

## НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ РАДІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ З РАДІОКАНАЛАМИ БЕЗПЛОТНИХ РОЗВІДУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

*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 визначаючих 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 конструкцій сигналів, використання ортогонального оброблення та скритності передавання по випадкових каналах «широкосмугового шумоподібного» каналів зв'язку. Пропонується розробки і постановлення на виробництво новітніх РЕБ на основі використання оригінальних принципів фазочастотної теорії вимірювання та перетворення радіосигналів.*

*Ключові слова: засоби радіоелектронної боротьби, безпілотні апарати, використання нових принципів, квантова теорія вимірювальних перетворень*

I.V. TROTSYSHYN, N. I. TROTSYSHYNA

Odessa National Academy of Telecommunications .. Popov

M.I. LYSYY

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

### NEWEST TECHNOLOGIES FOR MEASURING CHANGES RADIO SIGNALS CONSTRUCTION OF RADIO ELECTRONIC WARFARE WITH WIRELESS CHANNEL UNMANNED RECONNAISSANCE SYSTEMS

*Abstract - The project is aimed at solving important applied problem that arose in the framework of the ATO, and protect against unauthorized encroachment on the territory of Ukraine about by the use of unmanned reconnaissance systems. These vehicles use two defining principles - radio and transmission teleinformation radio channels. The existing fleet of unmanned flying and mobile devices using both classic and contemporary of radio transmission of information using noiseimmunity (FFSS, ADT, GSM, CDMA, etc.). Therefore, classical known means of electronic warfare (EW), which is up to date, not able to perform two fundamental and objectives: - suppression (failure to manage trajectory), and it is important to block the transfer teleinformation in real time, exactly for The signal-code construction signals using orthogonal processing and transmission of secrecy on random channels "broadband noise-like" channels. It is proposed to develop the production and adoption of advanced electronic warfare on the basis of the original principles of the theory of phase-frequency measurement and signal processing.*

*Keywords: means of electronic warfare, unmanned vehicles, using new principles quantum theory test.*

#### Вступ

В сучасному світі все більшу роль починають відігравати безпілотні літальні апарати (БПЛА)[1-4], 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 професійного 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 400-900МГц, 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

Перед тим як підійти до формулювання основних принципів побудови систем протидії, розглянемо

парадигму вирішення нестандартних проблемних задач, які можуть знайти нові несподівані рішення, саме в конкретних нетипових для ПВО і РЕБ задачах. Характерним може слугувати причча про «два камінці», коли на завдання яке на перший погляд не має позитивного вирішення, є можливим отримати зовсім не очевидний, і саме головне позитивний результат.

«Два камінчики».

Якось давно жив-був у Лондоні купець, що мав нещастя зайняти більшу суму у лихваря. Коли прийшов термін виплати грошей, лихвар заявив, що простить борг, якщо купець віддасть за нього заміж свою красуню дочку. Батько з дочкою прийшли в жах від такої пропозиції. Тоді підступний лихвар запропонував, щоб все вирішив жереб.

"Давайте, - сказав він, - покладемо в порожній гаманець дві камінчика - чорний і білий, і нехай дівчина витягне один з них. Якщо попадеться чорний камінь, вона стане моєю дружиною, якщо білий - залишиться з батьком. В обох випадках борг буде вважатися погашеним. Якщо ж дівчина відмовиться тягнути жереб, то її батька кинуть в боргову в'язницю, а сама вона стане убогою і помре з голоду". Купець і його дочка були змушені прийняти пропозицію. Розмова відбувалася в саду купця. Лихвар нахилився, щоб підібрати з посипаної гравієм доріжки камінчики. Дівчина, у якої страх загострив зір, помітила, що лихвар поклав у гаманець два чорні каменю. Як же вийти дівчині із ситуації? Пряме мислення підказує три можливі рішення дівчиною виниклої проблеми:

1. Відмовитися витягувати камінчик
2. Оголосити, що в гаманці обидва камінчика чорні, і виставити таким чином лихваря шахраєм.
3. Витягнути камінчик - пожертвувати собою, щоб врятувати батька з в'язниці.

