

УДК 621.391

А.М. Гудима, Ю.А. Умзар, В.В. Лесів, А.С. Марценюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ

A.M. Gudyma, Y.A. Umzar, V.V. Lesiv, A.S. Marcenjuk

## MATHEMATICAL MODEL OF DIGITAL PROCESSING OF RADAR SIGNALS

Традиційно в радіолокації застосовуються вузькосмугові імпульсні або неперервні гармонійні сигнали. Прагнення отримати більшу кількість інформації про об'єкти призвело до використання в радіолокаційних системах надширокосмугових (НШС) радіолокаційних сигналів. Особливості випромінювання, поширення і відображення НШС сигналів унеможливує застосування оптимальних алгоритмів виявлення вузькосмугових сигналів для виявлення НШС радіолокаційних сигналів.

Головною відмінністю використання НШС зонduючих імпульсів від гармонійних вузькосмугових сигналів є зміна форми та тривалості НШС сигналу в процесі зондування протяжного об'єкту з радіально довгою, що перевищує роздільну здатність зонduючого імпульсу в просторі  $c \times \tau / 2$  (де  $c$  – швидкість світла,  $\tau$  – тривалість зонduючого імпульсу) [1]. Сигнал, відбитий від такого об'єкту, являє собою послідовність рознесених в часі сигналів, відбитих від різних “блискучих точок” об'єкту, кожен з яких в свою чергу є згортка з імпульсною характеристикою “блискучих точок” (рис. 1). Результат одиничного відображення від “блискучої точки”, а так само сума всіх відображень залежать від кутового положення цілі щодо РЛС.

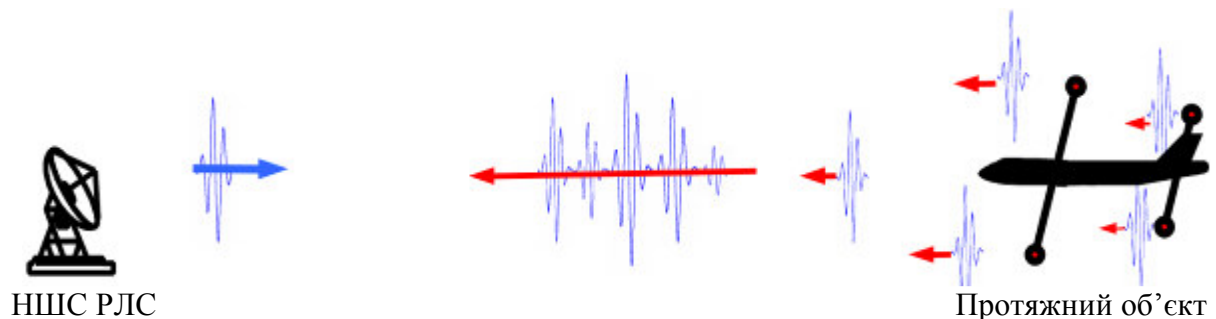


Рисунок 1. Сигнал, відбитий від протяжного об'єкту

У зв'язку з неможливістю передбачити всі умови, що впливають на форму сигналу (або заздалегідь описати всі варіанти) при вирішенні задачі виявлення – форма відображеного НШС імпульсу на вході приймача вважається невідомою. Завдання виявлення сигналів, прихованих в шумах, досліджена досить докладно. Однак синтезовані оптимальні (і квазіоптимальні) виявники призначені для виявлення вузькосмугових сигналів гармонійної форми. Відсутність апріорної інформації про форму сигналу не дозволяє застосувати для його виявлення більшість відомих методів виявлення, а ті з них, які можуть бути застосовані для вирішення даного завдання, не є оптимальними. Таким чином, в НШС радіолокації виникає задача оптимального виявлення сигналу невідомої форми.

Хоча форма сигналів невідома, відомий період повторення зондувальних імпульсів. Крім того, при невеликих значеннях  $T$  (в порівнянні з часом зміни ракурсу об'єкту щодо РЛС) можна вважати, що деяка кількість сусідніх імпульсів на вході

приймача від одного і того ж об'єкту зберігають однакову форму. Використовуючи цю апіорну інформацію можна синтезувати оптимальний алгоритм виявлення періодичних сигналів невідомої форми на фоні адитивного білого шуму. Прийmemo тривалість сигналу (що визначається радіальною протяжністю об'єкту) за відому величину. У реальних ситуаціях, коли протяжність об'єкту апіорі невідома, дана проблема вирішується побудовою багатоканальної системи, де в кожному з каналів застосований алгоритм виявлення налаштований на певну радіальну довжину об'єкту. При цьому оцінюються потенційні втрати, пов'язані з кінцевим числом каналів. Для вирішення статистичної задачі виявлення радіолокаційного сигналу в шумах прийmemo наступні умови:

- на вході приймача діє адитивна суміш корисного сигналу  $s(t)$  і шуму  $n(t)$
- шум – випадковий стаціонарний процес, миттєві значення якого підпорядковані нормальному закону розподілу ймовірностей і характеризується нульовим середнім і середньоквадратичним відхиленням  $\sigma$ .

### **Література**

1. Моделирование в радиолокации / А.И. Леонов, В.Н. Васенев, Ю.И. Гайдуков и др.; Под ред. А.И. Леонова. – М.: Сов. Радио. - 1979, 264 с.
2. Бакулев П.А. Обработка сигналов с постоянным уровнем ложных тревог / П.А. Бакулев, Ю.А. Басистов, В.Г. Тугуши // Изв. высш. учебн. заведений. Радиоэлектроника. Том 32 .- 1989.-№4.
3. Жданюк Б.Ф. Основы статистической обработки траекторных измерений / Б.Ф. Жданюк. - М.: Сов. Радио, 1978. - 384 с.
4. Информационные технологии в радиотехнических системах: Учебное пособие / В.А. Васин, И.Б. Власов, Ю.М. Егоров и др.; Под ред. И.Б. Федорова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 672 с.
5. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки / М.П. Калинушкин - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1979 г.
6. Комкин А.И. Расчет систем механической вентиляции / А.И. Комкин, В.С. Спиридонов - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. - 182 с.
7. Конторов Д.С. Введение в радиолокационную системотехнику / Д.С. Конторов, Ю.С. Голубев-Новожилов. — М.: Изд-во Сов. радио, 1971. - 366 с.
8. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.
9. Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах /А.И. Канащенков, В.И. Меркулов, А.И. Перов и др.; под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2004. – 312 с.
10. Радиолокационные системы многофункциональных самолетов: в 3 т. Т. 1: РЛС – информационная основа боевых действий многофункциональных самолетов. Системы и алгоритмы первичной обработки радиолокационных сигналов / А.И. Канащенков, В.И. Меркулов, А.А. Герасимов и др.; под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2006. – 656 с.
11. Радиолокационные системы многофункциональных самолетов: в 3 т. Т. 3: Вычислительные системы РЛС многофункциональных самолетов / А.И. Канащенков, В.И. Меркулов, А.А. Герасимов и др.; под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2007. – 280 с.
12. Ричард Лайонс. Цифровая обработка сигналов / Ричард Лайонс. - 2-ое изд. Пер. с англ. – М.: ООО Бином-Пресс, 2006 г. – 656 с.
13. Информационные технологии в радиотехнических системах: Учебное пособие / В.А. Васин, И.Б. Власов, Ю.М. Егоров и др.; Под ред. И.Б. Федорова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 672 с.