

МОДЕЛЮВАННЯ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СИГНАЛУ ІМПУЛЬСНО-ДОПЛЕРІВСЬКОГО РАДАРУ, ЯКИЙ ПРАЦЮЄ В ЗАВАДОВІЙ ОБСТАНОВЦІ

Реутська Ю. Ю., аспірант

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Потужним способом підвищення ефективності функціонування сучасних радіолокаційних станцій (РЛС) є спеціалізована цифрова обробка сигналів (ЦОС). Особлива потреба в імітаційному моделюванні ЦОС радіолокаційного сигналу для вирішення радіолокаційних задач виникає у разі оцінки роботи РЛС в завадovій обстановці [1]. В даній роботі представлені етапи моделювання цифрової обробки радіолокаційного сигналу, який відбитий від цілей на фоні адитивних флукуаційних та пасивних завад. За основу була обрана імпульсно-доплерівська РЛС. Модель складається з двох частин. Перша частина дозволяє отримати радіолокаційний сигнал на основі зондувального сигналу з лінійною частотною модуляцією. Друга частина дозволяє побудувати та дослідити тракт сигнальної обробки. Результатом ЦОС є виявлення цілей та визначення відстаней до цілей та швидкостей цілей. Середовищем для моделювання було обране середовище *MatLab*.

Моделювання радіолокаційного сигналу включало в себе етапи аналізу роботи РЛС та етапи програмування, які було описано в [1]. За заданими

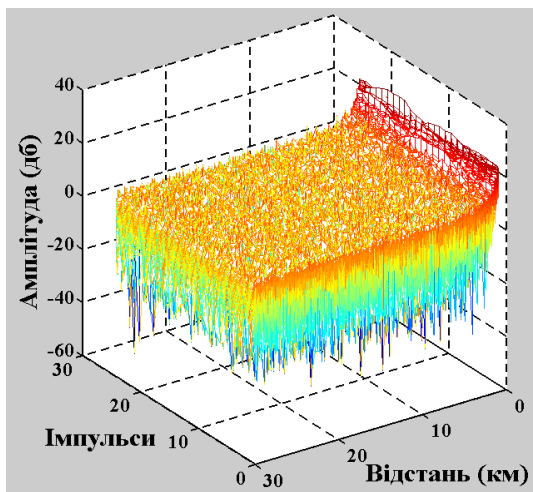


Рисунок 1. Радіолокаційний сигнал

характеристиками виявлення було отримано порогове відношення сигнал/шум на вході детектору $q_{\text{пор}} = 7,78$ дБ. Розглядалася пачка імпульсів з кількістю $n = 25$, частотою повторення імпульсів $F_{\text{п}} = 40$ кГц та довжиною імпульса $\tau_i = 10^{-6}$ с з відповідною пороговою потужністю $P_{\text{пор}} = 1,92 \cdot 10^{-15}$ Вт.

Відповідно до значень параметрів розглянутих РЛС та величини ефективної площі розсіювання було отримано максимальну та мінімальну дальності дії $R_{\text{max}} = 29486$ м та $R_{\text{min}} = 300$ м. За

принципами роботи імпульсно-доплерівських РЛС було отримано максимальну швидкість цілі $V_{R_{\text{max}}} = 600 = \pm 300$ м/с та обрано три цілі зі швидкостями -180 м/с, 270 м/с та 180 м/с, та відстанями 2000 м, 3000 м, 10000 м.

Відношення сигнал/шум на вході приймача для кожної цілі 1 дБ, 0 дБ та -7 дБ.

Для моделі було розраховано та сформовано двовимірну матрицю відліків сигналу з розрахунку вікна радару, що складається з елементів швидкого та повільного часу (дальність та кількість імпульсів відповідно) та має розмір [кількість відліків швидкого часу на кількість відліків повільного часу] [1, 2]. В результаті накладання на сигнал адитивної флуктуаційної завади та пасивної завади радіолокаційний сигнал набув вигляду, що зображений на рис. 1.

Моделювання ЦОС включало в себе етапи аналізу та програмування.

1. Для вилучення широкопasmової інформації, що міститься в сигналі описуваного типу, потрібно використовувати прийомні системи, що одержали назву систем обробки сигналу за допомогою узгоджених фільтрів (УФ). Стиснення сигналу та узгоджена фільтрація є широко відомими методами обробки сигналів в сучасних радіолокаційних системах [2], тому в даній роботі доцільно ЦОС починати з цього.

Для стиснення сигналу застосовується фільтр на основі операції згортки або фільтрація на основі швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Моделювання добутку в частотній області відповідає згортці в часовій області. В моделі вхідний сигнал обробляється у частотній області з використанням FFT, та множиться на частотну характеристику фільтра, а потім перетворюється назад у часову область з використанням зворотного FFT. Частотна характеристика фільтра представляє собою обернений випромінений сигнал радару (ЛЧМ), що помножений на вікно Хеммінга для пригнічення бічних викидів.

