

6. *Радиотехнические системы передачи информации: учеб. пособие [для вузов] / [Борисов В.А., Калмыков В.В., Ковальчук Я.М. и др.]; под ред. В.В. Калмыкова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.: ил.*

Рецензент: Толюпа С.В.
Надійшла 14.12.2011

УДК 621.396.1

Толюпа С.В., Дружинін В.А., Гордієвський О.Т.
ГУІКТ

РОЗПІЗНАВАННЯ ГРУПОВИХ ОБ'ЄКТІВ У БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ

Рознесення в просторі й синхронізація функціонування структурних елементів багатопозиційних систем оперативного супроводження (БПСОС) дозволяє знаходити додаткові можливості щодо покращення характеристик визначення ознак групового складу повітряних об'єктів. Відомо [1], що важливим напрямком вирішення даної задачі є зменшення імпульсного об'єму зондувальних сигналів радіолокаційних станцій (РЛС), для чого необхідна реалізація механізмів їх стиску за тривалістю в приймальних пристроях системи, а також зменшення ширини діаграми спрямованості антени (ДСА) в кутомісцевій та азимутальній площинах. Якщо здатність РЛС щодо розрішення за дальністю визначається на етапі проектування кожного конкретного радіолокаційного засобу, то розрішення цілі за кутовими координатами, яка залежить від ширини ДСА однопозиційного засобу, може бути покращена також і в процесі експлуатації за допомогою об'єднання окремих РЛС у систему й оптимальною організацією їх спільного функціонування. При оперативному супроводженні повітряних об'єктів, для зручності опису їх відбиваючих здатностей, в умовах багатопозиційного спостереження, доцільне введення поняття багатопозиційної ефективної площі відбиття (БП ЕПВ). Якщо сигнали, випромнені різними передавальними позиціями, приходять на вхід прийомної позиції із запізнюванням відносно один одного більш ніж на величину $\frac{1}{\Delta f}$, де Δf - ширина спектра сигналу, БП ЕПВ являє собою матрицю розмірності $n \times m$.

$$\sigma_{m(i)} = \begin{pmatrix} \sigma(\vartheta_{1,1}) & \sigma(\vartheta_{1,2}) & \dots & \sigma(\vartheta_{1,m}) \\ \sigma(\vartheta_{2,1}) & \sigma(\vartheta_{2,2}) & \dots & \sigma(\vartheta_{2,m}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma(\vartheta_{n,1}) & \sigma(\vartheta_{n,2}) & \dots & \sigma(\vartheta_{n,m}) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Елементами матриці (1) є моностатичні, бістатичні й тіньові ефективні площі відбиття (МЕПВ, БЕПВ, ТЕПВ). Вони відповідають випадку коли станції прийому та передачі розташовані відповідним чином: МЕПВ – станції прийому та передачі просторово сполучені; БЕПВ - станції прийому та передачі просторово рознесені; ТЕПВ - станції прийому та передачі просторово рознесені так, що кут між напрямками візування на об'єкт із обох станцій близький до 180 градусів. Рядки матриці описують відбивні властивості повітряної цілі відносно m приймальних позицій при випромінюванні i - передавальної позиції $i = 1, n$, а стовпці відносно j - приймальної позиції $j = 1, m$ при випромінюванні n передавальних.

Таке математичне трактування МП ЕПВ має на увазі наступний її фізичний зміст: МП ЕПВ - це сукупність $n \times m$ ізотропних, (принаймні, у межах апертури прийомних антен)

відбивачів, розміщених на місці цілі, що й створюють (з урахуванням напрямку опромінення) у напрямку приймання потужність на одиницю тілесного кута, як і реальна повітряна ціль. Також передбачається, що відстань від прийомних станцій до цілі досить велика, і прийняту радіохвилю можна вважати плоскою й однорідною. Таким чином, у випадку багаторакурсного спостереження об'єкта, його відбивні властивості описуються в загальному випадку сукупністю БЕПВ. За аналогією з вищевикладеним, МП ЕПВ може бути диференціальною й інтегральною. У першому випадку в якості елементів матриці (1) використовуються диференціальні ЕПВ, а в другому - інтегральні. Якщо передавальні позиції функціонують на одній частоті й зондувальні сигнали одночасно опромінюють об'єкт спостереження, то матриця МП ЕПВ (1) трансформується у вектор розмірності m . Це відбувається через те, що зондувальні сигнали передавальних позицій складаються на об'єкті, і кожна приймальна позиція отримує не n сигналів, а один. У цьому випадку всю сукупність передавальних позицій БПСОС можна розглядати у вигляді однієї еквівалентної станції.