Як Ви розумієте, всі три варіанти вкрай погані, бо якщо дівчина відмовиться тягнути жереб, то її батька кинуть у в'язницю. Якщо ж вона витягне камінчик, тоді їй доведеться вийти заміж за старого потворного лихваря. Дівчина сунула руку в гаманець, витягла камінь і впустила його, ніби ненароком, на доріжку, де той миттєво загубився серед подібних йому камінчиків. - Ах, яка досада, - вигукнула вона. - Ну, та це поправимо. **Ми можемо дізнатися, який камінчик я витягла, за кольором того, який залишився в гаманці.** Оскільки залишився камінчик був, зрозуміло, чорний, то, значить, вона витягла білий, - адже лихвар не міг зізнатися в шахрайстві. **Застосувавши обхідне мислення і винахідництво, дівчина не тільки вийшла з, здавалося б, безвихідного становища, але й менше ризикувала, якби лихвар вів чесну гру.** У цьому випадку у неї були б рівні шанси на те, щоб врятуватися або загинути. А так вона напевно залишилася з батьком і гасила його борг лихвареві. Ось так ось кмітливість і винахідництво допомогли юної леді в житті.

Саме виходячи з таких позицій пропонуються новітні підходи, які на перший погляд не мають нічого спільного із сучасним принципами побудови засобів ПВО і РЕБ.

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  $\text{sinc}(x)$ .

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 протидій 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  $x$  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:

$$s(t) = A \cdot \sin(2\pi f_0 t + \phi) = A \cdot \sin(\omega_0 t + \phi),$$

$$s(t) = A \cdot \cos(\omega_0 t + \phi),$$

де  $\phi, \varphi_0, \omega_0, f_0$  – постійні величини, які можуть виконувати роль інформаційних параметрів сигналу:  $A$  - амплітуда сигналу,  $f_0$  - циклічна  $\omega_0$  - 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  $t = 0$ ).

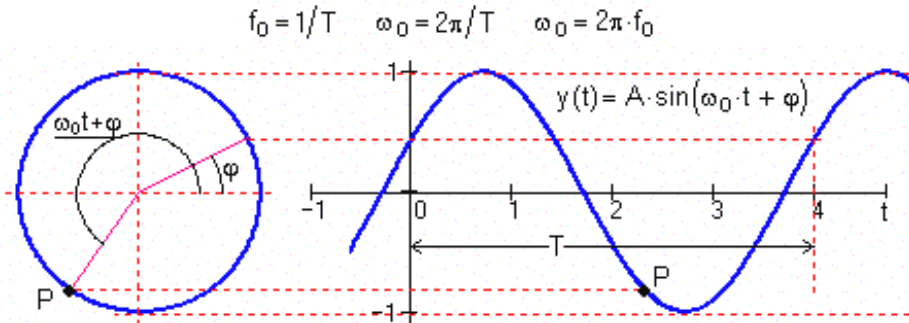


Рис.1. Гармонійні сигнали (або синусоїдальні)

