

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРЕЦИЗІЙНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Анотація. Проект направлено на вирішення важливої прикладної задачі, яка гостро постала в рамках проведення АТО, так і забезпечення захисту від несанкціонованих посягань на інформацію про територію України, шляхом використання безпілотних розвідувальних систем. Вказані засоби використовують два визначаючі принципи – радіокерування, та передачі телеінформації радіоканалами. Наявний парк безпілотних літаючих та рухомих апаратів використовує як класичні, так і сучасні радіозасоби передачі інформації із використанням завадостійких (FFSS, ADT, GSM, CDMA, тощо). Тому, класичні відомі засоби Радіоелектронної боротьби (РЕБ), які є на сучасному рівні, не здатні забезпечити виконання двох принципових і завдань: - подавлення (збій в керуванні траєкторією руху), і саме важливе, блокування передачі телеінформації у реальному масштабі часу, саме для сигнально-кодових конструкції сигналів, використання ортогонального оброблення та скритності передавання по випадкових каналах «широкопосмугового шумоподібного» каналів зв'язку. Пропонується розробки і постановлення на виробництво новітніх РЕБ на основі використання оригінальних принципів фазочастотної теорії вимірювання та перетворення радіосигналів.

Приведено опис нової технології побудови ЦАП-АЦП і програмованою характеристикою перетворення. Показано можливості нового підходу при побудові реальних вимірювальних та генеруючих систем. В основі нового виду перетворення лежить використання Атенюатора-подільника Троцишина.

Ще одним із напрямків застосування КТВ є створення висоточних і швидкодіючих частотомірів на основі методу коінцидентності. Приведені практичні випробування і показано реальні переваги методу.

На закінчення приведено опис конструктора лабораторного комплексу з курсу «Фізика (Електрика і магнетизм)», та показано його використання не лише внаочальних а і дослідницьких цілях.

Ключові слова: засоби радіоелектронної боротьби, безпілотні апарати, використання нових принципів, квантова теорія вимірювальних перетворень, Атенюатор-подільник Троцишина, частотомір коінцидентності.

I.V. TROTSYSHYN

National Academy of State Border Service of Ukraine. B. Khmelnytsky

NEW TECHNOLOGIES AND PRECISION MEASURING TRANSFORMATIONS RADIO SIGNALS AND THE PERSPECTIVES OF THEIR USE

Abstract. The project is aimed at addressing an important application that acted acutely within the framework of the ATO, as well as providing protection against unauthorized attacks on information on the territory of Ukraine, through the use of unmanned intelligence systems. The indicated means use two defining principles - radio control, and the transmission of television information by radio channels. The existing fleet of unmanned flying and mobile vehicles uses both classical and modern radio data transmission equipment using noise immunity (FFSS, ADT, GSM, CDMA, etc.). Therefore, the classical well-known means of Radio-electronic struggle (REB), which are at the present level, are not capable of ensuring the fulfillment of two principles and tasks: - suppression (failure in the management of the trajectory of motion), and most importantly, blocking the transmission of teleinformation in real time, precisely for signal-code design of signals, use of orthogonal processing and secrecy of transmission on random channels of "broadband noise-like" communication channels. It is proposed to develop and order the production of the newest REB based on the use of the original principles of the phase-frequency theory of measurement and transformation of radio signals.

A description of the new technology for constructing a DAC-ADC and a programmable conversion characteristic are described. The possibilities of a new approach in the construction of real measuring and generating systems are shown. At the heart of the new type of transformation is the use of the Attenuator-divider Trotsishin.

Another area of application of the KTV is the creation of high-speed and high-speed frequency meters based on the method of coincidence. Practical tests are given and the real advantages of the method are shown.

In conclusion, a description of the designer of the laboratory complex for the course "Physics (Elktrika and magnetism)" is given, and it shows its use not only for initial research but also for research purposes.

Key words: means of electronic warfare, unmanned vehicles, use of new principles, quantum theory of measuring transformations, Attenuator-divider Trotsishin, frequency coincidentation.

Вступ

В сучасному світі все більшу роль починають відігравати безпілотні літальні апарати (БПЛА)[1-3,8-11], які мають як позитивну так і негативну сторону використання. І якщо для питань використання для потреб людства, направлених на розвідку та контроль над природними явищами і направлених на пізнання природи та захисту населення, ще більшого поширення набуло використання БПЛА (дрони, квадрокоптери, тощо) саме у військових цілях. Яскравим прикладом є використання таких систем, як небезпечного та промислового виконання, у військових конфліктах, так і як засобів контрабанди, і самим небезпечним є їх використання у терористичних акціях. І якщо професійні спеціалізовані безпілотники військового призначення (США, Ізраїль, тощо) використовують космічні технології та засоби, то ринок БПЛА загального застосування (як правило Китай), можуть нанести значно більшої «шкоди» і за значно «менші кошти», що створює велику проблему, із якою неспроможні боротися наявні засоби ПВО та РЕБ.

Питання подавлення систем керування та зняття інформації не стояло, так як професійні системи, які використовують супутникові канали, і використовуються в армійських цілях не можуть бути подавлені засобами наземних РЕБ, і протидія можлива лише в рамках систем типу «АВАКС», або блокування

супутникових каналів. В той же час висока ефективність використання примітивних (любительських і професійних) систем, особливо в рамках АТО, а також бойових дій, показали повну безпорадність спробам їх подавлення класичними методами «глушіння», так як в самих примітивних безпілотних системах використовуються сучасні радіоканали не лише в діапазоні 400-900 МГц, а також і 2,8, і 5,4 ГГц, і при цьому використовуються стійкі до гармонічних завад сучасні методи передачі із системами завадостійких (FFSS, ADT, GSM, CDMA,) тощо.

Методологічний підхід до систем протидії БПЛА

Першим напрямком направленим на вирішення задачі блокування передачі зображення (саме в реальному часі) може служити використання систем РЕБ із використання властивостей із «прямокутним дискретним спектром», другим, є радикальний підхід направлений на знищення небезпечного БПЛА, але системи повинні бути побідним до ЗУРС, із тією різницею, що використовуються ефективні засоби автономного радіонаведення БПЛА - «камікадзе», які також базуються на властивостях Функції sinc(x).

Головними перевагами новітніх підходів є подолання проблем які існують у відомих системах.

Основними недоліками наявних систем є неефективні (з енергетичної точки зору), формування подавляючих сигналів, відповідно малий радіус дії, та досить висока вартість, що не завжди дозволяє їх використання для боротьби із БПЛА.

Питання протидії в польових умовах бойових дій (АТО), показало високу ефективність навіть примітивних засобів розвідки, і в той же час повну відсутність будь яких методів їх подавлення (окрім знищення вогнем із стрілкової зброї), що призводить до суттєвих наслідків у бойових операціях.

Тому очевидним є необхідним факт розробки мобільних, простих у експлуатації військових операцій, високоефективних систем РЕБ саме із сучасними видами радіозв'язку, який може бути розв'язано лише шляхом використання принципово нових можливостей при вимірюванні та формуванні радіосигналів, які забезпечуються лише в рамках ФЧВ і ПР, і відсутні у «класичній радіотехніці».

Постановка задачі

Актуальність проблеми особливо гостра в рамках АТО, а також забезпечення обороноздатності, а також може використовуватись для служб МНС, а також гідрометеослужб, засоби яких на основі теорії ФЧВ і ПР не можуть бути використані не санкціоновано, а і подавлені «класичними РЕБ».

Мета. Створення високоефективних мобільних засобів радіоелектронної боротьби із радіоканалами керування та зняття відеоінформації, або і ліквідації сучасних безпілотних розвідувальних систем, шляхом використання принципово нових можливостей які відкриваються в рамках теорії ФЧВ і ПР, і не мають аналогів у світі за своїми комплексним параметром точність х швидкодія вимірювання (формування) радіосигналів [1-3].

Теоретична база новітніх підходів

Як, не дивно, але для виявлення переваг нового насамперед потрібно повернутися на вихідні позиції теорії радіосигналів, і розглянути їх особливості виходячи із поставлених задач.

Гармонійні сигнали (або синусоїдальні), описуються наступними формулами:

$$s(t) = A(t) \sin(2\pi f_0 t + \varphi_0) = A(t) \sin(\omega_0 t + \varphi_0), \quad s(t) = A(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

де - постійні величини, які можуть виконувати роль $\phi, \varphi_0, \omega_0, f_0$, інформаційних параметрів сигналу:

A - амплітуда сигналу, f_0 - циклічна ω_0 - кутова частота в радіанах. Період одного коливання $T = 1 / f_0$. (Рис.1). Частотний спектр сигналу представлений амплітудним і початковим фазовим значенням частоти f_0 (при $t = 0$).

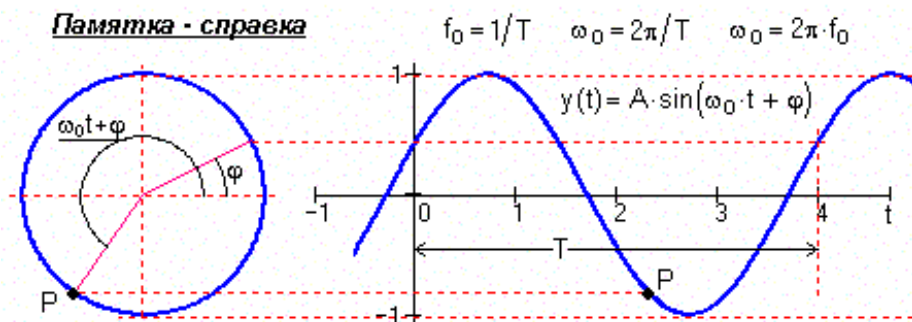


Рис.1. Гармонійні сигнали (або синусоїдальні)

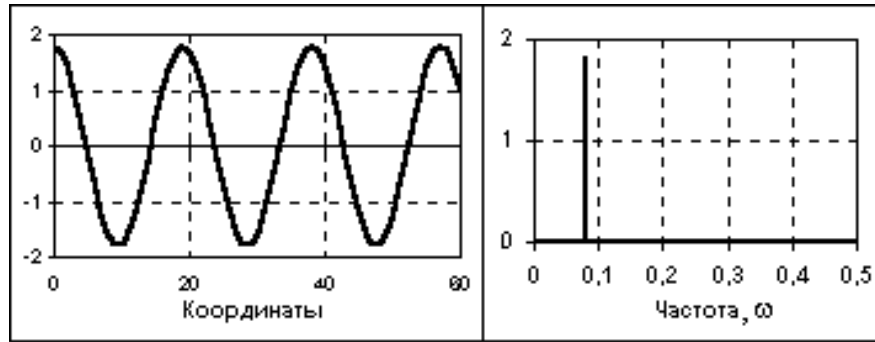


Рис. 2. Частотний спектр сигналу

Для імпульсних сигналів картина утворення спектральних складових ще більш складніша, і має вигляд рис.3.

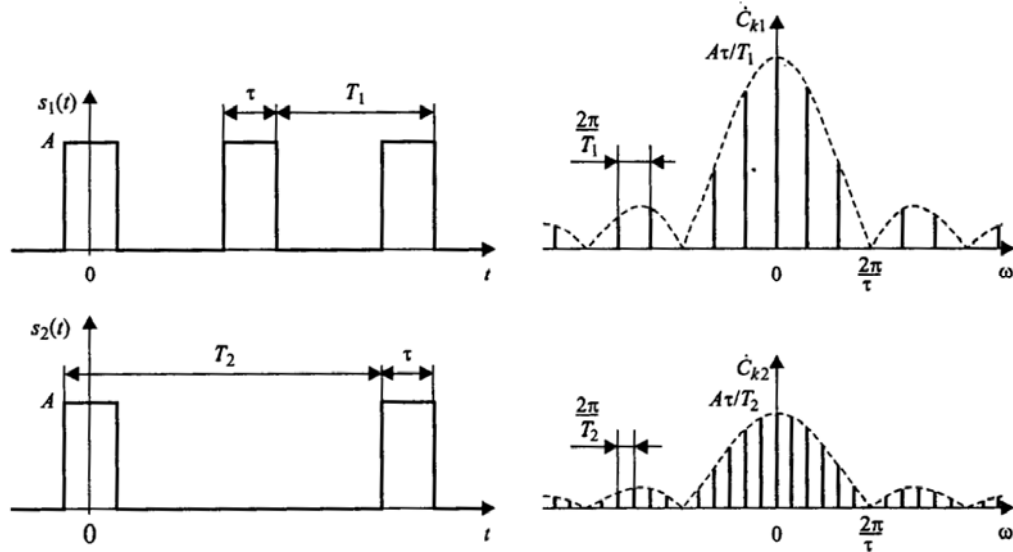


Рис.3. Особливості утворення спектрів імпульсних сигналів

В математиці відома функція яка отримала назву інтегрального синуса $\text{sinc}(x) = \frac{\sin(x)}{x}$. Типові функції мають характерний вигляд (рис.4), і володіють специфічними спектральними характеристиками.