Стосовно до МЕПВ і БЕПВ правомірне застосування теореми про їхню еквівалентність. Використовуючи введене поняття багатопозиційної ЕПВ, можна сформулювати твердження про еквівалентність матриці багатопозиційної ЕПВ відповідно матриці аналогічної розмірності, елементами якої є МЕПВ [1]

У теорії радіолокації, є ряд підходів до розв'язання задачі розпізнавання типу об'єктів спостереження. Однак розв'язати її із прийнятним рівнем імовірності в багатьох випадках не вдається. Тому важливо відзначити, що матриця (1) за своєю суттю являє собою радіолокаційний портрет об'єкта спостереження й може бути використана для вирішення задачі розпізнавання в БПСОС [2].

Пропонований метод розпізнавання заснований на порівнянні поточних оцінок ЕПВ виявленого об'єкта з еталонними діаграмами ЕПВ апріорно відомих об'єктів. При оперативному спостереженні об'єкта багатопозиційною радіолокаційною системою, що полягає з m позицій, з яких n - приймальнопередавальні, а $(m-n)$ - приймальні, оцінки ЕПВ об'єкта являють собою матрицю, де відомими є значення елементів та бістатичні кути, при яких вони виміряні. База даних еталонних діаграм ЕПВ повинна виражатися у вигляді такої залежності:

$$\sigma(\phi, \varepsilon, \phi_\rho, \varepsilon_\rho), \phi \in [0, 2\pi], \varepsilon \in [-\pi/2, \pi/2], \phi_\rho \in [0, 2\pi], \varepsilon_\rho \in [-\pi/2, \pi/2]. \quad (2)$$

Тоді алгоритм роботи системи розпізнавання буде полягати в наступному. Перед початком функціонування БПСОС із блоку керування в базу даних еталонів надходить інформація про перелік розвідувальних об'єктів ρ і можливі ракурси їх спостереження $[\phi_1, \phi_2]$ та $[\varepsilon_1, \varepsilon_2]$. Сюди ж у процесі функціонування БПСОС надходять поточні дані про бістатичні кути спостереження об'єкта $\phi_{\rho ij}, \varepsilon_{\rho ij}, i = 1, n, j = 1, m$, що виявляються. Відповідно до цієї інформації база даних видає вибірки з еталонних діаграм

$$\sigma_l(\phi, \varepsilon, \phi_\rho, \varepsilon_\rho), l = 1, \rho, \phi \in [\phi_1, \phi_2], \varepsilon \in [\varepsilon_1, \varepsilon_2], \phi_\rho = \phi_{\rho ij}, \varepsilon_\rho = \varepsilon_{\rho ij}, i = 1, n, j = 1, m, \quad (3)$$

вони надходять на блок порівняння; туди ж надходять поточні значення ЕПВ виявленого об'єкта $\sigma_0(\phi_0, \varepsilon_0, \phi_{\rho ij}, \varepsilon_{\rho ij}), i = 1, n, j = 1, m$. У блоці проводиться порівняння еталонних і поточних ЕПВ; результати порівняння A_l надходять у блок аналізу, де відповідно до алгоритму

$\max_{I \in P}(A_i)$ або $\min_{I \in P}(A_i)$ ухвалюється рішення про приналежність виявленого об'єкта певному типу.

Розрахунки, проведені з використанням даного алгоритму розпізнавання стосовно до реальних об'єктів, підтверджують можливість розпізнавання типу об'єкта з досить високою ймовірністю [2].