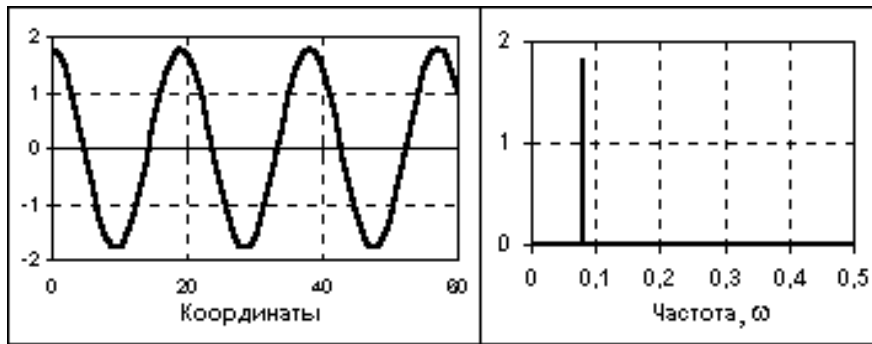


Рис. 2. Частотний спектр сигналу

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

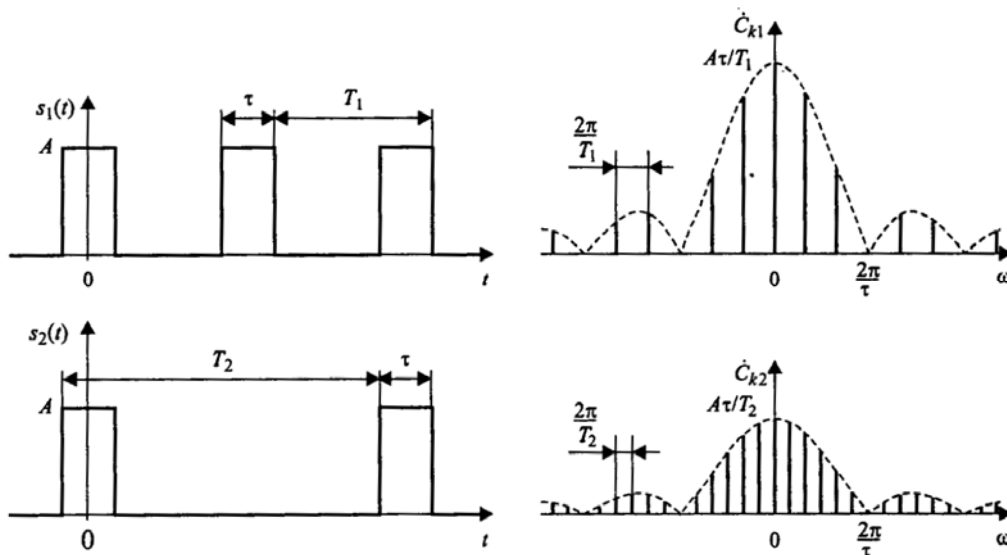


Рис.3. Особливості утворення спектрів імпульсних сигналів

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.

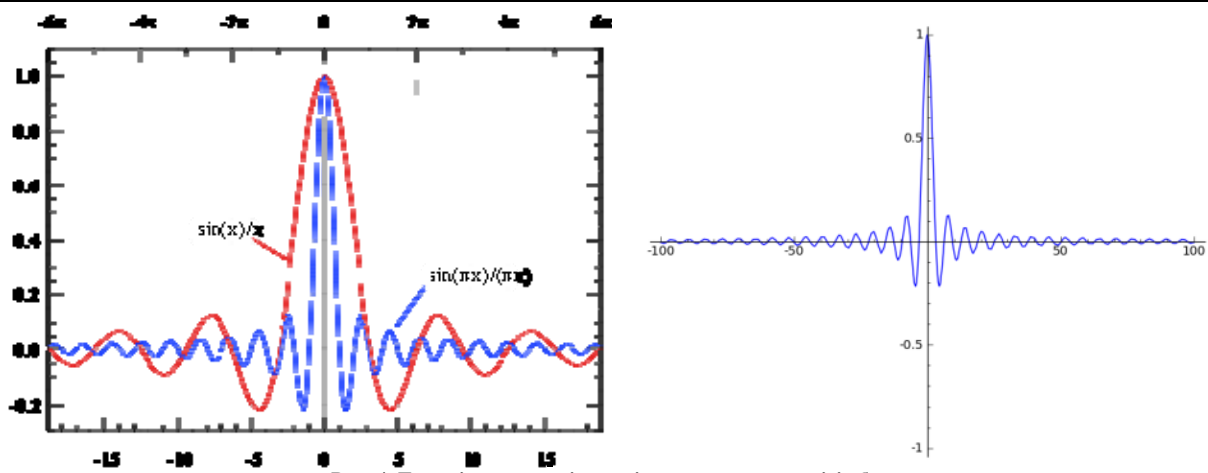


Рис. 4. Типові залежності при різних типах шкал вісі абсцис

Неважко помітити що із збільшення значень по вісі абсцис від 30 до 100 функція має згасаючий характер, (рис. 5).