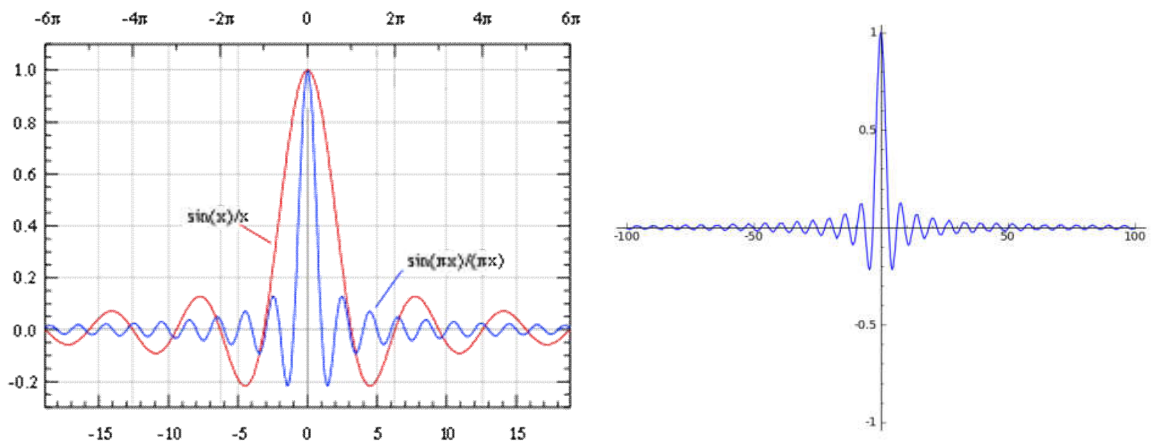
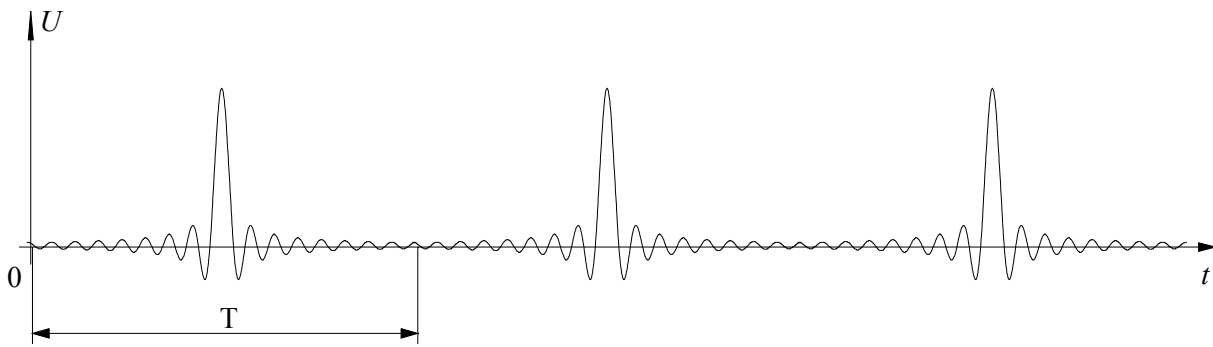


Рис. 4. Типові залежності при різних типах шкал вісі абсцис

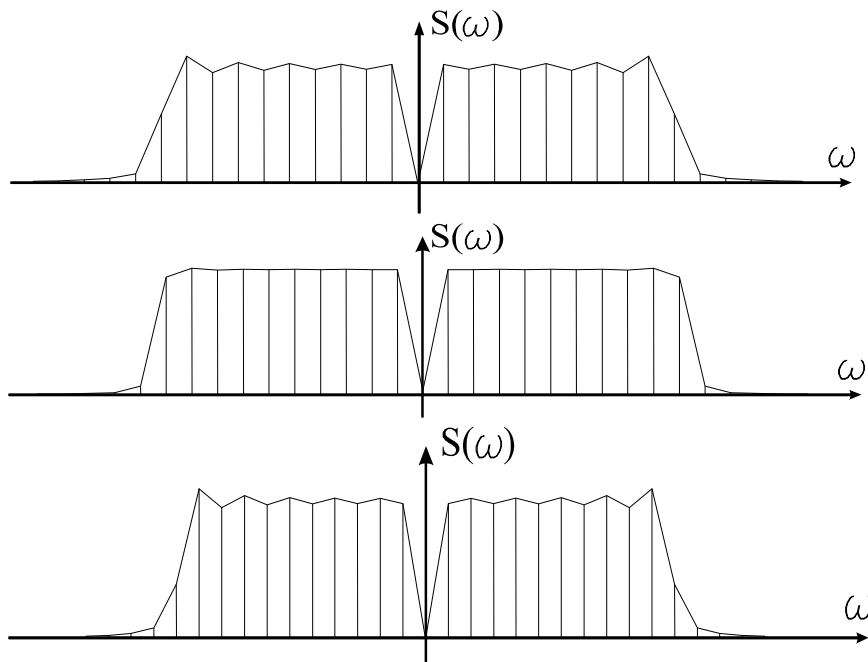
Типовий вигляд сформованих сигналів (Sinc), управління «меандр» і спектральних складових «прямокутний лінійчатий», на екрані генератора сигналів довільної форми наведено на рис.4.

Вигляд зміни спектру при зміні форми формуючої функцію у порівнянні, якісно має вигляд прямокутного частотного спектру, із співвідношеннями параметрів які обраховуються за наведеними вище визначеннями. (рис.5).

Рис. 5. Реалізація періодичності сигналу типу $\sin(\omega t)/(\omega t)$

$$s(t) = U_0 \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{\sin(\omega(t - nT/2))}{\omega(t - nT/2)} \cdot (E(t - nT) - E(t - (n+1)T)) \right]$$

де U_0 - амплітуда сигналу; ω - частота функції.

Рис. 6. Спектр сигналу при а) $T=10,1\pi$; б) $T=10,5\pi$; в) $T=10,9\pi$

Методи синтезу сигналів з прямокутною обвідною спектру

Структурні схеми синтезаторів для формування сигналів довільної форми приведено на рис.7.

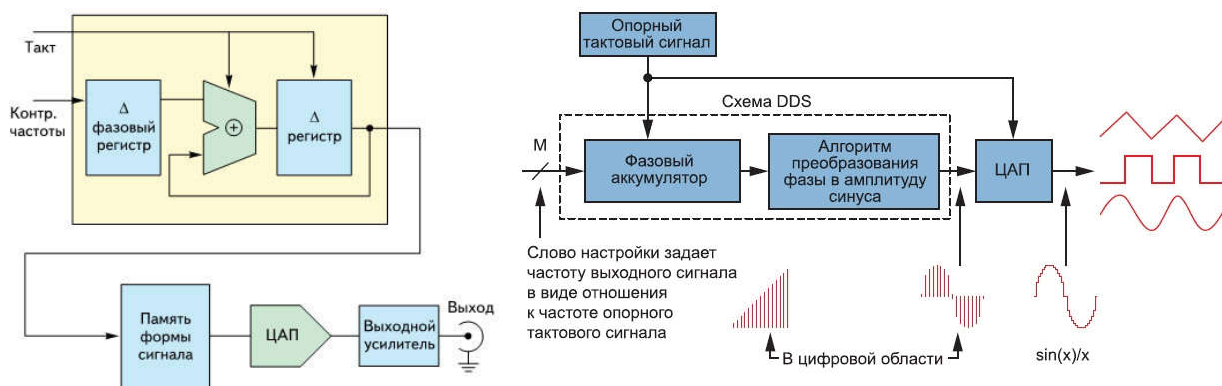


Рис.7 Структурні схеми синтезу сигналів

Динаміка утворення спектральних складових формуємих сигналів в динаміці зміни форми вихідного сигналу показана на рис. (зсув на кожен додатковий канал).

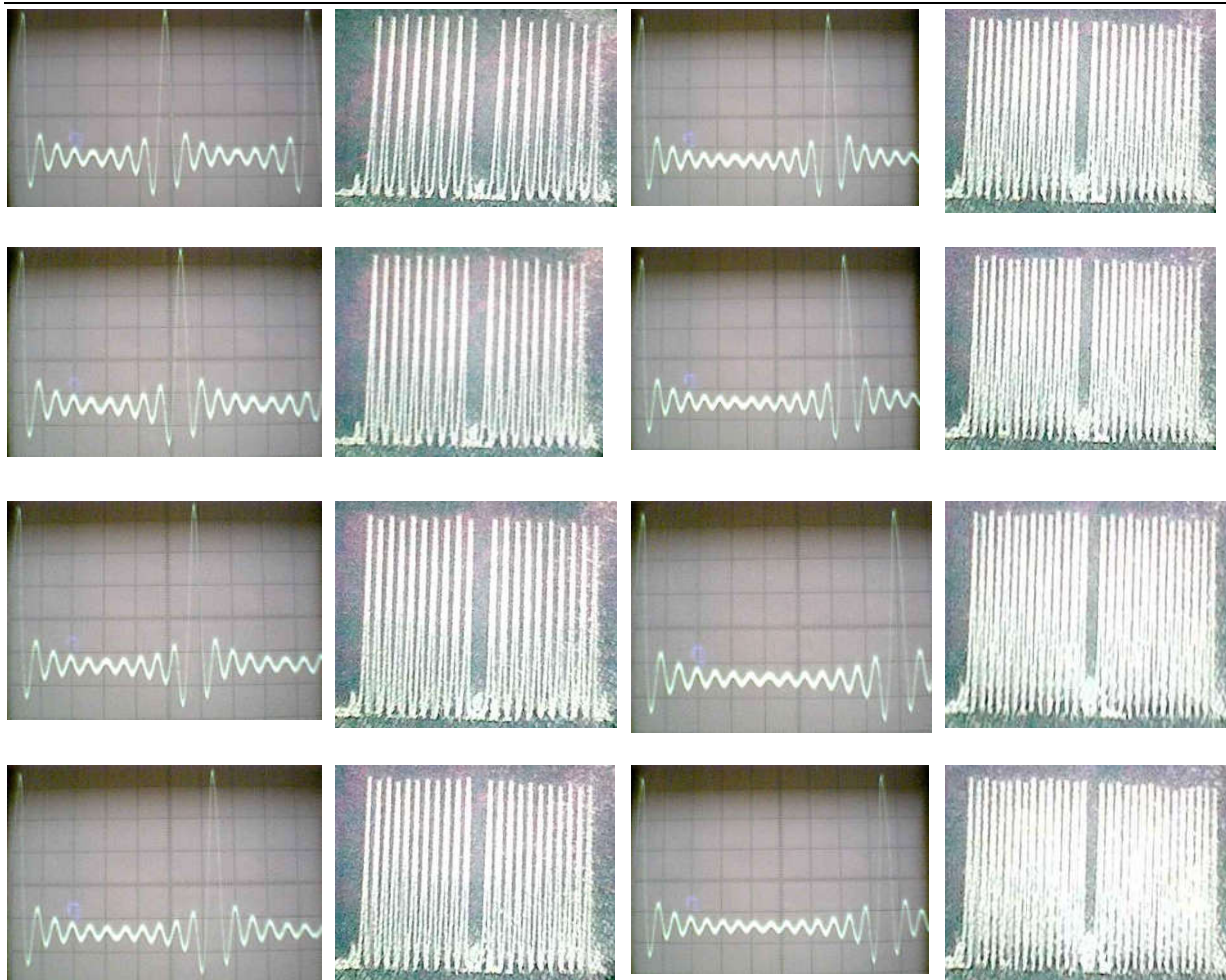


Рис. 8. Динаміка росту кількості спектральних складових від вигляду сигналу

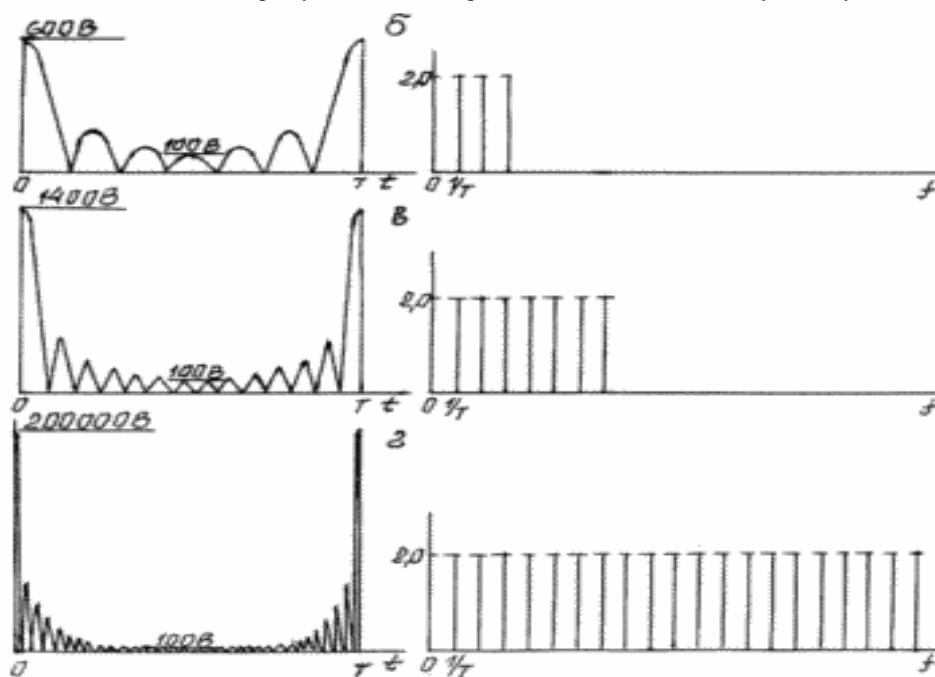


Рис. 9. Методологія утворення спектральних складових із «прямокутною обвідною»

Виникає очевидне питання, практичної реалізації сигналів такої форми та оцінки форми спектральних складових.

