

УДК 621.396

І.І. Опанасюк

Науковий центр Сухопутних військ, Львів

ВИКОРИСТАННЯ АНТЕННИХ РЕШІТОК ІЗ ОБРОБКОЮ СИГНАЛІВ У РЛС БЛИЖНЬОЇ ДІЇ ДЛЯ ЯКІСНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ У СКЛАДНІЙ ЗАВАДОВІЙ ОБСТАНОВЦІ

Розглянуто можливість використання у радіолокаційних станціях наземної розвідки антенних решіток із обробкою сигналів, які функціонують у складній завадовій обстановці. Запропоновані антенні решітки, що здатні формувати керовані у просторі провали та головні пелюстки у діаграмі спрямованості. Запропоновано формувати провали діаграми спрямованості у напрямку дії завади.

Ключові слова: діаграма спрямованості антенної решітки, інваріантна обробка сигналу, керований провал діаграми спрямованості, антенна решітка.

Вступ

Постановка задачі. Для ведення радіолокаційної розвідки у підрозділах військової розвідки Сухопутних військ України використовують застарілі радіолокаційні станції наземної розвідки (СБР-3 та ПСНР-5). У цих станціях пеленгація напрямку на радіолокаційні цілі здійснюється методом максимуму діаграми спрямованості антени шляхом механічного повороту антени. Такий спосіб не дає змоги точного визначення напрямку на об'єкт та не забезпечує швидкого пошуку цілей, крім того, ці станції не відповідають сучасним вимогам щодо роботи у складній завадовій обстановці.

Щоб усунути такий недолік необхідно використати антенну решітку, яка здатна формувати керовані за напрямком головні пелюстки та провали у діаграмі спрямованості. В якості такої антени можливо використати антенну решітку із інваріантною обробкою сигналів [1 – 5]. Така антенна решітка здатна формувати керовані у просторі дві пелюстки та один провал у діаграмі спрямованості антенної решітки. Використання таких властивостей дозволить реалізувати моноімпульсний метод пеленгації, причому положення рівносигнального напрямку визначається амплітудно-фазовим розподілом на апертурі антени, що дозволить автоматично оглядати заданий сектор у просторі.

Аналіз літератури. У роботах [1 – 3], введено поняття ІАР, показано основні методи синтезу ДС ІАР та їх властивості, при чому амплітудно-фазовий розподіл електромагнітної хвилі на розкритті апертури антени формується за допомогою керованих ліній затримок. Це дозволяє формувати широкосмугові провали у діаграмі спрямованості антени. Поряд із перевагами такої антенної решітки є і серйозні недоліки, це складність реалізації керованих ліній затримок на високих частотах з досить великою точністю встановлення часу затримки, так як від точності встановлення часу затримки залежить напрям

та глибина сформованого провалу у діаграмі спрямованості антени [5]. Для роботи радіолокаційних станцій немає необхідності використовувати керовані лінії затримки (саме вони дозволяють працювати у широкій смузі частот) [6, 7], для формування необхідного амплітудно-фазового розподілу на розкритті апертури антени радіолокаційної станції достатньо використати керовані фазообертачі. У роботі [8] запропоновано алгоритм синтезу плоскої ІАР з використанням керованих фазообертачів, що дозволяє формувати просторовий керований нуль в діаграмі спрямованості. Дана антенна решітка дозволяє формувати керовані у просторі промені та провали у діаграмі спрямованості антени.

Таким чином, **метою роботи є** аналіз можливості використання антенної решітки із інваріантною обробкою сигналів для радіолокаційних станцій наземної розвідки, які функціонують у складній завадовій обстановці.

Основна частина

Синтез інваріантних антенних решіток (ІАР) на променевій основі проведено у [2, 3]. ІАР утворюється із L антенних підрешіток, на виході яких включено фільтри, які потім з'єднані спільним суматором. Вираз діаграми спрямованості такої антени має вигляд:

$$F_{\text{iar}}(\theta, \varphi_{m1}, \varphi_{m2}, \varphi_{01}) = \begin{vmatrix} F_{11}(\theta, \varphi_{m1}) & F_{12}(\theta, \varphi_{m2}) \\ \Phi_{21}(\varphi_{01}, \varphi_{m1}) & \Phi_{22}(\varphi_{01}, \varphi_{m2}) \end{vmatrix}, \quad (1)$$

де $F_{11}(\theta, \varphi_{m1})$ – діаграма спрямованості l -ї антенної підрешітки ($l \in 1 \dots L$), де L – кількість антенних підрешіток; θ – поточна кутова координата.