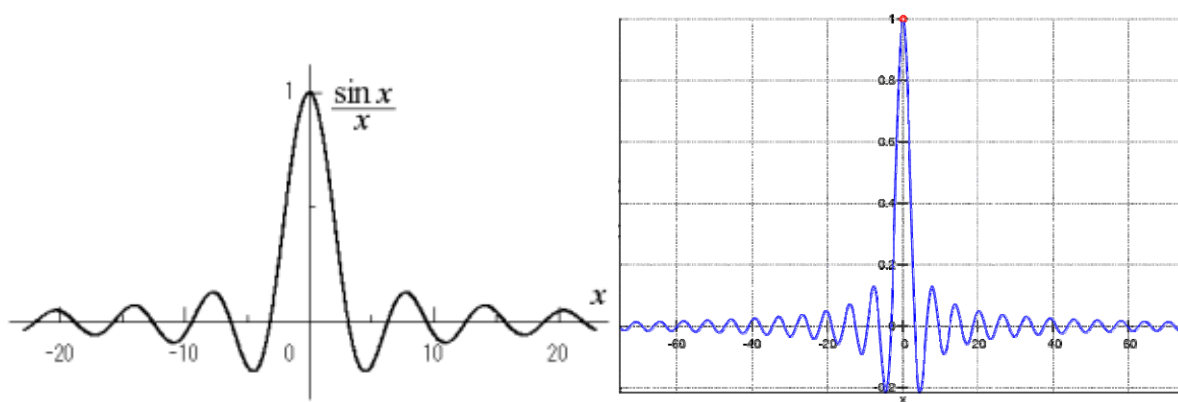


Рис. 5. Вигляд сигналу для значень від 20 до 60

Особливість функції є наявність постійної складової сигналу, що викликає певні проблеми під час його формування, тому інколи використовують тільки позитивні значення (рис.6.)

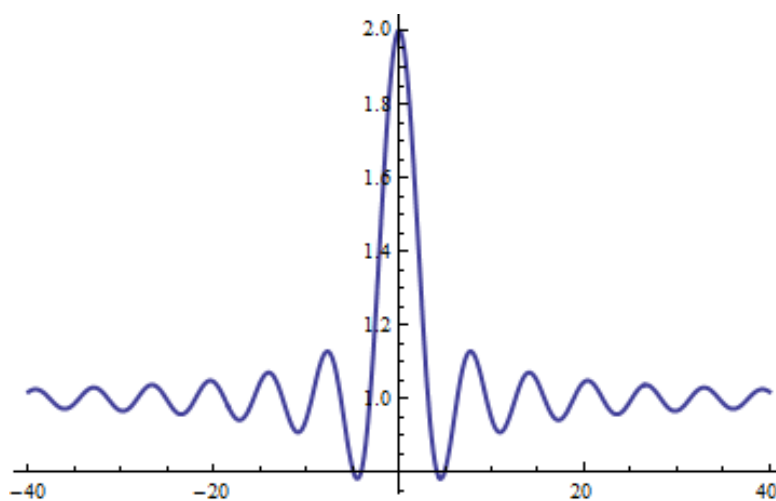


Рис.6.

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.7).

Виникає очевидне питання, практичної реалізації сигналів такої форми та оцінки форми спектральних складових. Нижче наведено [6-8] типові методи цифрового синтезу сигналів довільної форми, сучасними генераторами Tektronix, або Rohde & Schwarz. (рис.8).