Типовий вигляд реально сформованих сигналів (Sinc), управління «меандр» і спектральних складових «прямокутний лінійчатий», на екрані генератора сигналів довільної форми наведено на рис.10.

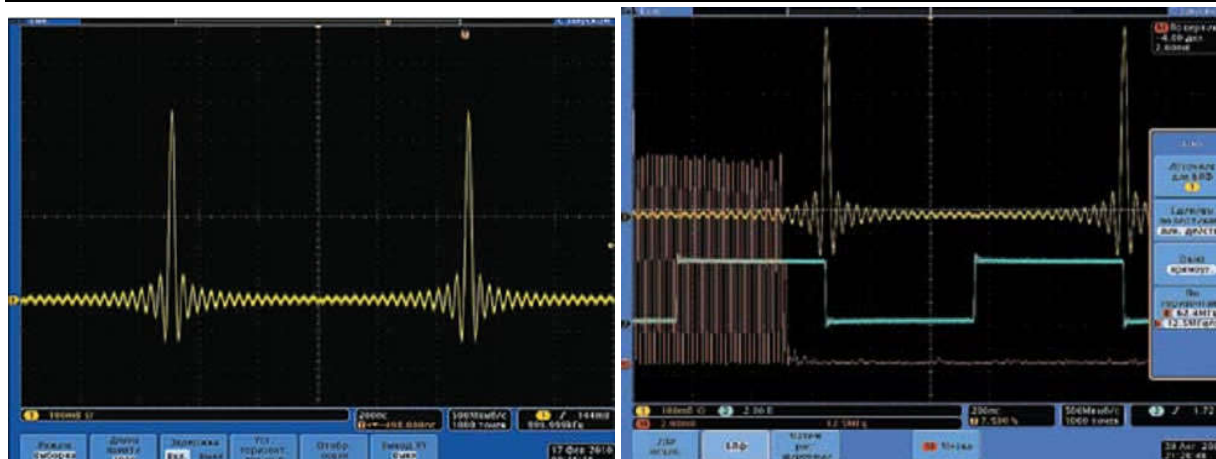


Рис.10. Формування сигналів Sinc та контроль генераторами Tektronix

Очевидним є факт що формування сигналів в межах частотного ресурсу БПЛА (табл1, табл.2) потребує високоточних ЦАП (12 і більше розрядів) з часом спрацювання менше 1нс, що не завжди можливе існуючим класичними ЦАП (подільник Кельвіна). Альтернативним варіантом виступають ЦАП нового покоління, які використовують Атенюатор-подільник Троцишина [5], особливо в режимі (дельта-сігма). [3,4].

Тому питання полягає в адаптації отриманих нових результатів із унікальними можливостями застосувати для такої важливої задачі РЕБ, які в мирний час навіть не передбачались!!

В основу покладено **методи** Теорії ФЧВ і ПР, сутність підходів яких є вищим рівнем ієрархії методів та засобів вимірювання та формування фазочастотних і амплітудних параметрів радіосигналів, які дозволили покращити в 10-100 разів (принципово незмінний у «класичних підходах» параметр) точність x швидкодія. Фазочастотний підхід вказує, що частоти, у класичному розумінні як величини оберненої до періоду не має і бути не може, а є лише похідно від повної фази. В області цифрового синтезу формується секвентність а не частота, що відкриває нові можливості синтезу навіть за межею Найквіста, тощо. Появились можливість здійснення Зовнішньої частотної модуляції, компенсації (або створення штучно) частоти Доплера, тощо.

Тому саме **Підходи** із позицій теорії ФЧВ і ПР відкривають нові можливості для оброблення радіосигналів, які принципово неможливо з «класичних позицій» [1-4,8-11].

Принципи та методологія активної протидії БПЛА за алгоритмом АКАД

Технологія АКАД (аерокобра-антидрон), передбачає виявлення, відслідковування та нейтралізацію БПЛА в зоні територій які потребують захисту від повітряних об'єктів.

Принцип дії відповідає поведінці реальних об'єктів (кобри) на етапах вистеження і полювання на жертву, включаючи далеке виявлення (оптичне, радіопеленгація, інфрачервоне самонаведення), захоплення цілі, запуск за напрямком відстеження цілі, (дальня зона), перехід в зону теплового наведення (ближня зона), із одночасним блокування каналів зв'язку, які були індикатором радіопеленгу.

Алгоритм та сукупність комплексної дії різних систем самонаведення і радіоподавлення забезпечує (як після пльовка ядом у реальної кобри), стабілізацію руху БПЛА, та створення ідеальних умов для виконання функції КАМІКАДЗЕ, (укус знедвиженої жертви коброю) стосовно цілі БПЛА - порушника повітряного простору.

Вказана технологія є подвійного застосування (військового (нейтралізація розвідувально-диверсійних польотів над закритими об'єктами), та цивільного (захистити об'єкти територій приватної власності від відео фото знімання).

Реалізація комплексу можлива у вигляді автономних БПЛА «камікадзе», так і у вигляді модулів до існуючих моделей БПЛА (шляхом приєднання модуля АКАД та його прицільної адаптації), що в разі збільшує можливості використання (особливо в масових моделях).

Основним принциповим підходом є використання квантової теорії вимірювального перетворення, яка ПРИНЦИПОВО забезпечує ОДНОЧАСНЕ покращення в 10-100разів і точності і швидкості вимірювальних операцій, в режимах відстеження, самонаведення, а також радіопеленгації і селективного радіоблокування систем керування та радіообміну БПЛА-цілі.

Всі існуючі системи ПВО і ПРО не здатні виконувати весь комплекс протидії БПЛА, у всьому світі (наприклад «Петріоти і Томагавки» не збили жодного малагабаритного БПЛА), а існуючі спроби різних підходів, не мають достатнього ефекту саме із за використання «класичних вимірювальних та перетворювальних технологій для радіосигналів», в широкому їх розумінню. В той же час, переваги у 10-100 разів, за «постійним для класики параметром ТОЧНІСТЬxШВИДКОДІЯ», новітніх підходів, які надає Квантова теорія вимірювальних перетворень, і чіткого дотримання технології АКАД забезпечує простий у користуванні (оператора можливо навчити за кілька хвилин), і простотою запуску КАМІКАДЗЕ, який має

автономне самонаведення, і стійкий до РЕБ та інших систем захисту, і працює на принципах реалізованих у відомій «Кольчугі».

Основним вузлом є блок відслідкування та автонаведення, який може бути вмонтованим у БПЛА-АКАД, або ж, окремий приєднуваний модуль, до існуючих моделей БПЛА, які серійно випускаються, шляхом перепідключення каналів «верх-низ» і «ліво-право», що дозволяє оптимізувати цінову політику, і вартість знешкодження БПЛА антидроном - КАМІКАДЗЕ.

Тим більше, у приватних застосуваннях, вартість «брухту який впаде на приватну територію» в рази перевищуватиме витрати на АНТИДРОН, що робить проект економічно привабливим, а для військових систем він не має АЛЬТЕРНАТИВИ!!.

Найбільш широко для проведення авіарозвідки в реальному режимі часу використовуються квадрокоптери (рис.11) і цифровою камерою високого розділення, стосовно яких дієвим можуть бути системи подавлення а також системи ліквідації, які використовують радіопеленгатор на базі **Sinc**.



Рис.11. Квадрокоптер -розвідник

В той же час існує клас Ударний БПЛА Supervisor SM 2B (рис.12), стосовно яких ефективним, а більшості випадків безальтернативним є системи ліквідації, «дронами комікадзо».



Рис.12. Ударний БПЛА Supervisor SM 2B

БПЛА Supervisor SM 2B є автоматизованим ударним комплексом. Комплекс оснащений можливістю визначення координат цілі і завантаження даних в ракету перед стартом. Простота підготовки до запуску, управління, короткий час приведення в робочий стан, великий діапазон робочих умов, малорозмірних, високоточна бойове навантаження характеризують комплекс як найбільш боєздатним серед ударних БПЛА і не має аналогів у світі. Тепловізійний сенсор дозволяє використовувати комплекс в нічний час.

Склад комплексу:

Наземна станція управління: захисний транспортний контейнер, ударостійкий ноутбук із спеціальним ПО, портативний антенний комплекс, автоматичний зарядний пристрій, запасна бортова АКБ, складальний інструмент, ЗІП. БПЛА: для збільшення маси і габаритів корисного навантаження, тривалості польоту, зручності трансформації в транспортний стан, застосована схема «літаюче крило» з штовхає двигуном і автоматичним складним гвинтом. Корпус виготовлений з композитних матеріалів з широким застосуванням вуглеволокна. Відеосистема з ІЧ-сенсором дозволяють в онлайн-режимі передавати якісне відео, а також сигнал в ІК діапазоні на екран ноутбука.

Система управління напіваавтоматична, з онлайн-телеметрією, прив'язкою до електронних карт, аварійним режимом повернення в точку старту, аварійної активацією посадкової парашутної системи, внесенням коректив у маршрут під час польоту [8-11]..

Основною **ідеєю** роботи є вирішення двох принципових питань комплексу захисту території від зняття інформації, перше це виведення керування (примітивний апарат впаде на землю, більш програмовані,

повернутися у вихідну точку, що забезпечить певний захист).

У випадку застосування автоматичних трас важливим є блокування передачі відеоінформації, тому система РЕБ повинна подавляти всі канали сучасних систем передачі завадостійких (FFSS, ADT, GSM, CDMA,) тощо.

Використання методів КТВП дозволяє формувати сигнали із потрібними характеристиками невідомими раніше методами, наприклад використовуючи програмування характеристик ЦАП-АЦП (АПТ Троцишина), або вимірювання та формування частоти сигналу за методом коінцидентії, або ж зовнішньої частотної модуляції, чи навіть адаптивного формування «прямокутного спектру» (рис.7).

Гіпотеза яка є цільовою для проекту, це **унеможливлення саме оперативного зняття розвідувальної інформації** безпілотними засобами в умовах динаміки бойових дій, коли від ефективності РЕБ залежить захист військ від вогневого враження. В цілому розробка знайде широке застосування у забезпеченні військових Міністерства оборони, а також Прикордонної служби України, в системах моніторингу МНС Україна, на об'єктах з підвищеним рівнем екологічної небезпеки (атомні станції, хімічні підприємства, тощо).

Очікувані наукові та науково-технічні результати та їх переваги над аналогами. Будуть використані принципово нові технології Теорії ФЧВ і ПР, які мають суттєві переваги над існуючими і дозволяють створювати засоби із новим властивостями. Будуть розроблені макетні та експериментальні зразки для систем РЕБ в МГц і ГГц діапазонах для типових модулів радіоканалів із завадостійких (FFSS, ADT, GSM, CDMA,) тощо. Буде розроблене необхідне програмне забезпечення для автоматичного виявлення та блокування безпілотних засобів. Будуть розроблені методики комплексу заходів по розгортанню РЕБ та методичні рекомендації для користувачів (бійців АТО). Буде розроблена ескізна документація для виготовлення макетних та експериментальних зразків. Перспективи подальшого розвитку отриманих результатів дослідження. Перспективним є створення нових систем радіозв'язку на засадах принципів теорії ФЧВ і ПР, які стійкі до РЕБ нового покоління (детальна інформація є конфіденційною).

Новітні принципи та методологія побудови ЦАП-АЦП нового покоління.