Вирази базових фільтрів записуються наступним чином:

$$\Phi_{11}(\varphi_{01}, \varphi_{m1}) = \sum_{n=0}^{N-1} A_n \cdot e^{j \cdot n \cdot (\varphi_{01} - \varphi_{m1})}, \quad (2)$$

де $\varphi_{01}, \varphi_{m1}$ – фазовий розподіл на апертурі антени для формування провалу та головної пелюстки діаг-

рами спрямованості антени у заданому напрямку; A_{nl} – значення вагового коефіцієнта амплітудного розподілу n -го елемента у 1-й антенній підрешітці; n – поточний номер антенного елемента підрешітки $n \in 0 \dots N-1$; N – кількість елементів у антенній підрешітці.

Вираз діаграми спрямованості антенних підрешіток записується наступним виразом [2, 3]:

$$F_{11}(\theta, \varphi_{ml}) = \sum_{n=0}^{N-1} A_{nl} \cdot e^{j \cdot n \cdot (\varphi - \varphi_{ml})}, \quad (3)$$

де φ_{ml} – фазовий розподіл електромагнітної хвилі для формування головного максимуму 1-ю антенної підрешіткою.

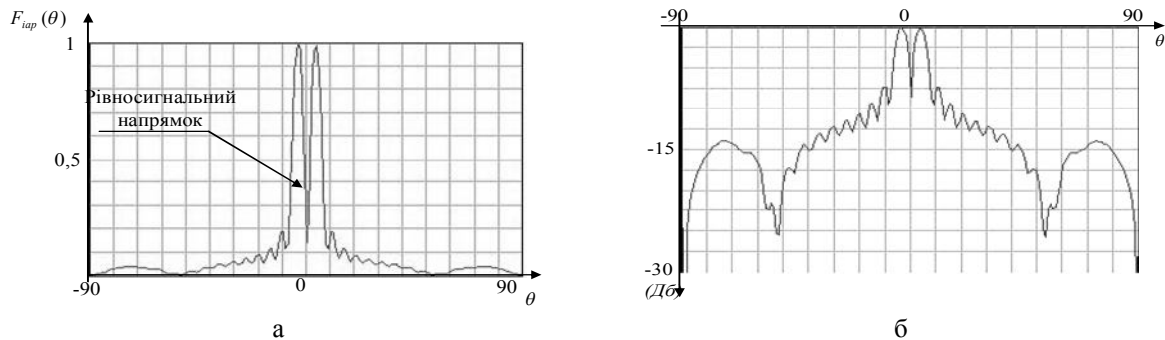


Рис. 1. Діаграма спрямованості АР для реалізації моно імпульсного методу пеленгації: а – амплітудна діаграма спрямованості; б – логарифмічна

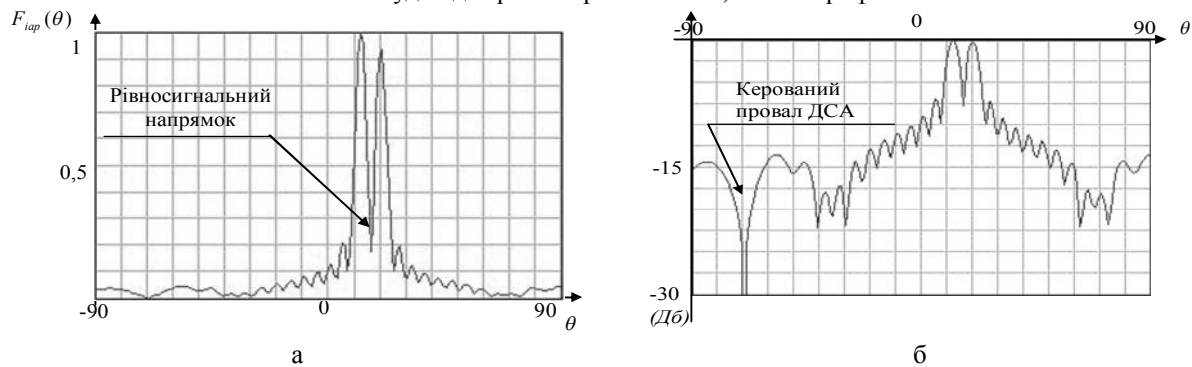


Рис. 2. Діаграма спрямованості АР із керованим положенням рівносигнального напрямку: а – амплітудна діаграма спрямованості; б – логарифмічна