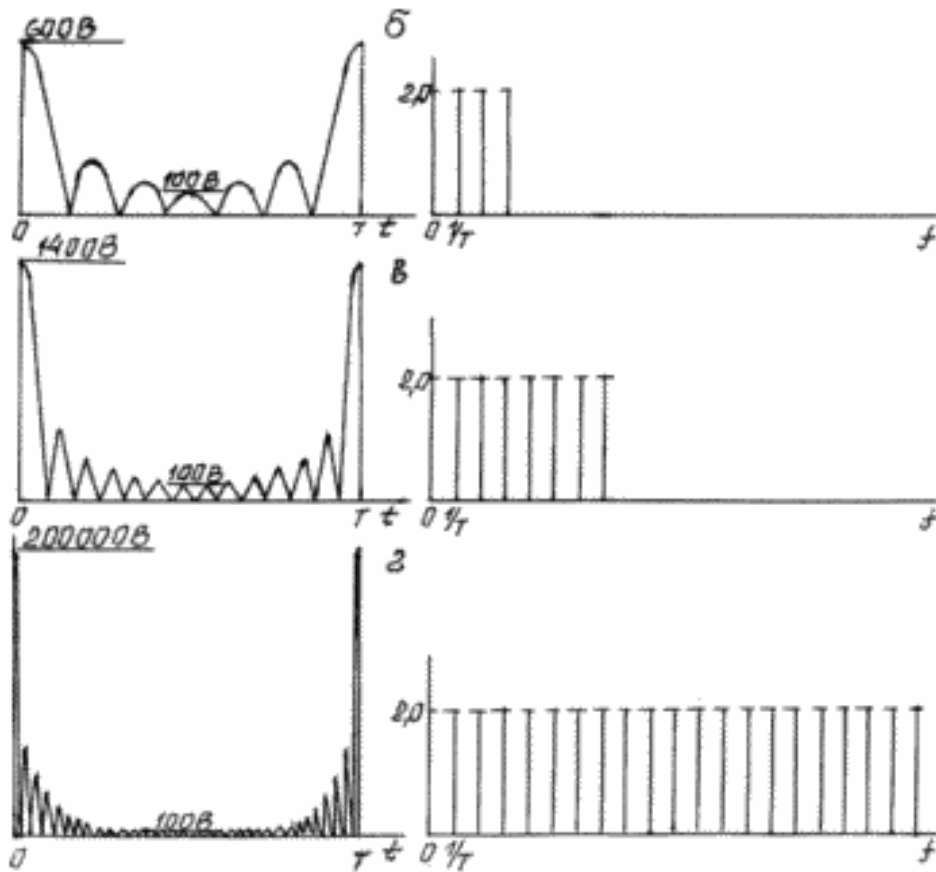


Рис. 7. Методологія утворення спектральних складових із «прямокутною обвідною»

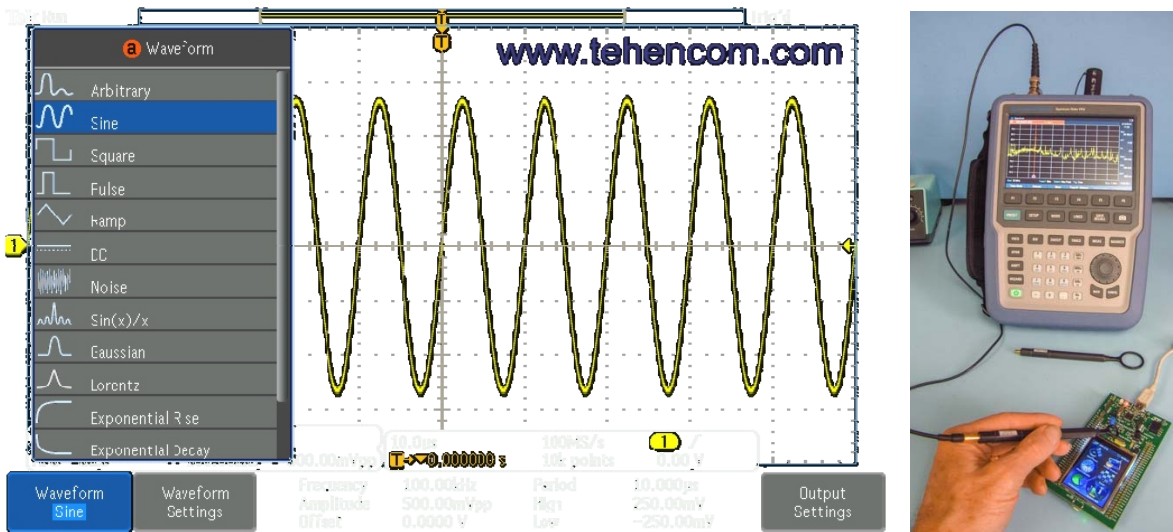


Рис.8. Формування сигналів та контроль генераторами Tektronix, або Rohde & Schwarz

Структурні схеми синтезаторів для формування сигналів довільної форми приведено на рис.9.