ПРОБЛЕМА: ЦАП і АЦП перетворення (в тому випадку і вимірювальні) складають 80% (95% відповідно) всіх видів сучасного електронного обладнання яке використовується у світі. Випускається щорічно величезна 10 - 100 мільйонів мікросхем ЦАП і АЦП більш ніж 20 виробниками, але всі вони використовують відомі методи вимірювального перетворення, для якого **ПРИНЦИПОВИЙ** параметр добуток «*точність перетворення X швидкодія перетворення*» є **КОНСТАНТОЮ**: тобто, або досить точно (1/1000 -1/1000000) але повільно (10 - 100нс 1мкс.), або ж досить швидко: 1нс і менше, але з із невисокою точністю (1/200 – 1/400). Єдиним шляхом який веде до покращення «добутку» є **ТЕХНОЛОГІЧНИЙ** рівень розвитку мікроелектроніки (зменшення топологічних розмірів елементів мікроелектроніки (20 - 40нм), що потребує значного подорожчання виробів, в 10-100 разів, для покращення в 2-3 рази (максимум), але вже досягнута **ТЕХНОЛОГІНА МЕЖА** мікроелектроніки, а **НАНО-** електроніка поки що не має відповідних технологій.

Мета новітніх розробок: **одночасне підвищення роздільної здатності та швидкодії вимірювального перетворення.**

В основі методології побудови Кантової теорії вимірювань (КТВ) лежить принцип що значення цифрової шкали вимірювального перетворення визначаються набором всіх можливих (квантованих) значень, які можуть бути реалізовані за даного порівняння багатозначної міри і багатоступінчастого подільника вхідної величини – так званий метод коінцидентії, а не на підставі інших шляхів, наприклад, вибору двійкової шкали, рівномірності кроку квантування, лінійності шкали, тощо. Такі (класичні) методи вимірювань забезпечують певну зручність у використанні результатів, натомість значна кількість квантованих значень які можуть бути отримано при використанні тих же зразкових елементів не використовуються, що в багатьох випадках призводить до втрати як роздільної заданості так швидкодії вимірювального перетворення в 10-100 разів, і в багатьох випадках призводять до парадоксів.

Рациональним виходом із вказаного тупика створеного постулатом – точністьхшвидкодія = константа, є використання принципів Квантової теорії вимірювального перетворення (КТВП), яке найбільш наглядно демонструє Атенюатор-подільник Троцишина (АПТ). Квантовий підхід до вимірювання амплітудних параметрів реалізується шляхом побудови Атенюатора-подільника Троцишина (АПТ), 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), відрізняється тим що, для збільшення кількості квантованих точок вихідних значень шкали АП, до значень більших за N (подільника Кельвіна), вхідний сигнал кодокеровано подається на виводи (точки з'єднання) починаючи з верхньої N і наступних вниз до N/2, при цьому комутація вхідної напруги на верхній вивід N реалізує класичну шкалу перетворення із N значеннями, а використовуючи наступні проміжні точки N-1 і до N /2 отримуємо, окрім наявних N, ще додаткові квантовані значення шкали перетворення

$$N_i = \text{mod}_{\leq 1,000} \left\{ \frac{A_j}{B_k} \right\}, j, k \in 1 \div N \cdot [9]$$

Таблиця 1. 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	10,1	19,6	39,0	77,92	311,5

Встановлено, що при використанні методу коінциденції кількість квантованих значень шкали ЦАП-АЦП значно більша ніж прийнято використовувати у класичних двійкових перетворювачах. Із збільшенням розрядності Атенюатора-подільника Троцишина роздільна здатність збільшується у степеневій залежності в порівнянні із подільником Кельвіна із однаковими кількостями резисторів.

Використання квантового підходу на основі подальшого розвитку методу коінциденції методів дозволяє покращити роздільну здатність і набути можливості програмувати характеристику шкали вимірювального перетворення. Так для АПТ_8R, характеристика перетворення з n=22 точки буде мати вигляд рис.13., а для АПТ_16R кількість точок буде згідно табл.1 складати вже 80 [3,4].

Подальше зростання кількості точок КШВП наглядно демонструє на прикладі саме АПТ_8R множина значень для кожного із методів рис.14.

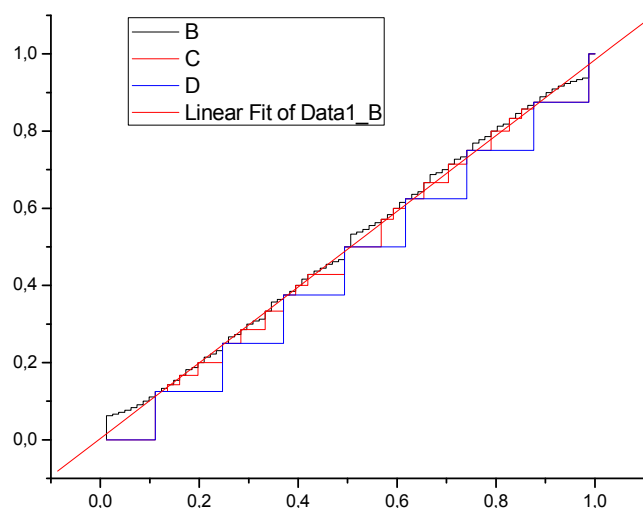


Рис.13. Порівняння шкал АПТ_8R, АПТ_16R і класичної

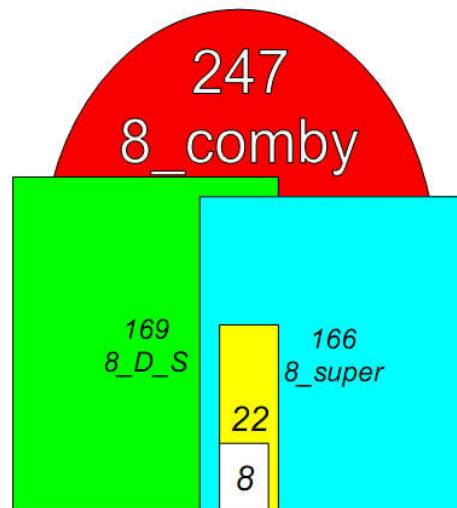


Рис.14. Зростання кількості точок КШВП АПТ_8R

В той же час, як виявлено нашими дослідженнями і ПРАКТИЧНИМИ реалізаціями ЦАП і АЦП встановлено, що на відміну від ТЕХНОЛОГІЧНОГО (інструментального обмеження), людство чомусь не використовує можливості «УСУНУТИ» наявні МЕТОДИЧНІ обмеження, які введені «класичними принципами та відомими методами» побудови ЦАП і АЦП. А їх «інформаційна потужність» співвідноситься як енергія від спалювання 1кГ водню («класика»), і хоча в той же час «термоядерна реакція» того ж 1кГ водню, дасть в 100 - 1000 раз більше енергії: -таке оригінальне порівняльне використання «класики» і КВАНТОВИХ вимірювальних перетворень.

Тим більше, завдяки наявній НАДЛИШКОВОСТІ квантових вимірювальних станів (замість примітивного кількості «класики»), з'являються НОВІ, які взагалі не можливі у «класичних» можливості, як наприклад побудова ЦАП-АЦП із програмованою характеристикою вимірювального перетворення (не лише за кількістю, але і за залежністю, а також і напрямком), в уже виготовленій МІКРОСХЕМІ!!!. Тобто вперше можливе програмування основних ХАРАКТЕРИСТИК не під час виготовлення (12, 14, 16 ти розрядних), а в уже «корпусованому» і «впаяному у схеми» виробі ЦАП-АЦП!!!. Їх значення: «Класика» - (КТВП), можливо зрівнювати як значення Геоцентричної (Папа Римський), і Геліоцентричної систем (Джордано Бруно), і якщо у питанні «польоту на Місяць », працюють обидва підходи, то про Марс і інші польоти за межі Земної орбіти «потрібно забути», таке ж і співвідношення Квантової теорії вимірювального перетворення (КТВП) і «класичних методів вимірювань».

Правда, відповідною до викладеної ситуації, також є і реакція сприйняття «класичними науковцями»: «такого бути не може, тому що не може БУТИ!». Але є і єдине «досягнення», це те, що вирішення питання «святої інквізиції» не такі фатальні, але досить ефективно «гальмують» впровадження нових можливостей, які відкриває КТВП, яка на нижчих технологічних рівнях «перевищує» можливості найсучасніших мікро та нано технологій, а його використання у передових мікроелектронних технологіях, на 10 - 100 раз покращить проблемні параметри, і надасть «унікальні можливості ПРОГРАМУВАННЯ у встановленому елементі!!!».

Вказаний новий підхід є ІДЕОЛОГІЧНИМ, тобто разом із прогресом ТЕХНОЛОГІЙ, його використання у них, дасть таке ж якісне покращення процедур ЦАП – АЦП, а саме головне, він не потребує такої ж значної вартості затрат, і дозволить відкрити нові, навіть непередбачувані можливості Новітніх технологій КТВП, принципово покращить критичний параметр «швидкість x точність», у всіх системах із ЦАП і АЦП.

Наглядним прикладом ефективності КТВ є приведення рисунків характеристик перетворення шляхом порівняння «класики» і АПТ для кількості всього 8 резисторів однакового номіналу!!!, які приведені на рис. 15, і рис. 16.

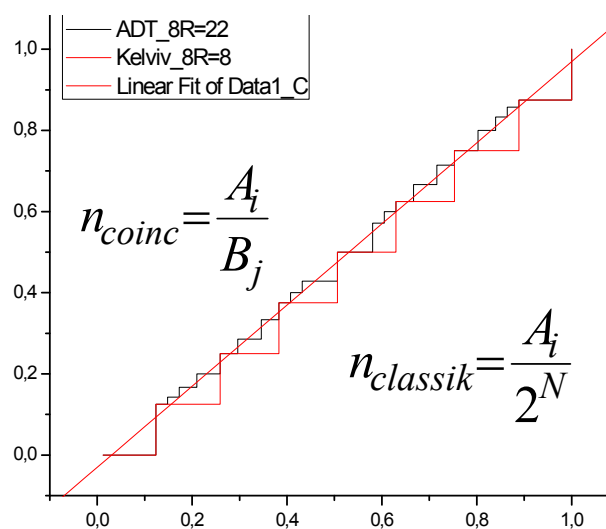


Рис.15. Характеристики перетворення ADT8

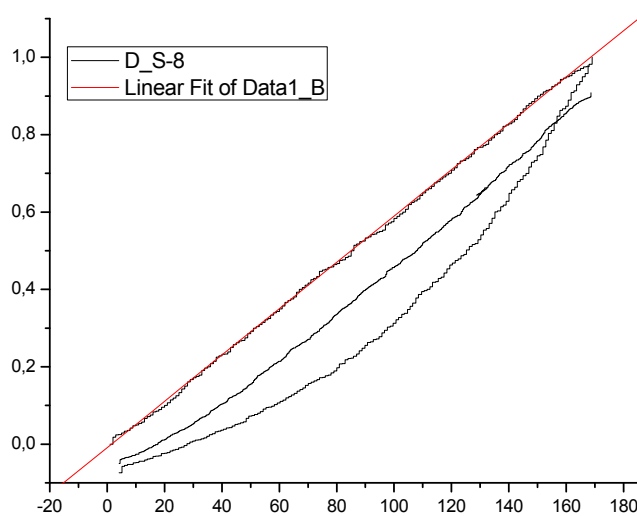


Рис.16. Характеристики перетворення D-S-8

Підхід: Теорія квантових вимірювальних перетворень та методи побудови АЦП та ЦАП амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів із одночасним підвищенням роздільної здатності та швидкодії є проривом у саме «ідеологічному підході до теорії вимірювального перетворення», і дозволить отримати значне покращення основних параметрів точності і швидкодії, причому ОДНОЧАСНО!! Крім того з'являються принципово нові можливості програмування у вже готовому виробі (мікросхемі), не лише напрямку перетворення (ЦАП, або АЦП), і вигляду на кількості точок характеристики вимірювального перетворення, у встановленому у виріб (аналого-цифрова ПАІС)

Створення Квантової теорії вимірювань фазочастотних параметрів радіосигналів (теорія ФЧВ і ПР), а також КТВП на прикладі ЦАП і АЦП, шляхом використання принципу коінциденції, яка реалізує найпотужнішу із вимірювальних шкал: - шкалу відношень. Нові методи побудови вимірювальних ЦАП і АЦП для амплітудних та фазочастотних параметрів радіосигналів, які мають кращі (в рази) тактико-технічні характеристики, шляхом, створення методології програмованих мікросхем ЦАП-АЦП.

3. Результат (очікуваний). 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 швидкодію вимірювання як фазочастотних так і амплітудних параметрів радіосигналів, в 10-100разів, в аналогії: - добуток цих параметрів є константа.

Будуть отримані ЦАП - АЦП із програмованими параметрами перетворення і покращення принципового обмеження «точність X швидкодія».

