

## **ШВИДКОДІЮЧИЙ МЕТОД КОМПЕНСАЦІЇ ЗАВАД В СИСТЕМАХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

На сьогодні системи та комплекси таких галузей, як телекомунікації, радіолокація, зв'язок, радіоастрономія та навігація, функціонують у складній електромагнітній обстановці (ЕМО). Характерною ознакою складної ЕМО є дія великої кількості внутрішньо– та зовнішньосистемних завад. Ефективне вирішення цієї проблеми реалізується використанням цифрових багатопелюсткових інтелектуальних антен.

Основна увага на даний час приділяється питанням збільшення ефективності та покращення якісних і кількісних показників радіосистем, що пов'язано з повноцінним використанням радіочастотного ресурсу, підвищенням енергетичного потенціалу радіоліній при дотриманні існуючих норм електромагнітної сумісності та електромагнітної екології. Все це досягається за рахунок адаптивної просторово-часової (просторово-поляризаційної) обробки сигналів, що можливо реалізувати тільки за рахунок використання відповідних антенних решіток. Застосування антенних решіток зумовлено наступними причинами. Решітки з  $N$  елементів дозволяють збільшити приблизно в  $N$  разів коефіцієнт направленої дії і, відповідно, підсилення антени у порівнянні з одиночним випромінювачем, а також звузити промінь для підвищення точності визначення кутових координат джерела випромінювання. За допомогою решіток вдається підвищити електричну міцність антени і збільшити рівень випромінюваної (прийнятої) потужності шляхом розміщення в каналах решіток незалежних підсилювачів височастотної енергії.

У загальному випадку доцільно виділити два типи інтелектуальних багатопелюсткових антен: з перемиканням променів та адаптивні. Застосування антен з перемиканням променів є більш простим у порівнянні з адаптивними антенами. Такий тип решіток забезпечує значне збільшення ємності радіоелектронних систем порівняно з однопелюстковими антенами. Якщо число приймальних каналів перевищує число діючих завад, відповідним вибором вагових коефіцієнтів можливо здійснити когерентне міжелементне накопичення сигналу і компенсацію завад, що приходять з інших напрямків. При цьому формується діаграма спрямованості (ДС) приймальної антени, у якій головна пелюстка спрямована в напрямку приходу корисного сигналу, а в напрямках на джерела завад утворюються провали.

Вагові коефіцієнти, необхідні для адаптивної просторової обробки, можуть бути сформовані за певними алгоритмами за допомогою відповідного процесора. Критерії оптимізації при обчисленні вагових коефіцієнтів у даному процесорі також залежать від кількості відомостей про прийнятий сигнал. Наприклад, може бути відомий напрямок на джерело сигналу. У цьому випадку необхідно так обчислювати вагові коефіцієнти, щоб забезпечити на виході максимум відношення сигнал-завада.

Якщо відома структура сигналу, але невідомий напрямок, то необхідно обчислювати вагові коефіцієнти так, щоб середньоквадратична помилка між очікуваною оцінкою і сигналом, що приймається, була мінімальна. Можуть бути випадки, коли невідомі ні структура прийнятого сигналу, ні напрямок. У цьому випадку можна так встановити вагові коефіцієнти, щоб рівень завад на виході був мінімальний. Критеріями при синтезі алгоритмів формування вагових коефіцієнтів можуть бути мінімум середньоквадратичної помилки, мінімум вихідної напруги (потужності), максимум відношення сигнал-завада. Методи, що використовуються при синтезі цих алгоритмів, можуть бути різними. Найбільше застосування знаходять градієнтні методи, перспективними є також прямі методи оцінки оптимальних вагових коефіцієнтів, засновані на безпосередньому зортанні кореляційної матриці.

В роботі виконано дослідження швидкодіючого імітаційного методу компенсації завад при застосуванні цифрових антенних решіток з багатопелюстковою ДС. Запропоновано формувати ДС з використанням алгоритму швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Висока точність формування ДС основного та компенсаційного каналів забезпечується стабільністю процедури ШПФ при ідентичності характеристик приймальних каналів АР. В результаті застосування ШПФ формується еквівалентна багатопелюсткова діаграма спрямованості, що перекриває сектор просторового огляду  $180^\circ$  і забезпечує високу швидкодію. Аналіз результатів показав, що використання запропонованого імітаційного методу значно підвищує швидкодію роботи системи при ефективній компенсації завад.

### **Список використаних джерел**

1. Tsyporenko V. V., Tsyporenko V. G., Nikitzuk T. M. (2019). Optimization of direct digital method of correlative-interferometric direction finding with reconstruction of spatial analytical signal. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 3, 15–24.