Генератор сигналів довільної форми і стандартних функцій (опція). Осцилограф серії MDO3000 містить опціональний вбудований генератор сигналів довільної форми і стандартних функцій (опція MDO3AFG), ідеальний для імітації сигналів датчика в процесі налагодження і для додавання шуму до корисних сигналів для моделювання несприятливих умов. Вбудований генератор сигналів довільної форми і стандартних функцій видає сигнали з частотою до 50 МГц, зокрема синусоїдальні, прямокутні, пилкоподібні і імпульсні сигнали, постійний струм, шум, **сигнали функцій кардинального синуса (Sinc)**, Гауса і Лоренца, експоненціального підйому і спаду, гаверсінуса і кардіосигнал.

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

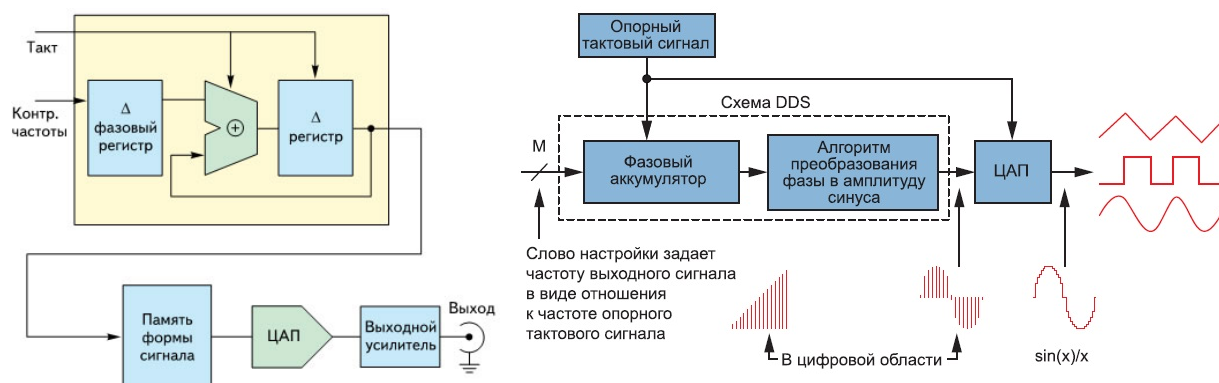


Рис.9 Структурні схеми синтезу сигналів

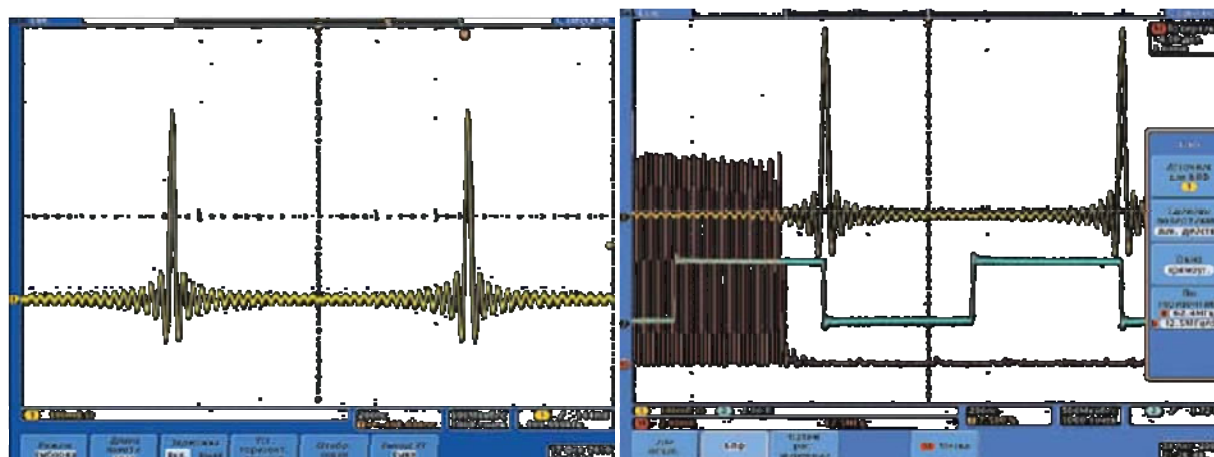


Рис.10. Формування сигналів Sinc та контроль генераторами Tektronix

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). Альтеративним варіантом виступають ЦАП нового покоління, які використовують Атенуатор-подільник Троцишина [5], особливо в режимі (дельта-сігма). [3,5].

