

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПЕЛЕНГОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ФАЗОКОРРЕЛЯЦИОННЫМИ ПЕЛЕНГАТОРАМИ

И.И. Заляцкая

Рассмотрено влияние расположения элементов пространственной антенной решетки на величину области потенциального нахождения пеленга при использовании фазокорреляционного алгоритма пеленгования. Произведено компьютерное моделирование для трех вариантов построения плоских пеленгационных антенных решеток. Результаты моделирования приведены в виде пеленгационных характеристик. Наглядно показаны возможности оптимизации пеленгационных антенных решеток путем компьютерного моделирования. При разнесении элементов исходной антенной решетки удалось уменьшить область потенциального нахождения пеленга более чем в два раза. Работа выполнена в научно-исследовательском институте цифровых систем обработки и защиты информации ЮУрГУ, научный руководитель д-р техн. наук, профессор Карманов Ю.Т.

Ключевые слова: алгоритм пеленгования, пеленгационная антенная решетка, фазокорреляционный пеленгатор.

Введение

Цифровые технологии обработки СВЧ-радиосигналов позволяют реализовать пеленгацию источника радиоизлучения (ИРИ) в широком частотном диапазоне при произвольном расположении элементов пеленгационной антенной решетки в пространстве. Это упрощает размещение таких пеленгаторов на малоразмерных объектах (самолеты, дистанционно пилотируемые летательные аппараты, ракеты и т. д.) и создает предпосылки для повышения качества их функционирования [1].

Для получения высокой точности расчета пеленга ИРИ необходимо оптимально проектировать расположение элементов пеленгационных антенных решеток (АР). Современные вычислительные средства позволяют создать математические и компьютерные модели таких пеленгаторов и промоделировать их работу с различными вариантами построения.

В настоящей статье проводится исследование пеленгационных характеристик трех вариантов пространственных решеток методом математического моделирования.

1. Постановка задачи

1.1. В пространстве выбрана заданная система декартовых координат ZXY с началом в точке O ($z=0, x=0, y=0$).

1.2. В пространстве действует ИРИ на длине волны λ . ИРИ расположен в точке M_u ($z=z_u, x=x_u, y=y_u$).

1.3. Существует пеленгационная система в виде фазокорреляционного пеленгатора с произвольным расположением элементов пеленгационной решетки. Она включает в себя [2, 3]:

– опорную антенну, диаграмма направленности которой равномерна в секторе нахождения ИРИ;

– N пеленгационных измерительных антенн, их диаграммы подобны диаграмме направленности опорной антенны.

Пеленгационная система в процессе пеленгации ИРИ проводит измерение фазовых сдвигов между радиосигналами, принимаемыми i -й пеленгационной антенной и опорной антенной – $\varphi_i(\Theta_u, \beta_u)$, $i = \overline{1, N}$, зависящие от азимута Θ_u и угла места β_u ИРИ.

По измеренным значениям фазовых сдвигов $\varphi_i(\Theta_u, \beta_u)$ в пеленгационной системе вычисляются значения $\Delta\varphi_{ij} = \varphi_i - \varphi_j, i \leq j, i = \overline{1, N}$, которые используются в пеленгационной системе для оценки значений – (Θ_u, β_u) .

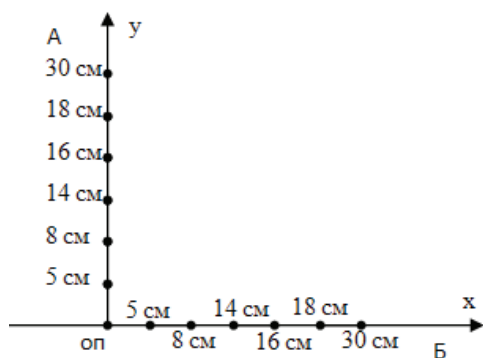


Рис. 1. Конфигурация АР

Исследуемая пеленгационная антенная решетка (АР) состоит из двух идентичных линейных решеток (назовем их подрешетка А и подрешетка Б), расположенных перпендикулярно друг к другу (рис. 1).

Требуется провести исследование влияния расположения элементов пеленгационной АР для минимизации ошибок определения пеленга.

2. Исследование пеленгационных характеристик

В соответствии с математической моделью [4] были созданы компьютерные модели [5, 6], которые позволили получить пеленгационную характеристику в виде изолиний, значение уровней измерено в дБ. Площадь

области, ограниченной уровнем 1 дБ, определяет точность вычисления пеленга (чем она меньше, тем точнее мы можем вычислить пеленг).