Виходячи із вищенаведеного, при дії на РЛС потужної завади по дальніх бокових пелюстках діаграми спрямованості антенна решітка дозволяє формувати парціальні діаграми спрямованості, при чому їх положенням можливо керувати електронним способом, а у напрямку дії завади формувати керований у просторі провал. У випадку дії завади по перших бічних пелюстках, формування керованого провалу діаграми спрямованості у цьому напрямку не дозволяє формувати рівносигнальний напрямок (рис. 3). При дії завади по перших пелюстках діаграми спрямованості антени сформувати рівносигнальний напрямок не можливо, тому напрямку на радіолокаційну ціль можливо визначити методом максимуму, а у напрямку перешкоди сформувати другу пелюстку діаграми та провал. Вихо-

Як було зазначено вище, використовуючи властивості такої антенної решітки, провал у діаграмі спрямованості антени будемо формувати у напрямку завади, а дві пелюстки діаграми спрямованості використаємо для реалізації моно імпульсного методу пеленгації [6, 7]. Діаграма спрямованості такої антенної решітки (АР) наведена на рис. 1.

На рис. 1 видно сформовано рівносигнальний напрямок до нормалі розкриття апертури антени. Провал у діаграмі спрямованості сформовано у напрямку -89° . На рис. 2 показано можливість електронного керування положенням рівносигнального напрямку та напрямком сформованого провалу ($\theta_{рсн} = 16^\circ$, $\theta_o = -70^\circ$).

дячи із властивостей інваріантної антенної решітки, завада буде придушуватись в межах всього робочого діапазону частот антенної решітки [5] (рис. 4).

Висновок

Використання антенної решітки з інваріантною обробкою сигналів у радіолокаційній станції наземної розвідки, яка функціонує у складній заводській обстановці дозволить вести розвідку радіолокаційних цілей навіть при дії ширококутної потужної завади в межах перших бокових пелюсток діаграми спрямованості антени. Крім забезпечення можливості швидкого огляду заданого сектору у просторі та більш точного визначення напрямку на радіолокаційну ціль (методом моноімпульсної пеленгації), запропонована антенна решітка може працювати як

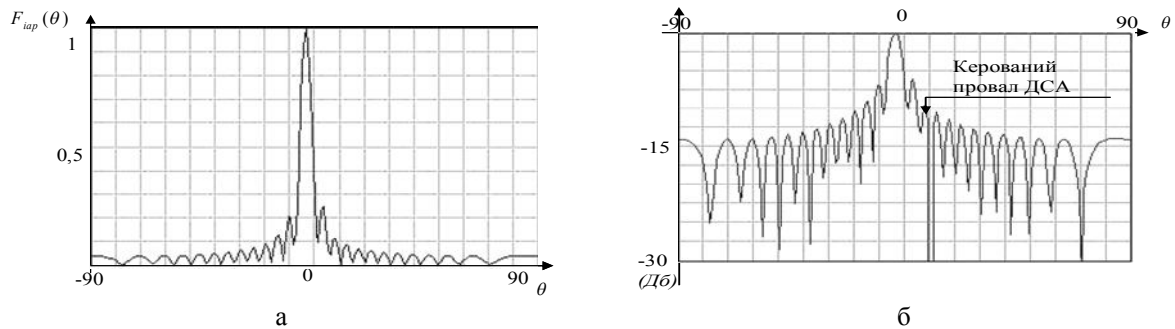


Рис. 3. Формування провалу діаграми спрямованості в першій бічній пелюстці:
а – амплітудна діаграма спрямованості; б – логарифмічна