Авторами проекту за останні 15 років розроблена Теорія ФЧВ і ПР, виготовлено та проведено випробування: частотоміра коінцидентії, вимірювального перетворююча частоти за методом коінцидентії, вимірювача девіації частоти, цифрових синтезаторів частоти (секвентності), формувачів функцій транс версії, напівсуматора секвентності, тощо які на практиці підтвердили основні положення теорії ФЧВ і ПР. Результати були використанні в ході виконання ряду держбюджетних тем (н/к Троцишин І.В.): 2Б-2005, 6Б-2007, 8Б-2009, (які успішно завершено та впроваджено), а також дослідження в частині ЦАП і АЦП нового покоління продовжуються в рамках 7Б-2013 (н/к Троцишин І.В.) (Хмельницький національний університет) [1-3,5]. В цьому науковому напрямку захищено 9 кандидатських і докторська дисертації.

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 Допплера, тощо.

Тому саме **Підходи** із позицій теорії ФЧВ і ПР відкривають нові можливості для оброблення радіосигналів, які принципово неможливо з «класичних позицій» [1-3,5].

#### Об'єкти БПЛА які типовими для РЕБ [6]

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



Рис. 11. Квадрокоптер

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, ЗП. 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 напівавтоматична, 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 [6].

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, повернуться 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.13).

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).

