

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОБОРОНИ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЗВ'ЯЗКУ ТА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

МАТЕРІАЛИ  
НАУКОВОГО-ПРАКТИЧНОГО СЕМІНАРУ

**ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНО-  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ВУЗЛІВ ОПЕРАТИВНОЇ ТА  
СТРАТЕГІЧНОЇ ЛАНОК УПРАВЛІННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ  
УКРАЇНИ**

Київ-2010

## ВПЛИВ ЦИФРОВОЇ I/Q-ДЕМОДУЛЯЦІЇ В РЕЖИМІ КОВЗНОГО ВІКНА НА N-OFDM-СИГНАЛИ

Як відомо, одним з перших етапів в цифровій обробці прийнятих станцією зв'язку сигналів, наприклад, з неортогональною частотною дискретною модуляцією (N-OFDM), має бути формування квадратурних складових напруги сигнальної суміші за допомогою I/Q-демодуляторів. Серед відомих алгоритмів цифрової I/Q-фільтрації слід вказати запропонований в [1] та розвинений в [2] метод цифрового формування квадратурних складових сигналів, якому притаманні лінійність фазо-частотної характеристики у широкій смузі частот та цілочисельні вагові коефіцієнти фільтрації.

До зазначених переваг слід також додати можливість відмови від двоканальної (квадратурної) побудови аналогового прийомного тракту, що дозволяє істотно знизити вартість аналогового сегмента станції зв'язку, підвищити технологічність її виготовлення і надійність експлуатації.

Разом з тим, при використанні запропонованої в [1, 2] схеми цифрової демодуляції сигналів з одно канальним аналоговим трактом виникають небажані ефекти, пов'язані з появою завалів фронту й зрізу сигнальних пакетів при їхній прямокутній обвідній на половину тривалості ковзного вікна I/Q-демодулятора (рис. 1) та обумовлені наявністю паразитних фазових викривлень оброблених сигналів.

Тому при виборі розмірності процедури попередньої фільтрації доцільно враховувати, що тривалість захисного інтервалу на початку N-OFDM пакету має перевищувати кількість відліків, задіяних для формування відгуку ковзного I/Q-фільтра, щоб уникнути похибок в подальшому оцінюванні амплітудних складових сигналів.

З метою спрощення обробки сигналів доцільно вважати, що закони зміни обвідних сигналів у квадратурних складових не мають розбіжностей.

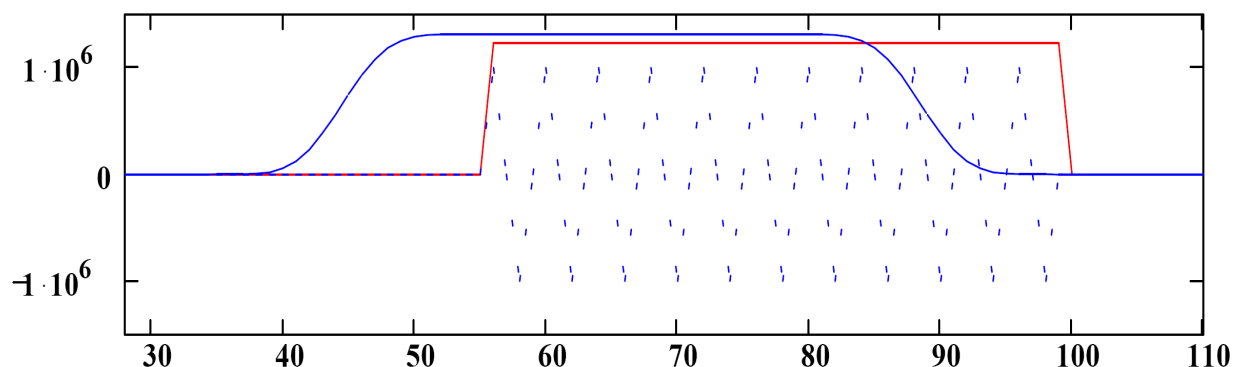


Рис. 1. Зміна форми обвідної радіоімпульсу прямокутної форми і його положення у часі (штрихова лінія) внаслідок застосування процедури 23-відлікового I/Q-демодулятора в режимі ковзного вікна (модельовано в пакеті Mathcad).

Для вибору функції, що апроксимувала б обвідну відгуку I/Q-демодулятора, зручно скористатися моделюванням обробки імпульсних сигналів із прямокутною обвідною, у результаті I/Q-фільтрації яких формуються дзвоноподібні імпульси. Відповідний приклад, отриманий у пакеті MathCAD, представлений на рис. 2. У цьому випадку використовувалася модель 13-відлікового прямокутного імпульсу при 23-відліковій тривалості вікна I/Q-демодулятора.