4. Терміни розробки: Проектування топології програмованих ЦАП-АЦП (2-3 місяці). 100тис дол. Проектування та виготовлення зразків мікросхем (2-3 місяця). 150-200тис. дол.

Порівняльні випробування (1 місяць) (рис: 1-2). - Порівняння «класики» і АПТ для кількості всього 8 резисторів однакового номіналу!!!). 100тис.дол.

5. Ціна: Вартість виготовлення дослідної партії Інтегральних мікросхем (2000-5000 кристалів) кристалів на фірмах які виготовляють мікросхеми (AD, MELEXIS, або Китайських) лежить в межах 250-400 тис доларів.

Вимірювання частоти радіосигналів за методом коінцидентії

Основним завданням вимірювань та вимірювальних приладів є отримання інформації про результат вимірювання із максимально можливою точністю (мінімальними похибками) за мінімальний час вимірювання (швидкодія), але існуючі принципи та методи вимірювань, згідно дсту (гост) та мі, мають принципові обмеження, які спираються на квантово-механічний принцип невизначеності гейзенберга. так, для математичної моделі визначення частоти, як величини оберненої до періоду, для методу послідовної лічби (електронно-лічильний частотомір) для отримання розрізнення в 1Гц, час вимірювання повинний бути більшим 1с ($1 \leq \Delta T \cdot \Delta F$). всі інші сучасні методи вимірювання частоти, використовують підхід до вимірювання періоду та обчислення частоти, за відомою формулою $F_x = 1/T_x$, отримують аналогічні

обмеження, які залежать від співвідношення частоти квантування та значення частоти вимірюваної f_{KB}/F_x , тобто, модель має принципове обмеження і не допускає одночасного підвищення і точності і швидкодії.

В той час, в рамках теорії фазочастотних вимірювань і перетворень ради сигналів було доведено що первинним для них є повний фазовий зсув, а частота є величиною похідною, і як наслідок встановлено, що вимірювальна шкала повинна містити не лише цілочисельну а і дробову частини, причому її поділки повинні розташовуватися у проміжках «класичної цілочисельної шкали частот».

В результаті огляду та аналізу цифрових методів вимірювання частоти встановлено їх значний прогрес у покращення метрологічних характеристик таких як точність вимірювання та розширення частотного діапазону та функціональних можливостей. встановлено що саме вони є основними вимірювачами частоти в ртс і ткс, і визначають їх ефективність.

Встановлено, що не дивлячись на унікальні паспортні дані сучасних частотомірів, навіть з подвійною ноніусною інтерполяцією (interpolating reciprocal counters), або використанням методу часових вибірок (time stamping counters), класичні підходи в принципі не здатні одночасно покращувати критичний для ртс і ткс параметр *точність вимірювання x швидкість вимірювання*.

Особливо принциповим є таке обмеження для вимірювання радіоімпульсних сигналів з апіорі невідомим часом існування (типовий радіосигнал ртс та ткс, тощо) рис.17.

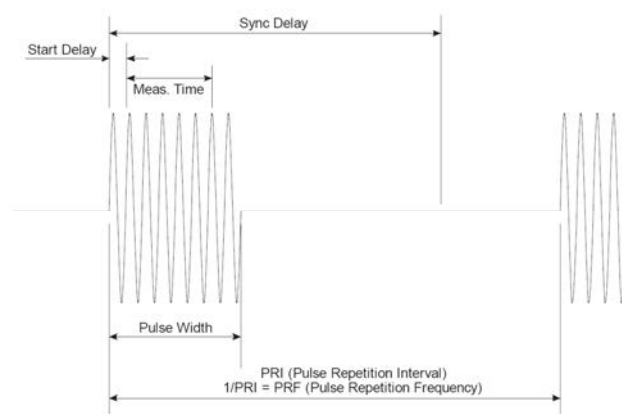


Рис.17. типовий сигнал типу «радіоімпульс» невідомою тривалістю

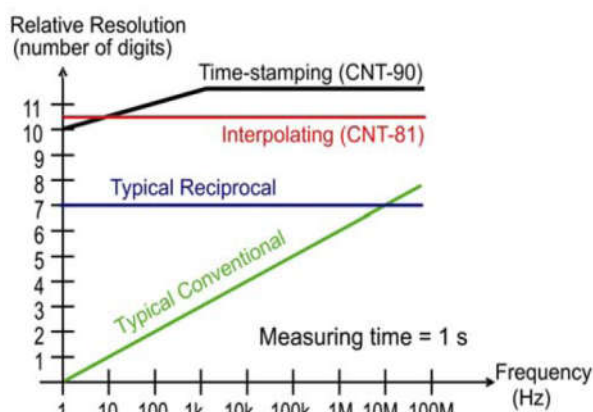


Рис.18. Порівняння похибок вимірювання частоти з апіорі класичними методами

Вказано на перспективність використання для вирішення поставлених задач концепції фазочастотного підходу до визначення частоти в рамках теорії фазочастотних вимірювань і перетворень радіосигналів, для вирішення проблеми одночасного збільшення і точності і швидкодії вимірювань.

З'ясовано проблеми та особливості вимірювання частоти в сучасних ртс і ткс, де принциповим є не лише покращення вказаного параметру точність x швидкість, а також і апіорі невідома тривалість реалізації таких частотних посилок, або обмеженість часу доступу до сигналу, що накладає специфічні вимоги до вимірювачів частоти.

Особливо вказані проблеми виникають в системах радіолокації, радіонавігації, радіоелектронної розвідки та протидії, в сучасних системах стільникового та мобільного зв'язку, системах телекомунікацій та телебачення, і принципово не можуть бути розв'язані в рамках класичних методів. викладено методологію та принципи фазочастотного підходу до визначення частоти та вказано на можливі методи її вимірювання, саме для вирішення проблеми вимірювання частоти із невідомим часом існування та підвищеними і точність і швидкодією таких вимірювань в РТС і ТКС.

Вказано на принципове обмеження часу вимірювання (аналізу) класичних методів, які використовують модель визначення частоти як $f = \frac{1}{T}$, що і обмежує час аналізу при розрізненні таких частотних посилок двох частот f_1 і f_2), якщо час аналізу менший за

$$T_a \leq \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} = \frac{|f_2 - f_1|}{f_1 f_2}.$$

Як наслідок, усі класичні методи, які використовують класичне поняття частоти $f = \frac{1}{T}$, під час вимірювання утворюють вимірювальну шкалу із поділками, які є лише цілими числами частоти, в той же час реальні сигнали мають будь які раціональні і навіть ірраціональні значення і повинні мати відповідну шкалу вимірювань.

В результаті проведеного аналізу метрологічних характеристик цифрових вимірювачів частоти та їх потенційних можливостей з точки зору критерію точність вимірювання х швидкість вимірювання було показано на принципові обмеження методів вимірювання починаючи з послідовної лічби (електронно-рахунковий частотомір) і закінчуючи сучасними: - оберненого рахунку та часових вибірок [6-10].

Досліджено похибки вимірювання сучасних частотомірів Agilent, Pendulum, очевидним є факт, що питання підвищення точності вимірювання зводиться до відносної роздільної здатності (number of digits), і час вимірювання, як правило, лежить в діапазоні одиниць секунд, в той же час типові тривалості радіосигналів в РТС і ТКС складає на 3-5 порядків менші величини, і відповідне зменшення точності вимірювань, а то і взагалі їх неможливості.

Від вказаних обмежень вільний частотомір, який реалізує метод коінцидентії, і може суттєво, 10-100 разів покращити параметр *точність* х *швидкість* вимірювань, крім того за своїми методичними та структурними особливостями, він є найвищим рівнем в системі ієрархії цифрових частотомірів рис.19., 20. [1-3,5-7]

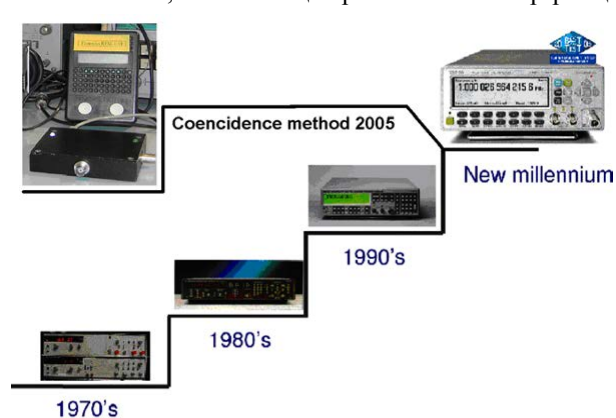


Рис.19. Система ієрархії цифрових частотомірів

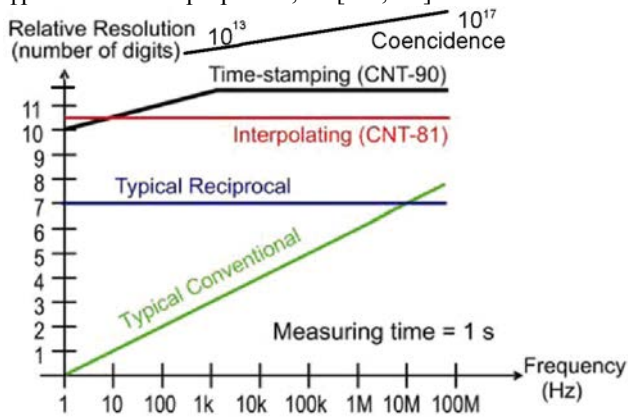


Рис.20. Порівняння похибок вимірювання частоти класичними методами та методом коінцидентії

Частотомір коінцидентії (збігу, співпадіння) є прямим наслідком теорії ФЧВ і ПР, адже саме в рамках її визначень частота розглядається як похідна від повного фазового зсуву (ПФЗ), і друге твердження це те, що вимірювальна шкала такого вимірювача повинна мати не лише цілочисельні а й дробові значення вимірюваної величини. Саме тут є очевидним використання природних реперних точок, а також підтвердження, що саме метод коінцидентії є найвищим рівнем в ієрархії цифрових методів вимірювання частоти і є очевидним і зрозумілим із рис.21. та рис.22.

Математична модель вимірювання частоти за методом коінцидентії $f_x = \frac{N_x}{N_{on}} f_{on}$, має такий же вигляд, як і для

розглянутих вище, з тією різницею що значення N_x, N_{on} визначається шляхом коінцидентії.

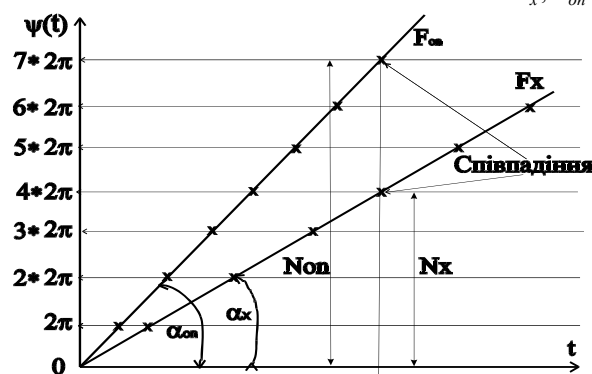


Рис.21. Фазові портрети методу коінцидентії точок ПФЗ



Рис.22. Структурна схема частотоміра реперних в рамках теорії ФЧВ і ПР

Практичні випробування частотомірів та вимірювальних перетворювачів дали унікальні результати можливості вимірювання частоти з розрізненням у одиниці Гц за одиниці мілісекунд (а не секунду) на частотах порядку МГц, роздруківки вимірювань наведено на рис. 23.,

Питання одночасного підвищення і точності і швидкої вимірювання фізичних величин найбільш наглядно проявляється під час вимірювання частоти за методом коінциденції, який був практично підтверджений на макетах частотоміра та вимірювального перетворювача рис.7. Рівень співвідношення характеристик розроблених вимірювачів частоти у порівнянні із сучасними приладами дає рис.8 [2].



Рис.23. Частотоміри коінциденції розробок

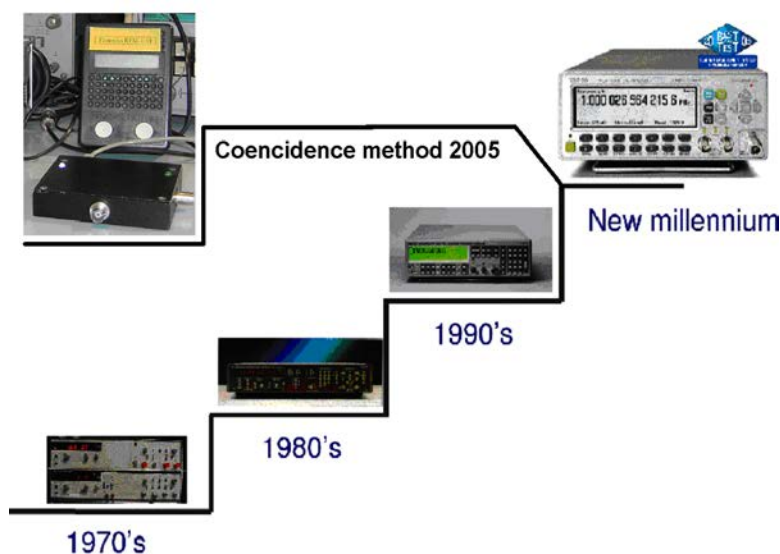


Рис.24. Місце частотоміра коінциденції в тенденціях світових

Для підтвердження того, що метод має найкращі параметри точності та швидкодії приведемо порівняльні характеристики частотоміра коінциденції із класичними методами вимірювань та їх представниками (рис.25) і порівняння саме за параметрами точність x швидкодії із найкращим «у світі» CNT-90 рис.26.