Розглянутий алгоритм може бути вдосконалений шляхом уточнення ухваленого рішення за рахунок збільшення здатності розрішення БПСОС за кутовими координатами у випадку можливої локації групових повітряних цілей. Дане припущення про груповий склад об'єкта може бути винесене в процесі аналізу її радіолокаційного портрета й порівняння його з еталонами. У цій ситуації доцільна реалізація механізму підвищення відповідної здатності розрішення БПСОС за рахунок використання «багатоточкового» прийому й наступної обробки відбитого від цілі сигналу. Процес вибору й синхронізація роботи конкретних «точок» прийому БПСОС можуть бути алгоритмізовані залежно від розглянутої ситуації (припущення про груповий характер аналізованого об'єкта) і геометрії польоту цілі.

Розглянемо загальні підходи до реалізації механізму покращення здатності розрішення БПСОС за кутовими координатами у випадку приймання відбитого від цілі сигналу двома прийомними пристроями БПСОС, рознесеними на відповідну базову відстань. Умовимося, що структурно гіпотетична БПСОС буде складатися із N РЛС, центрального пункту збору та обробки інформації (ЦПЗОІ), який інтегрований з пунктом управління системи (ПУ).

Прийняті сигнали в ЦПЗОІ БПСРЛ підсумовуються, підсилюються й після квадратичного детектування усереднюються вихідним реєструючим обладнанням (рис. 1).

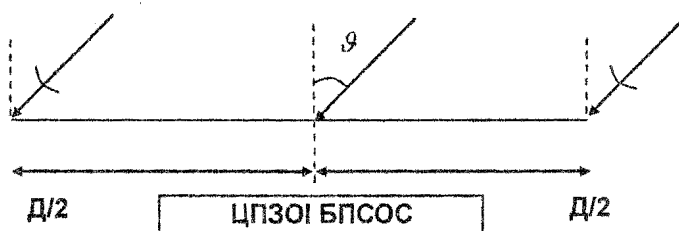


Рис. 1 Схема приймання відбитого від цілі сигналу двома прийомними пристроями БПСОС

Таким чином, якщо напруженості полів, прийнятих антенами від точкового джерела, рівні відповідно $AF(\vartheta)\sin\omega t$ й $AF(\vartheta)\sin(\omega t + \varphi)$ (тут $F(\vartheta)$ - діаграма спрямованості антени за напруженістю поля; ϑ - кут з нормаллю до базової лінії; $A = const$, оскільки ми вважаємо, що відстань до джерела багато більше D и тому амплітуди полів в антенах приймаючих РЛС однакові, $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} D \sin(\vartheta)$, та потужність сигналу на виході обладнання дорівнює [3]:

$$P(\vartheta) = \langle [AF(\vartheta)\sin\omega t + AF(\vartheta)\sin(\omega t + \varphi)]^2 \rangle = A^2 F^2(\vartheta) \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} D \sin\vartheta\right) \right]. \quad (4)$$

т.ч. прийомна діаграма спрямованості за потужністю в цьому випадку дорівнює

$$F_n(\vartheta) = F(\vartheta) \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} D \sin \vartheta \right) \right], \quad (5)$$

де $F(\vartheta)$ - діаграма за потужністю одиночної антени.

Якщо кути ϑ невеликі й можна вважати $\sin \vartheta \approx \vartheta$, то

$$F_n(\vartheta) = F(\vartheta) \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} D \vartheta \right) \right], \quad (6)$$

т.ч. діаграма спрямованості являє собою багатопелюсткову структуру з однаковими відстанями між сусідніми максимумами й нулями, яка обгинається $F(\vartheta)$ - діаграмою окремої антени в розглянутому випадку.

Таким чином, розрішення при двопозиційнім прийманні сигналу за кутом ϑ , тобто ширина пелюстки на рівні половинної потужності, дорівнює

$$\Delta \vartheta_n = \lambda / 2D, \quad (7)$$

що відповідає розрішенню суцільної апертури діаметром $2D$, тобто розрішення у цьому випадку вдвічі краще розрішенню суцільної апертури того ж діаметра D .