2. Одним з двох основних класів доплерівської обробки, що працює з обмеженим обсягом інформації (тільки наявність або відсутність цілі) при дуже низькій вартості обчислень та підвищенні відношення сигнал/завада в результаті обробки, є селекція рухомих цілей СРЦ (Moved Target Indication, МТІ). В даній частині роботи задачею МТІ фільтрації є пригнічення компонент завади (клатеру), при якій сигнал повільного часу обробляється повністю в часовій області. Зважаючи на переваги трьохімпульсного компенсатору для первинної фільтрації МТІ у зв'язку з їх обчислювальною простотою [2], його реалізація є актуальною для даної роботи, так як тут не є завданням дослідження алгоритмів фільтрації для підвищення відношення сигнал/завада. Відповідно до цього, другий етап ЦОС для пригнічення пасивних завад (клатеру) складається з реалізації фільтру пасивних завад у вигляді трьохімпульсного компенсатора. Фільтрація реалізується на основі стандартної функції лінійної згортки для реалізації КІХ фільтру над масивом коефіцієнтів фільтру та масивом попередньо стиснутих даних.

3. Третім етапом цифрової обробки сигналу, що відбитий від цілей та відфільтрований від завади, є багатоканальна доплерівська фільтрація на

основі ШПФ. Фільтрація в області повільного часу є заміною явному спектральному аналізу даних повільного часу для кожного відліку дальності.

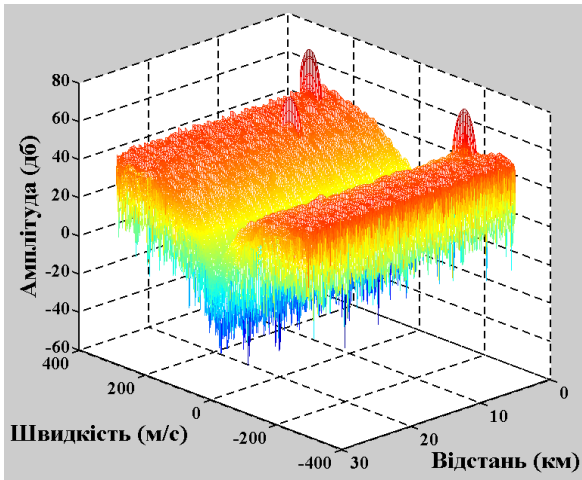


Рисунок 2. Радіолокаційний сигнал після доплерівської обробки

Результатом імпульсної доплерівської обробки даних є матриця (рис. 2), в якій розмірами є дальність і доплерівська частота (швидкість).

4. Останнім етапом ЦОС є виявлення цілей та знаходження відстаней до цілей та швидкості цілей. Це досягається спочатку в знаходження піків сигналу за відстанню, що вищі за поріг $q_{\text{пор}} = 7,78$ дБ, з визначенням відповідних відстаней. Далі отримуються значення відповідних піків сигналу в знайдених час-

тотах Доплера у відповідних відліках в векторі швидкості (ШПФ) з врахуванням порогового значення, та реалізується знаходження швидкостей цілей.

Перелік посилань

1. Реутська Ю.Ю. Моделювання радіолокаційного сигналу на основі аналізу роботи імпульсно-доплерівського радару в заводовій обстановці. Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи», Київ, 10 – 16 березня 2014 р.: матеріали конференції — Київ, 2014. — 258 с. — с. 177 – 178.
2. Richards M.A. Fundamentals of Radar Signal Processing. Georgia Institute of Technology. — McGraw-Hill Publ., New York, 2005. — 513 p. — ISBN 978-0-07-177648-6

Анотація

Представлені етапи моделювання цифрової обробки радіолокаційного сигналу (ЦОС), що отриманий в обстановці адитивних флуктуаційних та пасивних завод. Результатом моделювання ЦОС є виявлення цілей, визначення відстаней до цілей та швидкостей цілей.

Ключові слова: моделювання, радіолокаційний сигнал, радар, цифрова обробка сигналу.

Аннотация

Представлены этапы моделирования цифровой обработки радиолокационного сигнала, который получен в обстановке аддитивной флуктуационной и пассивной помехи. Результатом моделирования ЦОС является обнаружение целей, определение дальностей до целей и скоростей целей.

Ключевые слова: моделирование, радиолокационный сигнал, радар, цифровая обработка сигнала.

Abstract

Stages digital simulation of the radar signal (DSP) which is received in noise and clutter situation presented. The result of the DSP simulation is the target detection, the determining target ranges and target speeds.

Keywords: simulation, radar signal, radar, digital signal processing.