

УДК 65.012.32:399.5

Бугрова Т.І.,¹ Денека М.А.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

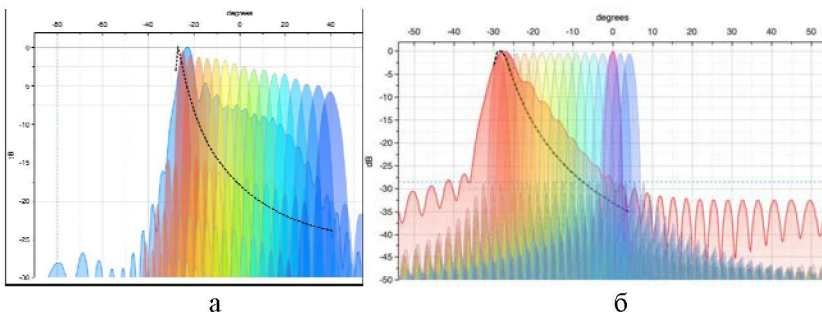
² студ. гр. РТ-211м НУ «Запорізька політехніка»

ВІДНОВЛЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФАР ЗА НАЯВНОСТІ В НІЙ ДЕФЕКТНИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ

На протязі останніх років майже всі сучасні РЛС будуються за допомогою цифрових фазованих антенних решіток, які забезпечують як зниження собівартості виробництва, так і отримання більшого функціоналу, ніж технології, які використовують сталу апертуру.

В роботі пропонується новий кореляційний алгоритм для розрахунку комплексних коефіцієнтів розподілу поля решітки з подальшим синтезом діаграми спрямованості (ДС) ФАР для них, що надає можливість збільшити максимальну дальність зони виявлення РЛС і який використовує для оцінки параметри ідеальної зони виявлення та формує фазові коефіцієнти випромінювачів передавальної решітки.

Цей алгоритм також використовується для коригування ДС ФАР у випадку пошкодження випромінювачів антенного полотна, що є важливим безпосередньо під час бойових дій або на бойовому чергуванні, тобто, функціонує без переривання роботи РЛС. Це має значення для підвищення обороноздатності нашої країни. На рис.1,а зображено реальну синтезовану діаграму типу косеканс квадрат.



а – ДС приймальної решітки(кольорові промені); б – профіль ідеальної косеканс-подібної функції (---).

Рисунок 1 – Теоретична ДС косеканс квадрат (---), реальна ДС косеканс квадрат функції (блакитна заповнююча лінія); результат обчислення ДС передавальної решітки (червона лінія), приймальних променів (різнокольорові промені) та профіль ідеальної косеканс-подібної функції (---)

Як видно з рис.1, вона істотно відрізняється від ідеального профілю через сталі значення амплітудних коефіцієнтів та обмеження у розмірах антенної решітки. Фазовий кут випромінювача φ_n розраховується за наступною формулою: $\varphi_n = \frac{2\pi}{\lambda} * d_n * \sin \theta_n$, де $\theta_n = p^{\alpha k p}$, $p = \frac{n}{N}$, d_n – відстань між сусідніми випромінювачами, n – номер випромінювача, N – кількість випромінювачів, k – сталий коефіцієнт в межах $[0,1]$; $\alpha \in [1,10]$.

Нажаль, неможливо аналітично розрахувати найкращі значення фазових коефіцієнтів решітки, тому доречно застосувати алгоритм перебору значень, з розрахунком величини коефіцієнту кореляції між отриманою та ідеальною діаграмами спрямованості. Алгоритм базується на паралельних обчисленнях, його ідея полягає в тому, що в кожному потоці обчислюється ДС по вхідним коефіцієнтам з лише одним змінним фазовим коефіцієнтом.

В залежності від розрядності фазообертачів (3 або 4 біта), обчислюється $2^p * N$ діаграм спрямованості та коефіцієнти кореляції між ними та ідеалізованим профілем, після чого обирається діаграма спрямованості, яка забезпечує найбільший коефіцієнт кореляції з ідеалізованим профілем та використовується вже як вхідна початкова ДС, після чого алгоритм повторюється циклічно N або більше разів, де N – кількість випромінювачів. Для моделювання було обрано ідеальну зону виявлення, яка обмежується наступними параметрами: максимальна відстань виявлення 500 км, максимальна висота цілей 30 км, кут огляду РЛС складає 35° (рис. 2).

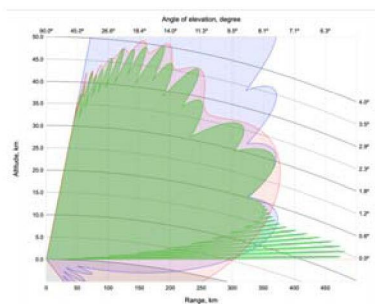


Рисунок 2 – Зона виявлення РЛС

Щодо зон виявлення, які побудовано за цими розподілами фази, то можна спостерігати, що частина неоптимізованої енергії приводить до опромінювання зайвої частини сектору виявлення при сходянковому варіанті амплітудного розподілу з відповідним зменшення максимальної дальності виявлення на 40км (11%), в той час як при косекансному розподілі амплітуд випромінювачів зона опромінювання сформована оптимальніше.

В процесі дослідження виявлено, що запропонований метод корекції не є однаково ефективним для усіх випадків пошкоджень: для підвищення ефективності алгоритму доречним є встановлення різних меж оцінки кореляції в алгоритмі задля отримання найбільшої ефективності. Якщо ж задати межі кореляції лише в діапазоні головної пелюстки ДС, то це дозволяє отримати найкращу корекцію за головною пелюсткою, але при цьому дещо зростає рівень бічної пелюстки.

Практично доведено, що застосування оригінального оптимізованого статистичного алгоритму з використанням тільки фазових коефіцієнтів АФР збільшує зону виявлення РЛС на 8%, тобто, дальність виявлення цілі збільшується на 25 км, водночас вдалося зменшити рівень бічних пелюсток у більшості випадків на 5 дБ, за умови глибокої оптимізації рівня випромінювання за кутом місця.

Алгоритм розрахунку ДС передавальної решітки дозволяє виконувати оперативне відновлення спотвореної зони виявлення РЛС, якщо таке спотворення є наслідком фізичного або електричного пошкодження частини полотна ФАР.

Особливо це є актуальним для виявлення мікророзмірних БПЛА. І безперечною перевагою запропонованого в роботі методу корегування фазового розподілу поля у апертурі передавальної решітки є можливість відновлення зони виявлення РЛС у кутомісцевій площині без переривання роботи РЛС.