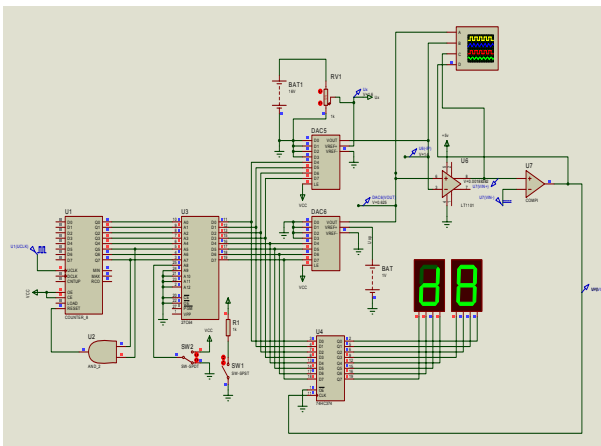


Рис. 4. Моделювання в середовищі ISIS professional

Проведено моделювання та емуляція ЦАП і АЦП різних типів на основі Атенуатора-подільника Троцишина, отримано значне зростання кількості квантованих точок шкали вимірювального перетворення, наприклад: для АПТ_8R, замість 8 точок для класичної двійкової шкали, *шкала коінциденції* дає -22 точки; *шкала супер* (подвійної коінциденції) -166, *шкала сумарно-ріницева* – 169; і *шкала комбі* – 247, і все це в однокловому діапазоні вимірювального перетворення (0,000-1,000), при однаковій кількості (8R) резисторів однакового номіналу (рис.).

Виготовлено, проведено випробування, і впроваджено у навчальний процес (в якості лабораторних макетів) частотомір коінциденції, вимірювальний перетворювач частоти в код, АПТ_8R для програмування ЦАП і АЦП різних видів.

Розроблена КТВП і прилади та вимірювальні перетворювачі побудовані на її основі є вищим рівнем ієрархії (з чотирма рівнями), де класичні методи є найнижчим (примітивним) рівнем, який входить у всі рівні вищої ієрархії, і дозволяє одночасно покращити параметр *ТОЧНІСТЬxШВИДКОДІЯ ВИМІРЮВАНЬ* вимірювання фізичних величин, який для «класики» є величина постійна, тобто, жоден із класичних методів реалізованих на одному і тому ж технологічному рівні не може скласти будь яку конкуренцію, адже він є мінімальним рівнем розроблених методів КТВП.

Найбільш ефективними будуть інвестиції у створення і освоєння серійного випуску універсальних МІКРОСХЕМ ПРОГРАМОВАНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЦАП-АЦП на одному кристалі, які зможуть витіснити із ринку багатотисячну номенклатуру класичних ЦАП і АЦП, які необхідно кожен раз підбирати для конкретної розробки, і принципово не допускають не лише перепрограмування, а і одночасного збільшення, і точності (роздільної здатності) і часу вимірювально перетворення.

Використання результатів та продукції у навчальному процесі:

«ЦАП і АЦП нового покоління». Курс «Елементна база Електронних апаратів» для спеціальності «Радіоелектронні апарати» (2011-2012р.р.);

«ЦАП і АЦП нового покоління». Курс «Компонентна база РЕЗ» для спеціальностей «Радіотехніка, Телекомунікації» (2011-2012р.р.);

«Вимірювання частоти за методом коінциденції». Курс «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах»; (2009-2011р.р.);

«Квантова теорія вимірювального перетворення». Курс «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах»; (2011-2012р.р.);

«Методи та засоби вимірювання частоти за методом коінциденції в телекомунікаційних системах»: Курс «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах»; (2011-2012р.р.).

Лабораторна робота «Дослідження вимірювання частоти за методом коінциденції» з курсу «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах»; (2009-2011р.р.)

Лабораторна робота «Дослідження Атенюатора– подільника Троцишина» з курсу «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах»; (2011-2012р.р.).