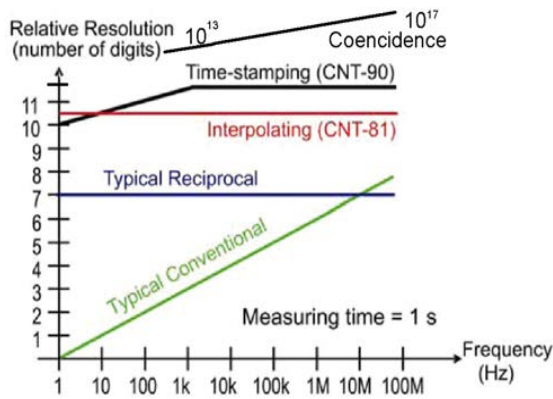


Рис.25. Порівняння методів вимірювання частоти

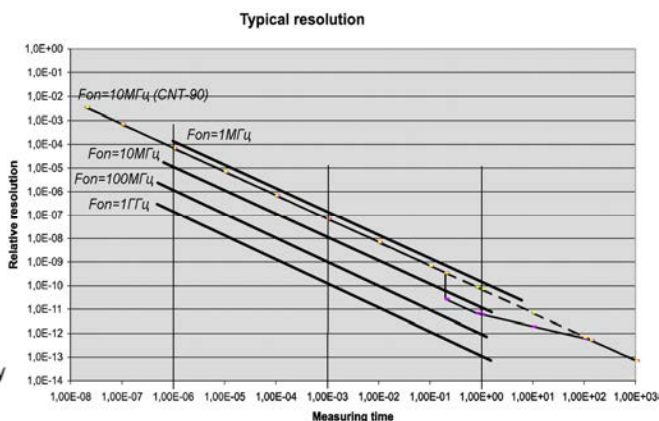


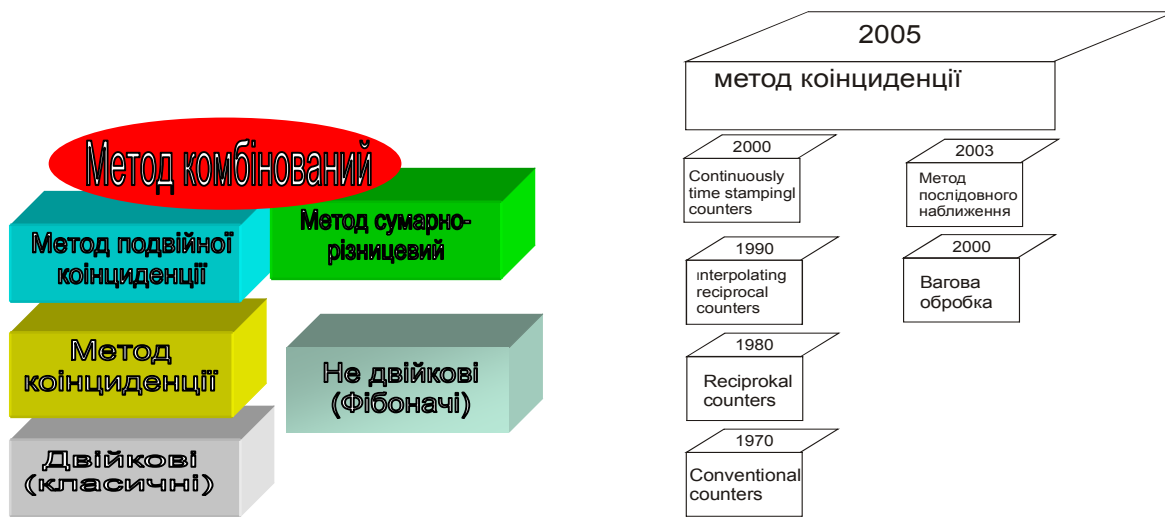
Рис.26. Порівняння частотоміра коінциденції із CNT-90

Вперше для випадку вимірювання частоти вдалося досягнути роздільної здатності (точності вимірювань) в одиниці Гц, для сигналів 1-10 МГц при часі доступу до сигналів всього одиниці мілісекунд, тоді як згідно класичних методів час доступу повинен бути 1 Гц за 1 секунду (рис.25) [1-8].

Виграш методу коінциденції над іншими відомими цифровими методами можливо оцінити як:

$$B = \frac{\delta_{\text{фклас}}}{\delta_{\text{іккоін}}} = \frac{\frac{3}{f_{\text{он}} T_{\text{вим}}}}{\left(\frac{2}{T_{\text{вим}} f_{\text{он}}} \right)^2} = \frac{3}{4} \cdot f_{\text{он}} T_c = \frac{3}{4} \cdot N_{\text{он}} = 3 \cdot 2^{n_{\text{он}} - 2}$$

Об'єднуючим для розглянутих вимірювань амплітудних та фазочастотних параметрів саме радіосигналів, так як час доступу до сигналу найменший із можливих, є їх ієрархічна будова, яка показує як і потенціальні можливості кожного із них. Якщо для вимірювання амплітуди (рис.27а) методи збільшення родільної здатності потребують комбінацій методу коінциденції, то для випадку вимірювання частоти (рис.27.б), вказані переваги вже проявляються для звичайного вимірювання за методом коінциденції.



а) б)
Рис.27 Класифікація сучасних ієрархій методів вимірювання амплітуди та частоти



Рис. 28. Фото вимірювальних випробувань частотоміра коінциденції

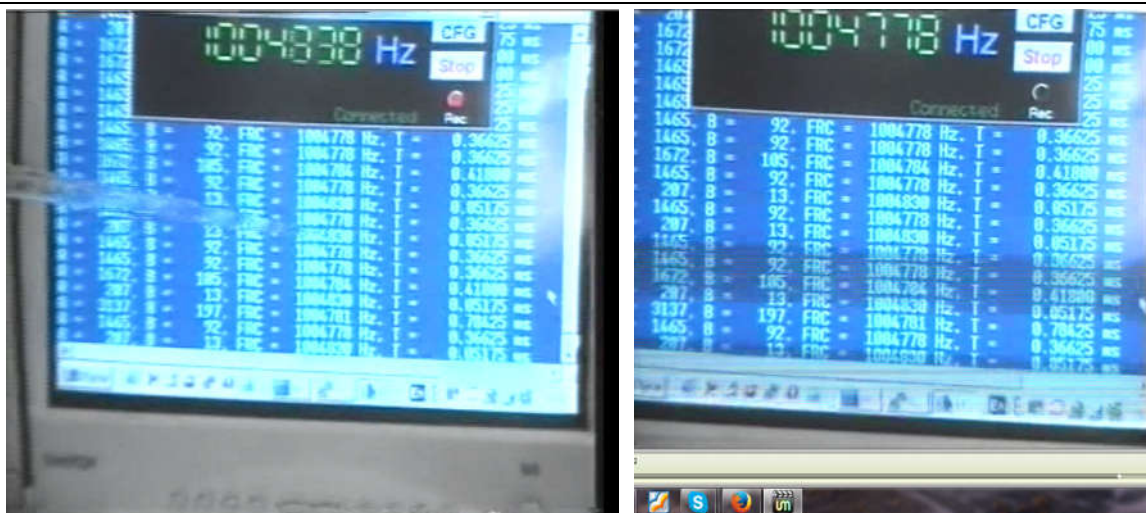


Рис. 29. Результати вимірювального перетворення

Наукова новизна та значимість отриманих наукових результатів

Оскільки отримані результати не лише не мають аналогів у світі, а суттєво уточнюють картину сприйняття природи, шляхом використання всіх можливих квантових станів під час вимірювального перетворення, є сенс говорити що в цілому, що нова теорія із її феноменальними результатами та встановлення нових невідомих раніше закономірностей може слугувати заявкою на відкриття [1-8].

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

Питання точності та швидкодії вимірювань є основним питанням 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 називали парадоксами, так як, чому, і завдяки чому, вони беруться, вони, на жаль дати відповіді не можуть. Основним рушійним 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.

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 ФВЧ 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 [1-8].

Конструктор лабораторного практикуми з курсу фізика (електрика та магнетизм)

Ще одним із практичних застосувань КТВ (в галузі ЦАП-АЦП), може слугувати конструктор лабораторного практикуми з курсу фізика (електрика та магнетизм) для загальноосвітніх шкіл України., де також суміщується різні методи навчання із перспективними дослідженнями.

Представлено практичну розробку лабораторного практикуми з курсу фізика (електрика та магнетизм) для загальноосвітніх шкіл України, приведено переваги та ефективність, у порівнянні із існуючими. Вперше пропонується комплексний підхід до вирішення проблем із практичною підготовкою з фізики у середніх школах України, шляхом впровадження лабораторного практикум який органічно поєднує в собі сучасні електронні компоненти, макетну плату, вимірювальні прилади (мультиметри), а також має електронний стимулятор, для моделювання лабораторних завдань. За своїми можливостями, лабораторний комплекс не поступається сучасним зарубіжним початковим комплексам провідних фірм, наприклад - NI ELVISTM II. Вартість комплексу при стандартному наборі не буде перевищувати 100доларів США.

Вирішення визначених проблем пропонується шляхом:

- здійснення оновлення матеріально-технічної бази шкільного кабінету фізики для вивчення тем «Електродинаміка та магнетизм», використовуючи навчальний лабораторний комплекс з курсу «Фізика» (електрика і магнетизм) для загальноосвітніх навчальних закладів. Комплекс є аналогом програмно-апаратного комплексу NI ELVISTM II, надає такі самі можливості для забезпечення експериментально-дослідницького компоненту навчання, але має значно нижчу вартість.
- Вироблення нової методики навчання застосовуючи лабораторний комплекс з курсу «Фізика» (електрика і магнетизм) для загальноосвітніх навчальних закладів при вивченні фізики в школі. Нова методика полягає в поєднанні трьох складових компонентів комплексу: теоретичного (методичні рекомендації для вчителя та дидактичний матеріал для учнів), прикладного (макетна плата із електричними приладами та вимірювальними засобами) та симуляційного (практичне використання програм-симуляторів).
- Створення нової дидактичної бази (зошит для лабораторних робіт) для оптимізації практичної частини при вивченні фізики в 7-9 класах. Яка дозволяє виконувати експериментальну частину обов'язкової програми з фізики, як в класі із використанням макетної плати так і для самостійної роботи учня вдома із використанням програми-симулятора.

Але найкращими є дані що наведено у вказаних документах, які вказують на мету та засоби для досягнення цілей з практичної підготовки учнів середньої школи і покращення їх рівня підготовки до вимог вступу до ВНЗ на технічні спеціальності, де профільюючим предметом є саме Фізика.

При системному використанні можливостей запропонованого лабораторного комплексу поліпшаться знання учнів з фізики, що стане безумовним фактором формування конкурентоспроможного випускника основної школи

Комплект навчально-лабораторного обладнання з фізики (Електрика і магнетизм)

Метою практикуму є проведення лабораторних занять з курсу ФІЗИКА "Електрика та магнетизм". Дане обладнання може застосовуватися для навчання в загальноосвітніх установах, установах початкового професійного, середнього професійної та вищої професійної освіти для отримання базових і поглиблених професійних знань і навичок за темами "Електрика та магнетизм" з курсів ФІЗИКА, наприклад: 8-11 класи ЗОШ.

Комплект навчально-лабораторного обладнання (модульного типу), настільного, ручного виконання ""Електрика та магнетизм" призначений для виконання лабораторних робіт з ФІЗИКИ для вивчення методів вимірювання різних параметрів електричних кіл (опір, електричний струм, напруга, індуктивність), а також приладів, необхідних для даних вимірюваннях.