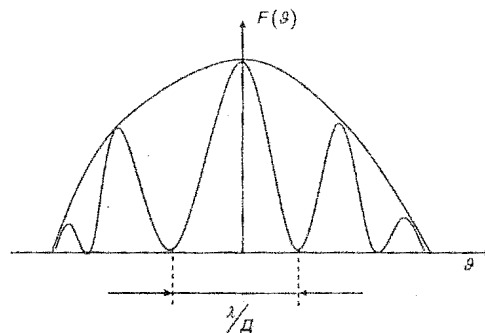


Рис. 2 Діаграма спрямованості синтезованої антени при двопозиційному прийомі

Однак настільки високе розрішення в даному випадку можна реалізувати для визначення координат точкового джерела в цілі групового складу, але не для аналізу розподілу радіояскравості (радіолокаційного зображення) протяжного об'єкта в цьому ж складі. Для даного виміру з розрішенням λ/D (за кутом ϑ при постійному напрямку бази) необхідна реєстрація всіх просторових частот від нуля до D/λ , тобто використання змінної відстані між антенами БПСОС, реалізованою конкретною конфігурацією побудови системи та алгоритмами регламентації функціонування її складових.

Розглянута процедура дозволяє одержати більш деталізований радіолокаційний портрет повітряної цілі, яка підпадає під класифікацію й відповідно максимально підвищити ймовірність її правильного розпізнавання.

Підводячи підсумок розглянутого, можливо стверджувати, що найбільш актуальними шляхами реалізації потенційних характеристик визначення ознак групового складу повітряних об'єктів у БПСОС є:

- розширення банку даних еталонів діаграм розсіювання повітряних цілей;
- розробка оптимальних алгоритмів підвищення здатності розрішення БПСОС за кутовими координатами у випадку локації повітряних цілей групового складу;
- застосування в БПСОС, у перспективі, коротких (до нанометрових) або модифікованих частотно (фазо)-модульованих (маніпульованих) зондуючих сигналів,

використання яких дозволить забезпечити суттєве підвищення здатності розрішення системи за дальністю;

- розробка оптимальних алгоритмів регламентації функціонування РЛС у складі БПСОС за умов складної сигнально-завадової обстановки.

Література

1. Самойлов С.И. Измерение бистатистических эффективных поверхностей рассеяния сложных объектов // *Электромагнитные волны и радиоэлектронные системы*. - 2000. - Т5, № 2. - С. 64-68.
2. *Вопросы перспективной радиолокации. (Монография) / [Под ред. А.В. Соколова]. - М.: Радиотехника, 2003. - 512 с.*
3. Цейтлин Н.М. *Антенная техника и радиоастрономия*. - М.: «Сов. радио», 1976. - 352 с.

Рецензент: Ленков С.В.

Надійшла 21.12.2011

УДК 621.372

Козловский В.В.
ГУИКТ

ДВЕНАДЦАТИПОЛЮСНИКИ НА ОСНОВЕ СВЯЗАННЫХ НЕРЕГУЛЯРНЫХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ

Четырёхполосники и шестиполосники, образованные из двенадцатиполосника

Свойства двенадцатиполосника весьма разнообразны. Ряд устройств СВЧ систем защиты информации (фильтры, направленные ответвители, корректирующие цепи и т.д.) представляют собой четырёх-, шести- или восьмиполосники. Поэтому представляет интерес определение параметров данных устройств через параметры двенадцатиполосника. Недействующие плечи двенадцатиполосника можно нагрузить комплексными нагрузками, которые улучшают характеристики устройств. Рассмотрим возможные варианты таких устройств и получим их матрицы сопротивлений.

Элементы матрицы сопротивлений, описывающих четырёх (шести) - полосники, определяются из сопоставления элементов матрицы сопротивлений исходного двенадцатиполосника и образуемого четырёх (шести) полосника.

Ниже приводятся ряд схем четырёх (шести) - полосников, образованных из симметричного относительно горизонтальной линии распределённого двенадцатиполосника. Двенадцатиполосник представляет собой три одинаковых связанных нерегулярных линии передачи со смежной связью. Аналогично можно получить формулы для определения матрицы сопротивлений восьмиполосников. Полученные выражения позволяют осуществлять анализ и синтез широкого класса многополосников различного назначения.

Используемые обозначения: \bar{Z}_{mn} - элементы матрицы сопротивлений производного многополосника, $Z_{mn}^{(k)}$ - элементы матрицы сопротивлений одиночных нерегулярных линий, $k = 1, 2, 3$.