

# ФУНКЦІЯ ВЗАЄМНОЇ КОРЕЛЯЦІЇ ЛЧМ СИГНАЛУ З УРАХУВАННЯМ ЕФЕКТУ ДОПЛЕРА

Фомін М. П.

Кафедра вищої та прикладної математики, Житомирський національний агроєкологічний університет,  
Житомир, Україна, E-mail: [npfomin@mail.ru](mailto:npfomin@mail.ru)

**Анотація** – Методами математичного аналізу отримано взаємно кореляційну функцію імпульсного ЛЧМ радіолокаційного ехо – сигналу з урахуванням впливу ефекту Доплера на зміщення і швидкість зміни його частоти та побудовано його тіло невизначеності. Показано, що зазначене дозволяє позбавитись від невизначеності “дальність – швидкість” і підвищити здатність РЛС за їх дальністю та радіальною швидкістю.

**Ключові слова:** Взаємно кореляційна функція, ЛЧМ радіолокаційний сигнал, ефект Доплера, швидкість зміни частоти, тіло невизначеності.

## I. Вступ

У сучасних радіолокаційних системах широко використовуються сигнали з лінійною частотною модуляцією (ЛЧМ), які при великій тривалості зондувальних сигналів забезпечують високе розрізнення за дальністю за рахунок їх стиснення. Збільшення величини бази ЛЧМ сигналу, що використовується у радіолокаційній системі, підвищує її потенційні інформаційні можливості – кількість, точність, детальність, достовірність радіолокаційної інформації тощо. При традиційній моно імпульсній радіолокації ЛЧМ сигналами виникає невизначеність дальність – швидкість цілей. Для вирішення проблеми невизначеності дальність – швидкість цілей у роботі [1] запропонований алгоритм оцінки дальності за методом максимальної правдоподібності на основі лінійної фільтрації одиничних зміщень (через ефект Доплера) вимірів дальності з побудовою траєкторії польоту цілі на основі поліноміальної моделі. Автор роботи [2] пропонує вагове оброблення у часовій та частотній областях для зменшення енергетичних втрат і зниження рівня бокових пелюсток (зумовлених доплерівським зміщенням частоти) авто кореляційної функції ЛЧМ сигналу. У роботі [3] розглядаються, зокрема, функції неузгодженості для ЛЧМ сигналів обмеженої бази у вудвордському наближенні та узагальнення їх на ЛЧМ сигнали з дуже великою базою. Особливістю відомих робіт [1-3 та ін.] є те, що ефект Доплера враховується як просте зміщення усіх частот ЛЧМ зондувального сигналу. Таке наближення призводить до того, що при використанні ЛЧМ сигналів з великою базою не враховується спотворення зумовлене ефектом Доплера, моделюючої функції (швидкість зміни частоти, параметр модуляції) зондувального ЛЧМ сигналу.

## II. Взаємно кореляційна функція та її аналіз

Методами математичного аналізу з використанням заміни змінних та інтегралів Френеля отримано взаємно кореляційну функцію імпульсного ЛЧМ радіолокаційного ехо – сигналу з урахуванням впливу ефекту Доплера на зміщення частоти й параметра модуляції та описано її тіло невизначеності. За допомогою прикладних програм “Maple” побудовано аксонометричне зображення тіла невизначеності функції взаємної кореляції прийнятого ЛЧМ сигналу з урахуванням ефекту Доплера та його переріз уздовж гребеня. Показано, що урахування спотворення (зумовленого ефектом Доплера) швидкості зміни частоти ЛЧМ сигналу, який відбивається від рухомої цілі, дає

математичну залежність розрізняльної здатності за радіальною швидкістю від бази ЛЧМ сигналу: зростання бази ЛЧМ сигналу призводить до покращання розрізняльної здатності за радіальною швидкістю.

Як приклад, розрахована розрізнявальна здатність за радіальною швидкістю багатфункціональної РЛС AN/FPS-108 американської системи контролю космічного простору, у якій використовується ЛЧМ зондувальний сигнал з початковою частотою 1200 МГц, дев'яцією частоти 200 МГц й тривалістю 1,5 мс. Розрахована розрізнявальна здатність становить 860 м/с, що є інформативним для радіолокаційної оцінки радіальної швидкості космічних об'єктів.

## III. Висновки

1. Отримано взаємно кореляційну функцію імпульсного ЛЧМ радіолокаційного ехо – сигналу з урахуванням впливу ефекту Доплера на швидкість зміни його частоти побудовано її тіло невизначеності.

2. Показано, що повне врахування доплерівського ефекту на радіолокаційний ЛЧМ сигнал створює можливість зменшення невизначеності дальність – швидкість й суттєвого підвищення розрізняльної здатності РЛС за радіальною швидкістю цілей. Розрізнявальна здатність за радіальною швидкістю цілей моно імпульсної РЛС із ЛЧМ зондувальним сигналом обернено пропорційна базі цього сигналу.

3. При значеннях бази ЛЧМ сигналу більше  $10^5$  виникає практична можливість моно імпульсного оцінювання дальності радіолокаційних цілей за часом затримки стиснутого ЛЧМ сигналу й радіальної швидкості – за величиною зміни його параметра модуляції.

## IV. Список літератури

- [1]. Волочков Е. Б. Измерение дальности ЛЧМ сигналом при неизвестной доплеровской частоте /Е. Б. Волочков// Радиотехника. 1991. -№11. –С.17-19.
- [2]. Трухачев А. А. Радиолокационные сигналы и их применение/ А. А. Трухачев. – М.: Воениздат, 2005. – 320 с.
- [3]. Радиозлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник/Под ред. Я. Д. Ширмана. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.

## MUTUAL CORRELATION FUNCTION OF LINEAR FREQUENCY MODULATED (LFM) SIGNAL WITH DOPPLER EFFECT

Fomin N. P.

Department of Higher and Applied Mathematics, Zhytomyr  
National Agroecological University, Zhitomir, Ukraine

*The function for mutual correlation of impulse linear frequency modulated (LFM) radar echo signal with Doppler Effect resulting bias and velocity of its frequency change is derived as well as ambiguous field by mathematic analysis means. As it was shown, the stated allows avoiding undefined “range-velocity” targets and enhancing radar resolution capability by its range and radian velocity.*