Приблизний мінімальний перелік додаткових лабораторних робіт

Певірка вольтметра з магнітоелектричної системою

Певірка амперметра з електромагнітної системою

Вивчення цифрового мультиметраВимірювання постійного струму і напруги

Вимірювання змінного струму і напруги

Розширення меж вимірювання вольтметра і амперметра за допомогою шунта і додаткового опору

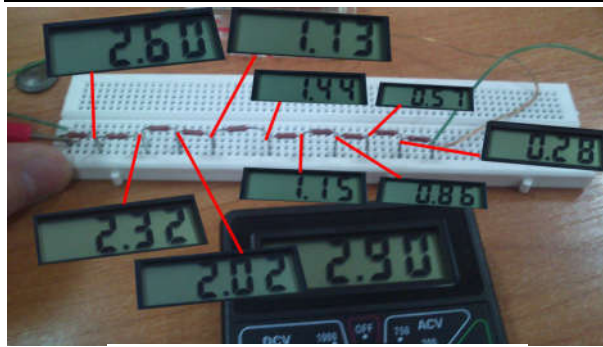
Вимірювання опору непрямим методомВимірювання опору мостом постійного струму

Вимірювання опору мультиметром

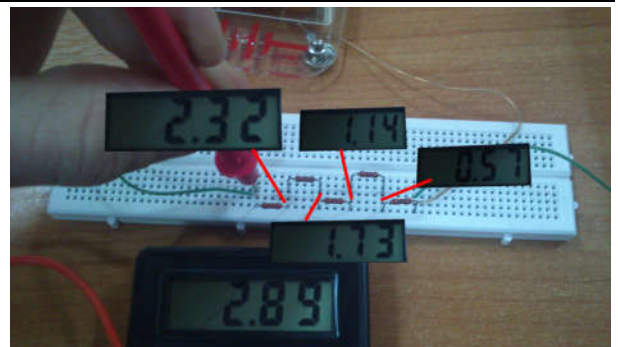
Вивчення принципів ЦАП і АЦП

Вивчення ЦАП на основі матриці R-2R

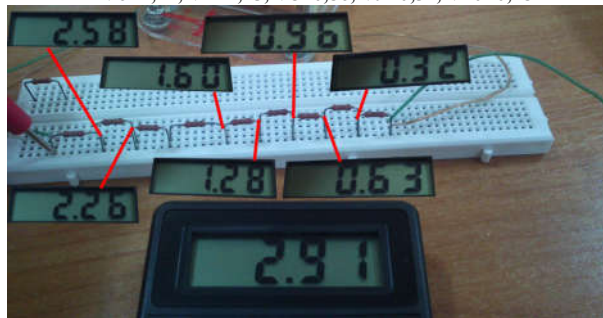
Нижче приведені результати дослідження ЦАП-10 на Атенюаторі-подільнику Троцишина, які були представлені на міжнародний конкурс МАН (Білорусія), де він отримав 3 місце (рис.30).



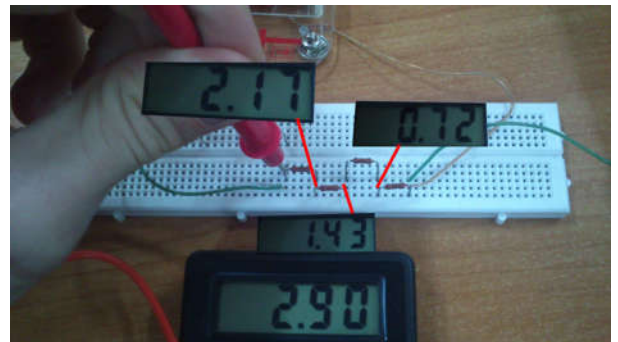
V1=2,90, V2=2,60, V3=2,32, V4=2,02, V5=1,73
V6=1,44, V7=1,15, V8=0,86, V9=0,57, V10=0,28



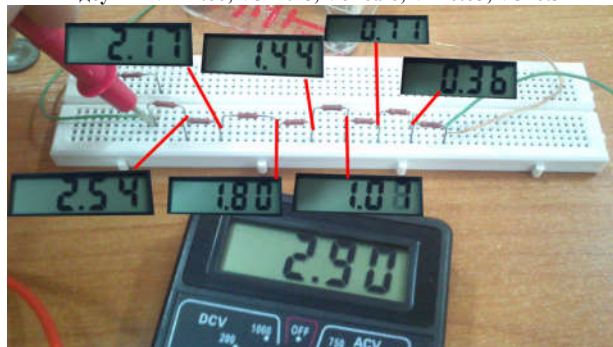
V1=2,89, V2=2,32, V3=1,73, V4=1,14, V5=0,57



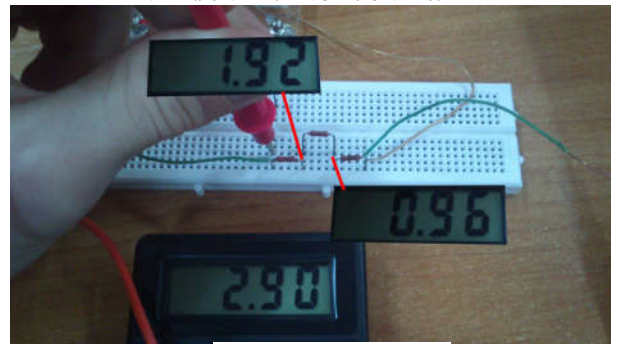
V1=2,91, V2=2,58, V3=2,26, V3=(1,96) на фото замір
відсутній V4=1,60, V5=1,28, V6=0,96, V7=0,63, V8=0,32



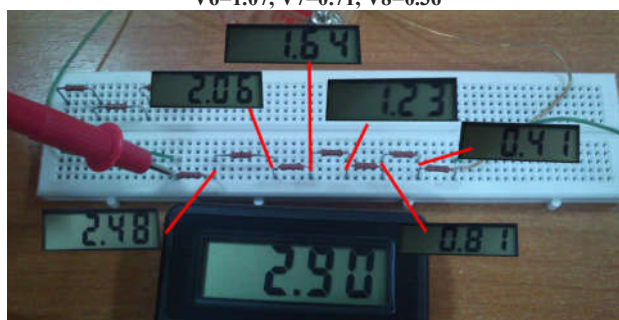
V1=2,90 V2=2,17 V3=1,43 V4=0,72



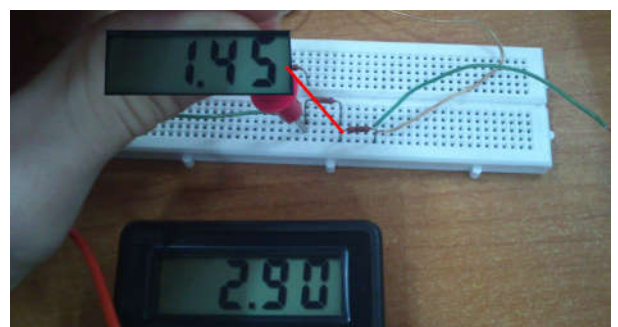
V1=2,90, V2=2,54, V3=2,17, V4=1,80, V5=1,44
V6=1,07, V7=0,71, V8=0,36



V1=2,90 V2=1,92 V3=0,96

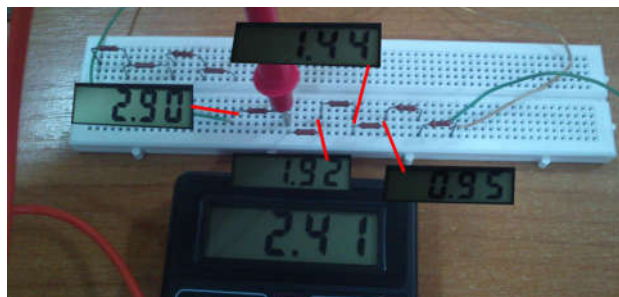


V1=2,90, V2=2,48, V3=2,06, V4=1,64 V5=1,23, V6=0,81, V7=0,41



V1=2,90 V2=1,45

Отримали таблицю значень для всієї схеми



V1=2,90, V2=2,41, V3=1,92, V4=1,44, V5=0,95
V6=(0,52) - на фото замір відсутній

0,28	0,32	0,36	0,41	0,52	0,57	0,57	0,63	0,71
0,72	0,72	0,81	0,86	0,95	0,96	0,96	1,07	1,14
1,15	1,23	1,28	1,43	1,43	1,44	1,44	1,45	1,60
1,64	1,73	1,73	1,80	1,92	1,92	1,96	2,02	2,06
2,17	2,17	2,26	2,32	2,32	2,41	2,48	2,54	2,58
2,60	2,89	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,91

Рис. 30 Результати дослідницької роботи (визначення квантових точок ЦАП)

Відкинувши повтори (однакові значення напруг), ми отримаємо графік вихідного сигналу для 10 точок, рис.31.

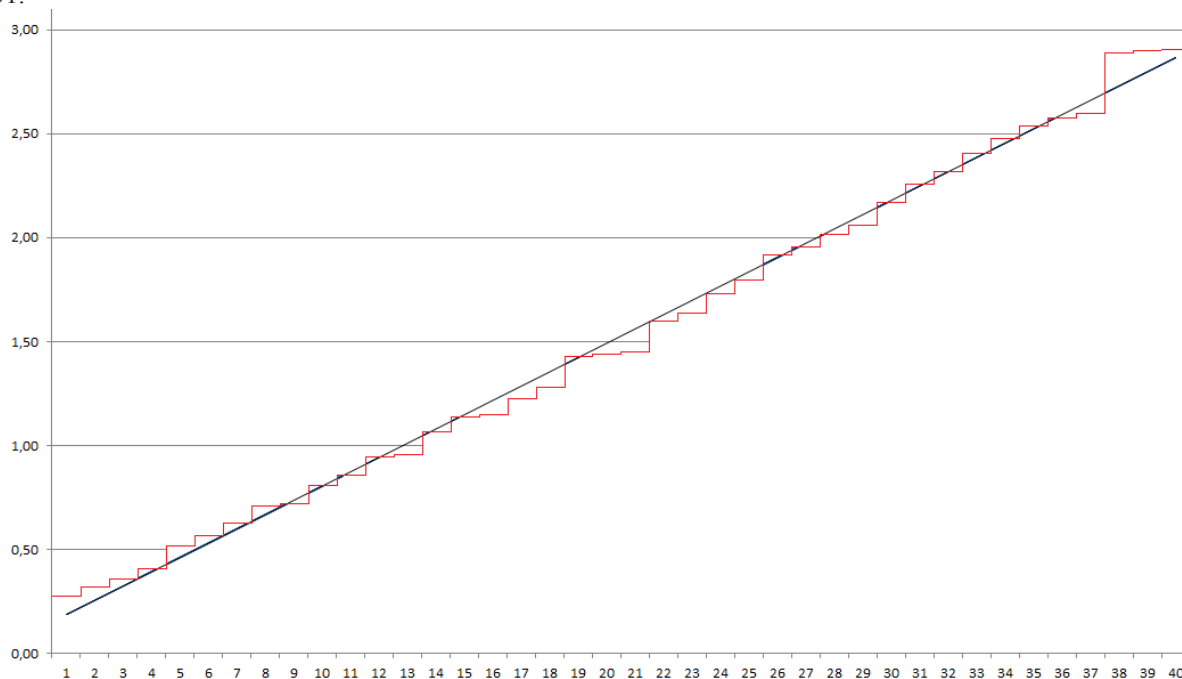


Рис.31. Графік вихідного сигналу для 10 точок (Перехідна характеристика АДТ_10)

Актуальність розробки: у зв'язку із реформуванням середньої освіти та введення нового Державного освітнього стандарту база для виконання практичної частини курсу прикладних дисциплін, таких, як фізика, потребує оновлення, згідно сучасних вимог. Уявити такий процес без інтегрування із сучасними комп'ютерними програмними засобами навчання неможливо. Комп'ютерна симуляція фізичних процесів не повинна замінювати їх моделювання або практичне дослідження, але може поглибити та розширити практичні навички учнів з прикладної складової предмету. Представлена робота є комп'ютерною програмною частиною навчального лабораторного комплексу з курсу «Фізика» (електрика і магнетизм) для загальноосвітніх навчальних закладів.

Відсутні вітчизняні аналоги інтегрування комп'ютерних програмних засобів навчання для посилення реалізації практичної частини шкільного курсу фізики з тем: Електродинаміка та магнетизм з метою поліпшення підготовки випускників школи для подальшого навчання в технічних ВНЗ.

Задачі, що будуть вирішуватися:

1. Пошук комп'ютерних програм навчального призначення для симуляції електричних кіл та здійснення відповідних вимірів для вивчення законів електродинаміки та магнетизму;
2. Поєднання трьох компонентів лабораторного комплексу з курсу «Фізика»: теоретичного, моделюючого та симуляційно-програмного засобів;
3. Розробка методичного забезпечення щодо використання лабораторного комплексу з курсу «Фізика» (електрика і магнетизм) для загальноосвітніх навчальних закладів.

Об'єкт дослідження процес використання симуляційних програм при вивченні прикладних наук.