Для спеціальності «Телекомунікації»

Лабораторна робота «Дослідження частотоміра коінциденції» з курсу «Вимірювальна техніка в системах передачі»; (2010-2011р.р.)

Лабораторна робота «Дослідження ЦАП і АЦП коінциденції» з курсу «Вимірювальна техніка в системах передачі». (2011-2012р.р.)

ВИСНОВКИ

Вперше у світі розроблено Квантову теорію вимірювального перетворення, яка дозволила не лише вирішити та зняти обмеження із принципової проблеми вимірювань – одночасного підвищення і точності і швидкодії, але і відкрила нові потенціальні можливості побудови ЦАП і АЦП із програмованою архітектурою (паралельного або послідовного перетворення), а також із програмованими та адаптованими параметрами Шкали вимірювального перетворення, із значним збільшення квантова них точок та густини їх розташування (роздільної здатності), при значному зменшенні використання зразкових елементів.

Досягнуті результати отримали практичне підтвердження при перетворенні фазочастотних (часових) та амплітудних параметрів та їх перетвореннях, а також доведено також можливості вимірювальних перетворень лінійних та кутових розмірів, які частково використовуються як ноніусні методи.

Враховуючи, що 90 % сучасних ЦАП і АЦП це амплітудні перетворювачі, із фіксованими параметрами перетворення і номенклатурою виробів яка складає тисячі позицій, більше сотні виробників, є реальна потреба розроблення **апаратно-програмного комплексу проектування ЦАП і АЦП з програмованою архітектурою та параметрами шкали перетворення**, які можливо адаптувати та програмувати в процесі експлуатації виробу, жодних прототипів ІМС подібного типу на ринку не відомо, хоча в області цифрової схемотехніки проект «ПЛІС» є досить успішний, і випуск широкої номенклатури виробів жорсткої логіки втрапив будь який сенс. Таким чином проведення досліджень у новому відкритому напрямку є доцільним, не лише в науковому але і цілком у створенні новітніх технологій ЦАП і АЦП.

Література

1. Троцишин І.В. Вимірювання частоти за методом коінциденції та особливості утворення шкали вимірювального перетворення / І.В.Троцишин, Л.В.Троцишина, О.П.Войтюк // Вісник Хмельницького національного університету. – – 2009. – № 3. – Технічні науки. – С.240-244.

2. Троцишин І.В. Теорія та практика фазочастотних вимірювань і перетворень радіосигналів / І.В.Троцишин // Основи інноваційно-наукових напрямів діяльності Хмельницького національного університету. Збірник наукових праць /-Хмельницький: ХНУ. – 2009. – С.306-322

3. Троцишин І.В. Утворення квантованих значень вимірювального перетворення на основі дробово-

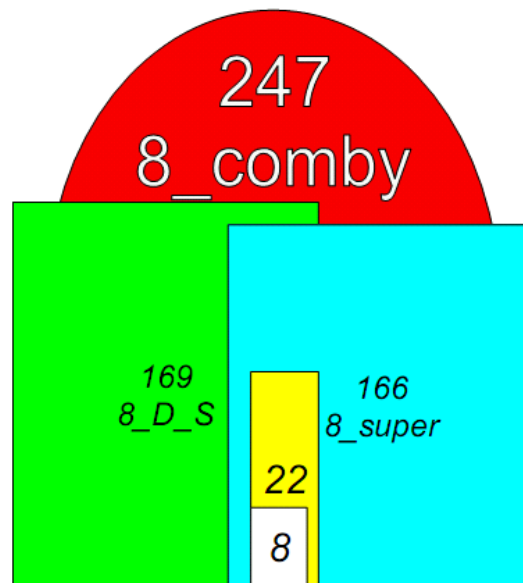


Рис. 5. Зростання кількості квантованих точок шкали вимірювального перетворення для АПТ_8R