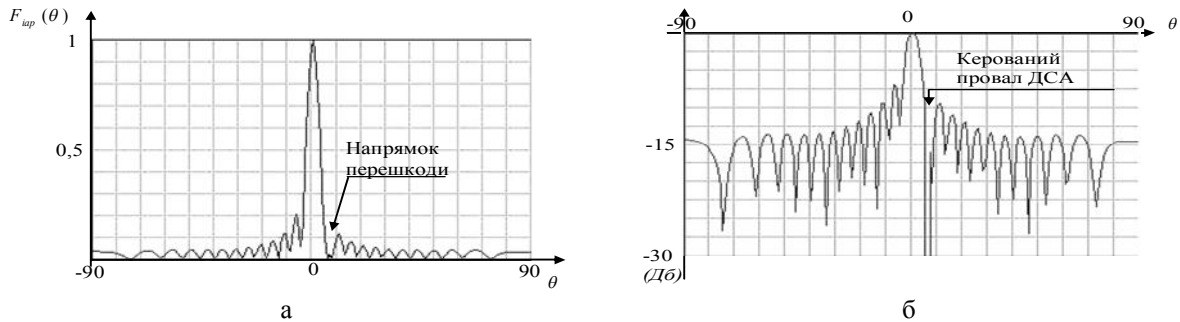


Рис. 4. Реалізація амплітудного методу пеленгації цілі при компенсуванні завади керованим провалом
в межах першої бічної пелюстки: а – амплітудна діаграма спрямованості; б – логарифмічна

смуговий фільтр в межах робочого діапазону частот, що збільшує завадозахищеність радіолокаційної станції при дії на неї широкосмугової перешкоди. Діаграма спрямованості набуває ознак частотного фільтра при формуванні провалу та одного з максимумів діаграми спрямованості в одному напрямку (напрямку на заваду). В такому випадку напрямок на радіолокаційну ціль визначатиметься методом максимуму.

Список літератури

1. Коваленко Н.В. Уравнения антенных решеток. Антенные решетки / Н.В. Коваленко. – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 1971.
2. Коваленко М.В. Синтез инвариантных антенных решеток // Вісник ЖІТІ. – Житомир: ЖІТІ, 1999. – № 9. – С. 178-184.
3. Синтез плоской инвариантной антенной решетки / М.В. Коваленко, Ю.О. Колос, С.О. Соболенко, В.М. Романчук // Зб. наук. праць. – Житомир: ЖВІРЕ, 2002. – Вып. 6. – С. 42-47.

4. Поэлементный и смешанный синтез инвариантных антенных решеток / В.В. Воротников, О.В. Зелінський, М.В. Коваленко, Ю.О. Колос, В.В. Чухов // Вісник ЖІТІ, 1999. – № 11. – С. 133-138.

5. Алгоритм вимірювання частоти ІАР / М.В. Коваленко, Ю.О. Колос, І.І. Опанасюк, С.О. Соболенко // Збірн. наукових праць ЖВІРЕ. – Житомир, 2004. – № 8. – С. 18-23.

6. Леонов А.И. Моноимпульсная радиолокация / А.И. Леонов, К.И. Фомичев. – М.: Радио и связь, 1984. – 312 с.

7. Шифрин Я.С. Антенны / Я.С. Шифрин. – Х.: ВИРТА, 1976. – 408 с.

8. Дослідження властивостей інваріантної антенної решітки із використанням керованих фазообертачів / І.І. Опанасюк // Збірник наукових праць. – Одеса: ОІСВ, 2006. – № 14. – С. 76-80.

Надійшла до редколегії 18.07.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК С ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛОВ У РЛС БЛИЗНЕГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ В СЛОЖНОЙ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКЕ

И.И. Опанасюк

Рассмотрена возможность использования антенных решеток с обработкой сигналов у станциях радиолокационной разведки функционирующих в сложных условиях помеховой обстановки. Предложенные антенные решетки способны формировать управляемые в пространстве провалы и максимумы диаграммы направленности. Предложено формировать провалы диаграммы направленности в направлении помех.

Ключевые слова: диаграмма направленности антенной решетки, инвариантная обработка сигнала, управляемый провал диаграммы направленности, антенная решетка.

APPLICATION OF SHORT-RANGE RADAR ARRAYS WITH SIGNAL PROCESSING FOR QUALITATIVE OPERATION IN COMPLICATED SIGNALLING ENVIRONMENT

I.I. Opanasyuk

The article examines application of short-range radar arrays with signal processing in complicated interference environment. The offered arrays are able to form controlled in space dips and maximums of radiation pattern. It is proposed to form the dips of antenna diagram in the direction of interference.

Keywords: antenna pattern, invariant signal processing, controlled dip of radiation pattern, array.