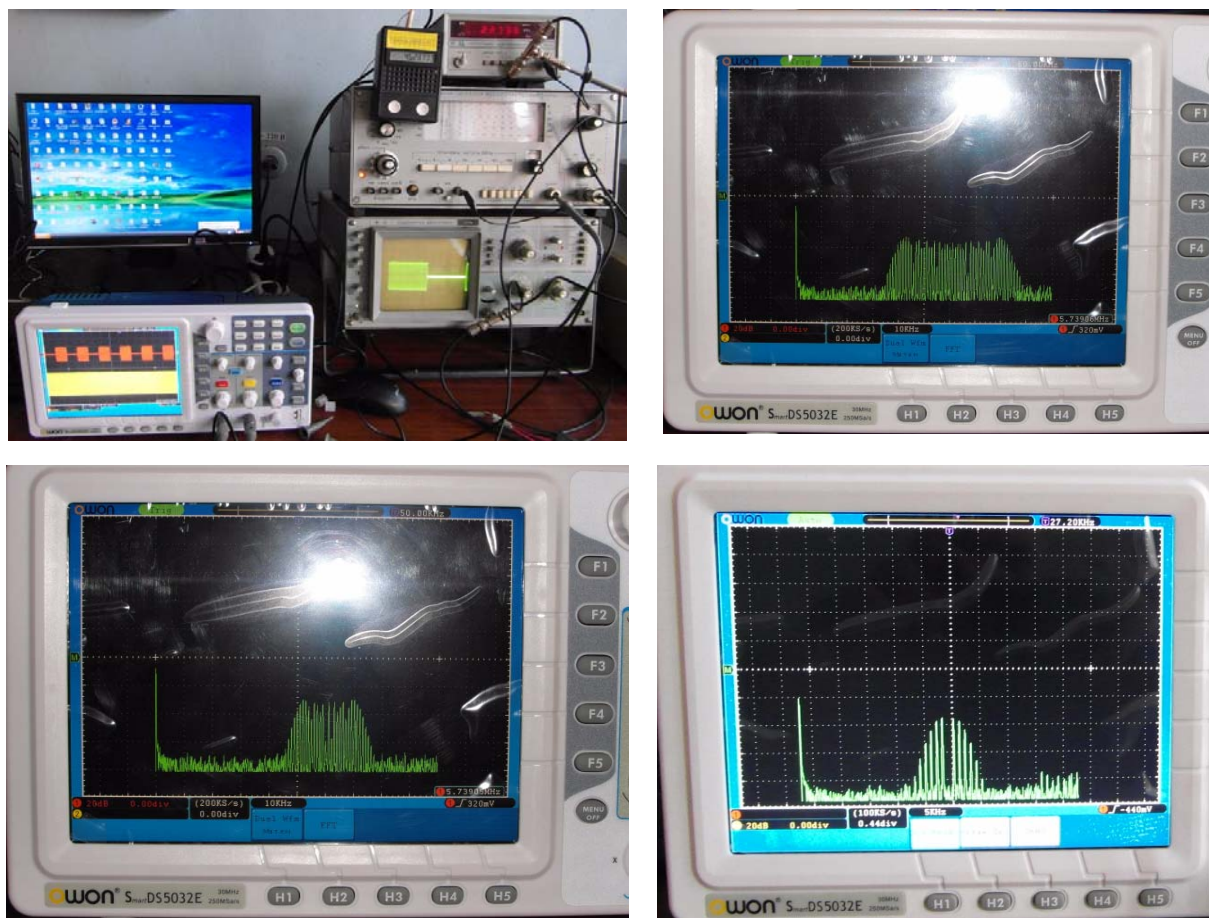


Рис. 13. Формування сигналів для подавлювачів в рамках КТВП і фазочастотного підходу

### Висновки

**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 заводських (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).

### Література

1. Троцишин. І. В. Квантова теорія вимірювального перетворення: принципи та методологія, на шляху від частотоміра коінциденції до атенюатора-подільника Троцишина / І.В. Троцишин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – №1. – С. 27-37. [http://elibrary.ru/cit\\_title\\_items.asp?id=38428](http://elibrary.ru/cit_title_items.asp?id=38428)
2. Троцишина Н.І. 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. <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1260975>
3. Троцишин І.В. Методологія побудови ЦАП-АЦП с програмуємыми 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. <http://elibrary.ru/item.asp?id=21167140>.
4. <http://glushi.com.ua>
5. 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.



6. <http://www.tehencom.com/Info/Contacts/Contacts.htm>
7. [www.tehencom.com](http://www.tehencom.com)
8. <http://www.tehencom.com/Companies/Tektronix/Tektronix>.
9. Горященко К.Л. Визначення спектральних складових сигналу з нецілими періодами складових / К.Л. Горященко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – №1. – С. 195-198

**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. - С.27-37. [http://elibrary.ru/cit\\_title\\_items.asp?id=38428](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. - С.118-120. <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1260975>
3. I.V. Trotsishin. Methodology postroeniaCAP-ACP z programiruemymi characteristicami preobrazovania na osnove attenuatora-dlelatelya Trotsishina I ih issledovanie / IV Trotsishin. NI Trotsishin, MI Trotsishin // Vimiryuvalna that obchislyuvalna tehnika in tehnologichnih processes. - 2013. - №2. - С. 50-56. <http://elibrary.ru/item.asp?id=21167140>.
4. <http://glushi.com.ua>
5. Patent Ukraine 100581. Sposib pobudovi attenuatora-podilnika Trotsishina. / Trotsishin I.V. // IPC (2013.01) G01R 15/00 G06G 7/16 (2006.01) G11C 8/00 H02M 3/06 (200) Published 01.10.2013, Bull. Nomer 1.
6. <http://www.tehencom.com/Info/Contacts/Contacts.htm>
7. [www.tehencom.com](http://www.tehencom.com)
8. <http://www.tehencom.com/Companies/Tektronix/Tektronix>.
9. Horiashchenko Kostyantyn. Spectral components definition of the signal with harmonic signal noninteger period components. Khmelnytsky National University, Khmelnytsky, Ukraine. 2014. Issue 1. P. 195-198

Рецензія/Peer review : 13.9.2015 р.

Надрукована/Printed :24.12.2015 р.

---

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради  
Хмельницького національного університету,  
протокол № 4 від 26.11.2015 р.**

Підп. до друку 15.12.2015 р. Ум.друк.арк. 25,1 Обл.-вид.арк. 23,88  
Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.  
Наклад 100, зам. № 104/01

Тиражування здійснено редакційно-видавничим центром  
Хмельницького національного університету  
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1. тел (0382) 72-83-633