- раціональної шкали вимірювань / І.В.Троцишин, Л.В.Троцишина, О.П.Войтюк // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2009. – № 1. – С. 12-20.
4. Троцишин І.В. Создание квантовой теории измерительного преобразования физических величин на основе единой дробно-рациональной шкалы измерений / І.В.Троцишин, О.П.Войтюк, Л.В.Троцишина // Збірник наукових праць Академії військово-морських сил ім. П.С.Нахімова. – 2010. – Випуск 3 (3). – С.56-61.
5. Троцишин І.В. Напрямки квантової теорії вимірювального перетворення фізичних величин на основі єдиної дробово-раціональної шкали вимірювань / І.В.Троцишин // Вісник ХНУ. – 2011. – № 1. – Техн. наук. – С.196-201.
6. Троцишин І.В. Шляхи підвищення роздільної здатності шкали вимірювального перетворення ЦАП і АЦП / І.В.Троцишин, О.П.Войтюк, Н.І.Троцишина // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.. – 2010. – № 2. – С236-242.
7. Троцишина Л.В. Дослідження впливу методичних та інструментальних похибок на процес вимірювання частоти цифровими частотомірами / Троцишина Л.В // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький. – 2010. – № 4. – Технічні науки. – С.170-176.
8. Троцишина Л.В. Вимірювання частоти сигналів з обмеженим та апіорі невідомим часом існування / Троцишина Л.В // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. Вінниця. – 2010. – № 2. – С.16-23.
9. Троцишина Л.В. Дослідження шляхів підвищення ефективності цифрової обробки вимірювання та оцінювання частотно-часових параметрів радіосигналів / Троцишина Л.В // Радиотехника. Всеукраїнський міжведомственный научно-технический сборник. Выпуск 163. – Харьков, -2010. – С.276-283.
10. Троцишин І.В. Реалізація принципів квантової теорії вимірювань амплітудних параметрів сигналів на прикладі Атенюатора-подільника Троцишина / І.В.Троцишин // Вісник ХНУ. – 2011. – № 2. – Технічні науки. – С.213-223.
11. Гуляс О.Й. Вимірювання постійної напруги методом коінциденції / О.Й.Гуляс, О.П.Войтюк, І.В.Троцишин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. – № 1. – С89-93.
12. Троцишин І.В. Квантова теорія вимірювального перетворення – принципово нові можливості в методології побудови ЦАП і АЦП / І.В.Троцишин, О.П.Войтюк // Вісник ХНУ. – 2011. – № 4. – Технічні науки. – С.264-271.
13. Гула О.І. Розробка методу вимірювання фазових зсувів / Гула О.І., І.В.Троцишин, О.П.Войтюк // Вісник ХНУ. – 2011. – № 5. – Технічні науки. – С.159-162;
14. Троцишин І.В. ЦАП і АЦП нового покоління на принципах квантової теорії вимірювального перетворення: технічні характеристики та порівняння / І.В.Троцишин, О.П.Войтюк // Вісник ХНУ. – 2011. – № 5. – Технічні науки. – С.207-217.
15. Ivan.V. TROTSYSHYN ATTENUATOR-DIVIDER OF TROTSYSHYN AS A REPRESENTATIVE OF PRINCIPLES OF QUANTUM THEORY OF AMPLITUDE SIGNAL PARAMETERS MEASUREMENT / I. V. Trotsyshyn // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.. – 2011. – № 2. – С36-43.
16. Троцишин І.В. Атенюатор-подільник Троцишина. / Заявка на патент України, а 2011 026672 пріоритет 09.03.2011.
17. Петрушак О.М. Петрушак В.С., Войтюк О.П. Спосіб вимірювання амплітуди періодичного сигналу. Позитивне рішення по заявці у 2011 06953 від 02.06.2011.
18. Троцишин І.В. Принципи та методологія створення квантової теорії вимірювального перетворення фізичних величин на сонові єдиної дробово-раціональної шкали вимірювань / І.В.Троцишин // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної конференції “Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП – 2009)”. – Вінниця, 2009. – С. 85.
19. Троцишина Л.В. Дослідження статичних та динамічних характеристик дробово-раціональної шкали вимірювань за методом коінциденції / Л.В.Троцишина, О.П.Войтюк, І.В.Троцишин // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної конференції “Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП – 2009)”. – Вінниця, 2009. – С.86.
20. Троцишина Л.В. Особливості вимірювання частоти за методом коінциденції в радіотехнічних та телекомунікаційних системах / Л.В.Троцишина // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної конференції “Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП – 2009)”. – Вінниця, 2009. – С.86.
21. Троцишина Л.В. Вимірювання частоти за методом коінциденції в радіотехнічних та телекомунікаційних системах / Л.В.Троцишина // Материалы 6-ой международной молодежной научно-технической конференции “Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2010”. – Севастополь, 2010. – С.94.
22. Троцишин І.В. Квантовая теория измерительного преобразования на примере SUPER_ADC / Троцишина Н.И., Кот А.В., Войтюк О.П., Бех С.В., Троцишин І.В // Материалы 7-ой Международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2011», 11 – 15 апреля 2011 г., Севастополь, С.276-277.
23. Троцишин І.В. Квантова теорія вимірювань: принципи та методи вимірювального перетворення амплітудних параметрів сигналів / Троцишин І.В // Матеріали V ої Міжнародної науково-технічної конференції “Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування СПРТП-2011», 19 –