В якості апроксимуючої залежності для обвідної задана функція  $\sin^2 \frac{ps}{M+5}$ , де  $M=13$  – тривалість вихідного прямокутного радіоімпульсу,  $s$  – порядковий номер цифрового відліку сигналу. Візуально проглядається досить задовільний ступінь збігу результату апроксимації з оригінальною обвідною відфільтрованого I/Q-демодулятором радіоімпульсу. Більш ефективна апроксимація в даному випадку може бути досягнута завдяки застосуванню апроксимації на основі атомарних функцій [3].

Обираючи необхідну тривалість N-OFDM пакетів, бажано досягти ситуації, коли обвідна імпульсу матиме прямолінійний п'єдестал. Це дозволить відкинути ділянки сигналу з фронтом і зрізом, піддавши в подальшому дискретному перетворенню Фур'є лише часові відліки на інтервалі прямолінійного верхів'я.

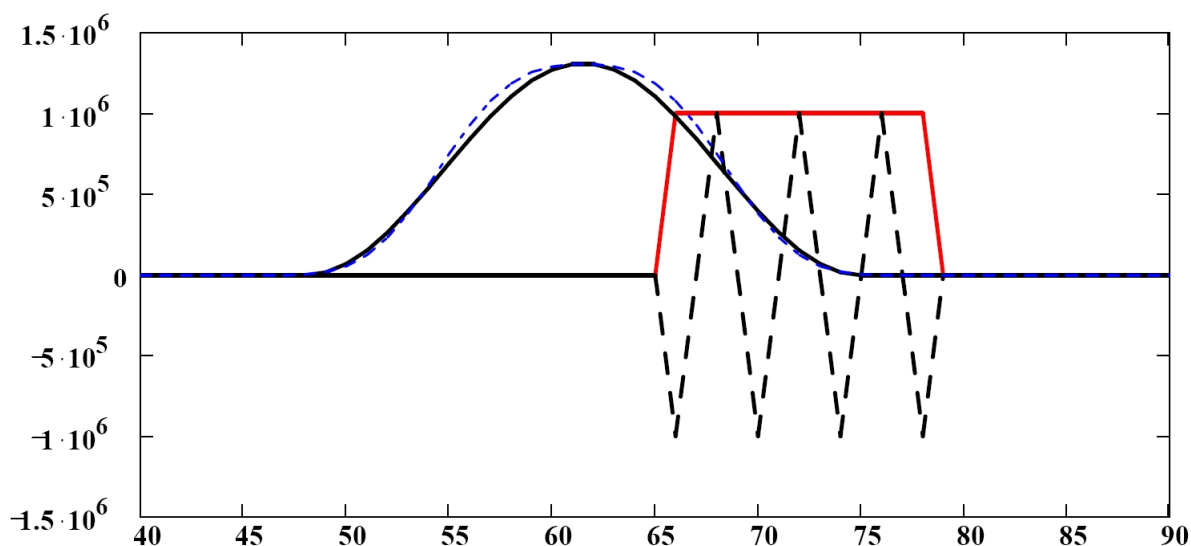


Рис. 2. Апроксимація функцією  $\sin^2 x$  обвідної 14-відлікового радіоімпульсу, отриманого в результаті застосування процедури 23-відлікового попереднього I/Q-фільтра в режимі ковзного вікна.

Таким чином, врахування зазначених ефектів I/Q-фільтрації дозволяє підвищити якість демодуляції N-OFDM сигналів при відмові від двоканальної (квадратурної) побудови аналогового прийомного тракту. Для оптимальної обробки сигналів необхідно врахувати закон обвідної. Синтез відповідних методів демодуляції N-OFDM сигналів є метою подальших досліджень.

#### ЛІТЕРАТУРА:

- 1 Jan-Erik Eklund and Ragnar Arvidsson. A Multiple Sampling, Single A/D Conversion Technique for Demodulation in CMOS.// IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 31, No. 12, December 1996. - Pp. 1987 - 1994. - [http://iroi.seu.edu.cn/jssc9697/data/31\\_12\\_08.pdf](http://iroi.seu.edu.cn/jssc9697/data/31_12_08.pdf).
2. Слюсар В.И., Малярчук М.В., Бондаренко М.В. Методика синтеза I/Q-демодуляторов произвольной размерности.// III-й Міжнародний науково-технічний симпозиум "Нові технології в телекомунікаціях"- (ДУІКТ-КАРПАТИ '2010, с. Вишків). – Київ: Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій. - 2 - 5 лютого 2010. - С. 53 - 55. - [http://www.slyusar.kiev.ua/VYSHKIV\\_2010\\_2.pdf](http://www.slyusar.kiev.ua/VYSHKIV_2010_2.pdf).
3. Kravchenko V.F., Kravchenko O.V., Safin A.R. Kravchenko-Rvachov probability distribution in the problems of analysis and synthesis for linear arrays.// 7-а Міжнародна конференція по теорії та техніці антен (ICATT'09), Львів, Україна, 6 - 9 жовтня 2009 р. – С. 66 – 69.