Предмет дослідження програмні засоби для симуляції побудови електричних кіл та здійснення відповідних вимірів для вивчення законів електродинаміки та магнетизму.

Метою дослідження є розробка симуляційно-програмної складової для навчально-лабораторного комплексу з курсу «Фізика» (електрика і магнетизм) для загальноосвітніх навчальних закладів.

Програма являє собою електронний конструктор, що дозволяє імітувати на екрані монітора процеси збірки електричних схем, досліджувати особливості їх роботи, проводити вимірювання електричних величин так, як це робиться в реальному фізичному експерименті.

Симуляційно-програмна складова (СПС) є частиною навчального лабораторного комплексу з курсу «Фізика» (електрика і магнетизм) для загальноосвітніх навчальних закладів. СПС складається з трьох програм-симуляторів, методичних вказівок щодо їх використання для вчителів фізики та зошит для учнів із лабораторними роботами.

Вигляд конструкторів представлено нижче.



Рис. 32. Дослідна партія конструкторів яка була поставлена в СШ №49



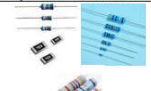




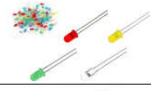


Рис. 33. Зовнішній вигляд конструктора

- Бізнес-план.
 - Пропонується забезпечити всі школи Одеси (а це 127 середніх шкіл) із врахування 10 комплектів на кожен клас (кабінет) Фізики, що складе 1500 комплектів.
 - Вартість комплекту (відпускна ціна) складає 2000грн, що дає загальну вартість проекту 3млн.грн. (Забезпечення всіх шкіл Одеси конструктором).
- календарний план реалізації проекту:
- На реалізацію проекту у вказаних масштабах (1500 комплектів), потрібно від 4 до 6 місяців, від початку фінансування.
- Можливе поетапне фінансування, 60% (початок робіт), і 40% (за два місяці до закінчення проекту)
- Короткий опис складових конструктора наведено нижче.

ПЕРЕЛІК елементів конструктора «Лабораторний комплекс з фізики «Електрика і магнетизм»»

*Рекомендовано МОН України в якості засобу навчального обладнання
для вивчення шкільного курсу ФІЗИКИ*

Компоненти забезпечення		
Макетна плата 2280		Викладацький комплект
Макетна плата 830		
Макетна плата 400		
Модуль живлення 2AA 2 шт		
Модуль живлення 4AA		
З'єднувальні дроти 12мм, 18мм, 24мм 56 шт		
Батареї AA 8шт (1,5в)		

Резистори та резистивні компоненти		
Набір резисторів: 120 Ом - 2 шт. 240 Ом - 2 шт. 1 кОм - 2 шт. 10 кОм - 2 шт. 100 кОм - 2 шт.		Резистори різних номіналів і потужностей Від 0,125 Вт до 2Вт.
Змінний резистор (потенціометр) - 2 шт.		
Набір резисторів: 470 Ом - 10 шт.		Резистори однакового номіналу
Фоторезистор VT93N1 - 1 шт.		
Термістор 10 кОм - 1 шт.		
Напівпровідникові діоди та елементи		
Світлодіоди 3мм Червоний - 1шт. Жовтий - 1шт. Зелений - 1шт. Синій - 1шт. Білий - 1шт.		*послідовно включати обмежувальний резистор
Світлодіоди 5мм Червоний - 1шт. Жовтий - 1шт. Зелений - 1шт. Синій - 1шт. Білий - 1шт.		*послідовно включати обмежувальний резистор
Семисегментний індикатор		*послідовно включати обмежувальний резистор

Випрямляючий діод		
Кнопка		
8-ми полюсний перемикач		
2-ох полюсний перемикач		
Геркон		*Обережно: Скляний корпус!!!
Конденсатори		
Конденсатори електrolітичні 4шт		
Конденсатори паперові		
Конденсатори керамічні (слюдяні) 8шт		
Мультиметр DT9208A		1 комплект. Щупи. Термопара

Транзистори		
Транзистори (малої потужності) металеві корпуси		
Транзистори (великої потужності) металеві корпуси		
Транзистори (сучасні корпуси)		
Тиристори		
Інтегральні мікросхеми		
Інтегральні мікросхеми Керамічні та пластикові корпуси		
Інтегральні мікросхеми Керамічні та пластикові корпуси		
Стабілітрон		*Обережно: Скляний корпус!!!
Випрямляючий діод		
Мультиметр DT838A		1 комплект. Щупи. Термопара

Висновки

Продукт призначений в допомогу учням (і викладачам) середніх, а також середніх спеціальних навчальних закладів для вивчення розділів курсу фізики "Електрика і магнетизм". Він природним чином доповнює класичну схему навчання, що складається з засвоєння теоретичного матеріалу та спрямований на вироблення практичних навичок експериментування у фізичній лабораторії.

За допомогою конструктора можна:

- вивчати залежність опору провідників від питомого опору його матеріалу;
- вивчати закони постійного струму - закон Ома для ділянки кола і закон Ома для повного кола;
- вивчати закони послідовного і паралельного з'єднання провідників, конденсаторів;
- вивчати принципи використання запобіжників в електронних схемах;
- вивчати закони виділення теплової енергії в електронагрівальних та освітлювальних приладах, принципи узгодження джерел струму з навантаженням;
- ознайомитися з принципами проведення вимірювань струму і напруги в електронних схемах за допомогою сучасних вимірювальних приладів (мультиметр);
- вивчати виділення потужності в постійного струму;
- дослідити явище резонансу в ланцюгах з послідовним і паралельним коливальним контуром;
- визначати параметри невідомої деталі;
- дослідити принципи побудови електричних фільтрів для ланцюгів змінного струму

Практична значимість: запропонований лабораторний комплекс на сучасному етапі не має вітчизняних аналогів та дає змогу об'єднати теоретичні знання учнів з практичним застосуванням при вивченні відповідних розділів фізики. Методологічний супровід комплексу дозволить вчителю організувати навчальну діяльність учнів та здобути школярами вміння працювати з реальними фізичними приладами, збирати експериментальні установки, користуватись вимірювальними приладами. Дає змогу оптимізувати самостійну роботу учнів з моделювання електричних явищ, поліпшення дослідницької діяльності. Дозволить учню та вчителю вийти за межі обов'язкового програмного матеріалу. Як кінцевий результат – сприяє формуванню стійких знань з відповідних розділів фізики, формує конкурентно-спроможного випускника з технічних дисциплін.

Конструктор можна також використовувати в рамках його можливостей і для інших задач у самостійній творчій роботі учнів. Програмний продукт являє собою електронний конструктор, що дозволяє імітувати на екрані монітора процеси збірки електричних схем, досліджувати особливості їх роботи, проводити вимірювання електричних величин так, як це робиться в реальному фізичному експерименті. Однією з головних особливостей комплексу є максимально можлива імітація реального фізичного процесу.

За своїми можливостями, лабораторний комплекс не поступається (в рамках вимог середньої школи) сучасним зарубіжним початковим комплексам провідних фірм, наприклад - NI ELVISTM II. Вартість комплексу при стандартному наборі не буде перевищувати 100доларів США.

Література

1. І. В. Троцишин. Квантова теорія вимірювального перетворення: принципи та методологія, на шляху від частотоміра коінцидентії до атенюатора-подільника Троцишина / І.В. Троцишин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2013.- №1.- С.27-37.
2. Н.І. Троцишина. Атенюатор-подільник Троцишина як базовий функціональний елемент нових принципів вимірювального перетворення ЦАП-АЦП / Н.І. Троцишина, І.В. Троцишин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.- 2013.- №1.- С.118-120.
3. І.В. Троцишин. Методологія побудови ЦАП-АЦП з програмуємими параметрами характеристики преобразования на основе атенюатора-делителя Троцишина и их исследование / И.В. Троцишин. Н.И. Троцишин, М.И. Троцишин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. - №2. – С. 50-56.
4. Патент України 100581. Спосіб побудови атенюатора-подільника Троцишина./ Троцишин І.В.// МПК (2013.01) G01R 15/00 G06G 7/16 (2006.01) G11C 8/00 H02M 3/06 (200), Опубліковано 10.01.2013, Бюл. № 1.
5. І.В. Троцишин. Новітні підходи у сучасних методах та засобах організації навчального процесу та наукових досліджень в галузі радіоелектроніки / І. В.Троцишин, М. І.Троцишин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.- 2014.- №2.- С.215-228.
6. Троцишин І.В. Сучасна методологія та технічні засоби виконання лабораторного практикуму з фізики (електрика і магнетизм)/ // Матеріали конференції. 69- ма науко-технічна конференція професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів, Одеса, 4-6 грудня 2014р . - 60-70 С.
7. Троцишин І.В. Новітня методологія та сучасні технічні засоби виконання шкільного лабораторного практикуму з фізики (електрика і магнетизм). / І.В. Троцишин, Н.І.Свтушенко, Л.П. Леонова, Н.М. Кузьміна // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.- 2014.- №4.- С.241-250.
8. <http://www.mon.gov.ua/ua/activity/education/>
9. <http://www.tehencom.com/Info/Contacts/Contacts.htm>
10. www.tehencom.com

References

1. I. V. Trotsishin. Quantova teoriya vimiryuvalnogo peretvorenniya: principy ta metodologiya na shlahu vid chastotomira kointsidentsii do attenuatora-podilnika Trotsishina / I.V. Trotsishin // Vimiryuvalna that obchislyuvalna tehnika in tehnologichnih processes. - 2013.- №1.- C.27-37. http://elibrary.ru/cit_title_items.asp?id=38428
2. N.I. Trotsishina. Attenuator-podilnik Trotsishina yak Basovyy funktsionalnyy element novih printsipiv vimiryuvalnogo peretvorenniya DAC-ADC / N.I. Trotsishina, I.V. Trotsishin // Vimiryuvalna that obchislyuvalna tehnika in tehnologichnih protsesah.- 2013.- №1.- C.118-120.
3. I.V. Trotsishin. Methodology postroeniaCAP-ACP z programiruemymi characteristicami preobrazovania na osnove attenuatora-dlilitelya Trotsishina I ih issledovanie / IV Trotsishin. NI Trotsishin, MI Trotsishin // Vimiryuvalna that obchislyuvalna tehnika in tehnologichnih processes. - 2013. - №2. - S. 50-56..
4. I.V. Trotsyshyn. Method of constructing the attenuator-divider Trotsyshyna. Patent 100581. Ukraine IPC (2013.01) G01R 15/00 G06G 7/16 (2006.01) G11C 8/00 H02M 3/06, (200), published 01/10/2013, Bull. number 1), by the owner, possible conclusion of license agreements.
5. I.V Trotsyshyn. Novitni pidkhody u suthasnykh metodakh ta zasobakhnavthalnogo prozesu ta naukovykh doslidszen v galuzi radioelektroniky/ I.V. Trotsyshyn, M.I. Trotsyshyn // Vymiruvalna ta obthysluvalna tekhnika v tehnologithnykh procesakh// .- 2014.- №2.- P.215-228.
6. I.V.Trotsyshyn. Suthasna metodologia ta tekhnithni zasoby vykonannia laboratornogo praktykumu z fizyky (elektryka I magnetyzm) / I.V.Trotsyshyn // Materialy konferencii , 69-a - naukovy-tehnithna konferencia profesorskogo vykladazkogo skladu, naukovziv ta studentiv, Odessa, 4-6 December 2012. S. 60-70.
7. I.V Trotsyshyn. Novitnia metodologia ta sutsasni tekhnithni zasoby vykonannia laboratornogo praktykumu z fizyky (elektryka I magnetyzm) / I.V. Trotsyshyn, , N.I. Evtushenko, L.P. Leonova, N.M.Kuzmina // Vymiruvalna ta obthysluvalna tekhnika v tehnologithnykh procesakh // .- 2014.- №4.- P.242-250.
8. <http://glushi.com.ua>
9. <http://www.tehencom.com/Info/Contacts/Contacts.htm>
10. www.tehencom.com
11. <http://www.tehencom.com/Companies/Tektronix/Tektronix>.

Отримана/Received : 8.9.2017 р. Надрукована/Printed :21.1.2018 р.
Стаття рецензована редакційною колегією

**Рекомендовано до друку рішенням
Хмельницького регіонального відділення Української технологічної академії,
протокол № 4 від 29.12.2017 р.**

Підп. до друку 27.03.2017 р. Ум.друк.арк. 36,51 Обл.-вид.арк. 34,74
Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.
Наклад 100, зам. № 6168

Надруковано в типографії «ВМВ»
(Свідоцтво про видавничу діяльність ДК № 4612 від 05.09.2013)
Україна, 65069, Одеса, пр-т. Добровольського, 82а
тел. (048) 751-14-87; тел./факс 751-15-80, www.vmv.odessa.ua