21 травня 2011 року, м. Вінниця. С.143-144.

24. Attenuator-divider of Trotsyshyn as a representative of principles of quantum theory of amplitude signal parameters measurement / I. Trotsyshyn, L. Trotsyshyna, N. Trotsyshyna // Матеріали V ої Міжнародної науково-технічної конференції "Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування" СПРТП-2011, 19 – 21 травня 2011 року м. Вінниця. С.145-146.

25. Гула. І. Розробка методів вимірювання фази на основі принципів коінциденції / І.Гула, О.Войтюк, І.Троцишин // Матеріали V ої Міжнародної науково-технічної конференції "Сучасні проблеми радіо-електроніки, телекомунікацій та приладобудування" СПРТП-2011 19 – 21 травня 2011 року, м. Вінниця. – С. 113-114.

26. Троцишин І.В. Принципи та методологія квантової теорії вимірювань – шлях до одночасного підвищення і точності і швидкодії вимірювань / І.В.Троцишин // Праці Міжнародної науково-практичної конференції «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси» (ІРТК-2011), Київ., 23-25 травня 2011 р. – С.225-227.

27. Троцишин И.В. Единая дробно-рациональная шкала измерений – основа квантовой теории измерительного преобразования фазочастотных и амплитудных величин / Троцишин И.В., Троцишина Л.В., Войтюк О.П // Материалы 21-ой международной Крымской научно-технической конференции “СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии”.12-16 сентября 2011г. – Севастополь, 2011. – С.871-872. (*Skopus IEEE*)

28. Троцишин І.В. Технічні особливості карткових лічильників / Троцишин І.В., Шарлай О.Ф // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений. Сб. научн. трудов. Вып. 17, – Донецк: – «Норд-Прес», 2011, – С. 232 – 235.

29. Троцишин І.В. Дослідження ефективності впровадження карткових лічильників на КП «Хмельницькводоканал» для енергозбереження / Троцишин І.В., Шарлай О.Ф // Перспективы развития горного дела и подземного строительства. Сб. научн. труд. Вып.2, – Киев: «Политехника», 2011, С.28-33.

30. Троцишина Л.В. Порівняння ефективності методу і частотоміра коінциденції за критерієм точність х швидкодія / Л.В.Троцишина // Материалы 7-ой международной молодежной научно-технической конференции “Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2011”. – Севастополь, 2011. – С.300-301.

Надійшла 12.10.2011 р.