На рис. 3, а приведена пеленгационная характеристика сигнала со следующими параметрами: $\lambda = 10$ см, истинный пеленг – ($\alpha_{x1} = 60^\circ$, $\alpha_{y1} = -10^\circ$).

Оптимизацию АР проведем путем сравнения пеленгационной характеристики исходной АР (см. рис. 1) с двумя вариантами модифицированных АР (рис. 2). Модифицированные АР состоят из двух плоских решеток (рис. 2, а, б). Обозначим АР на рис. 2, а – II АР, на рис. 2, б – III АР.

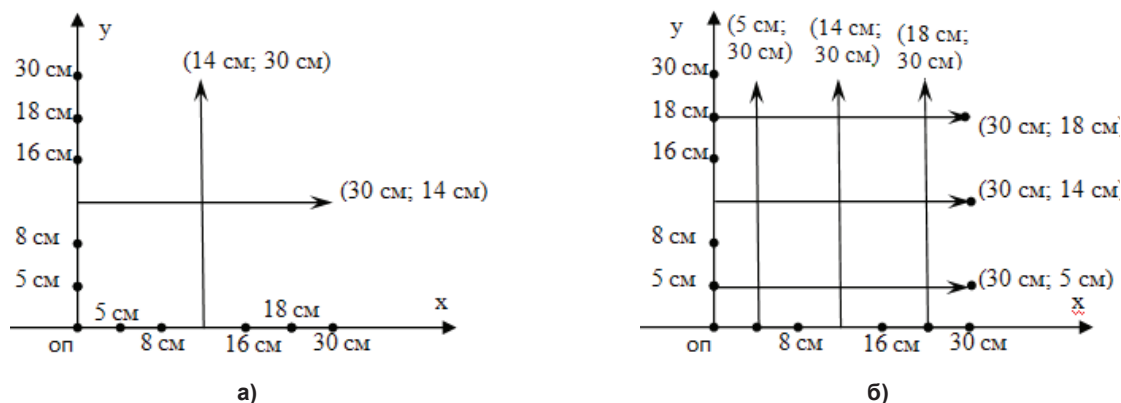


Рис. 2. Модифицированная конфигурация АР

Для того, чтобы сравнить пеленгационные характеристики II и III АР с исходной, выберем те же параметры ИРИ. Полученные пеленгационные характеристики представлены на рис. 3, б, в.

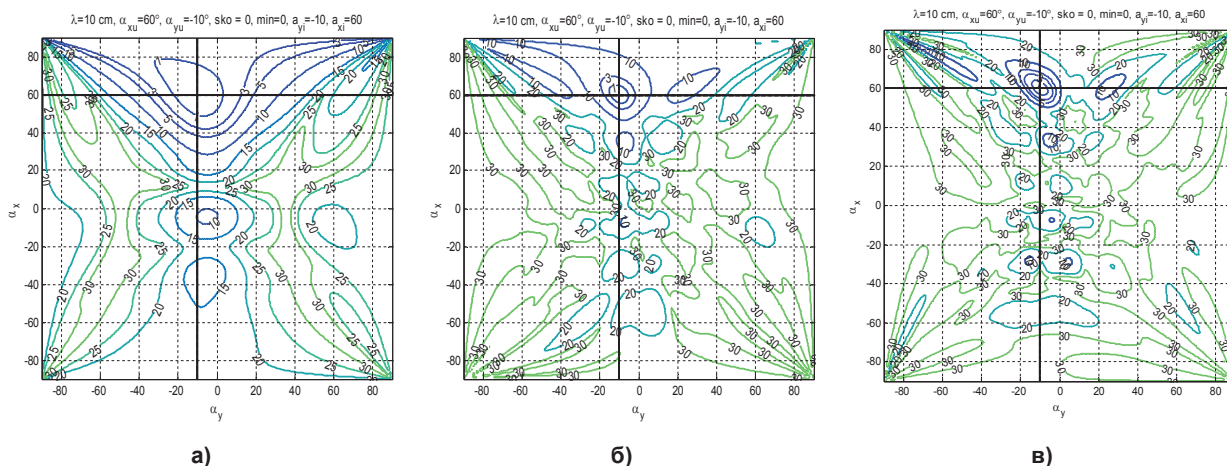


Рис. 3. Пеленгационные характеристики АР

Так как точность пеленгования напрямую зависит от ширины области, ограниченной порогом, принятым 1 дБ, то проводить анализ эффективности принятых решений будем по этому параметру (см. таблицу).

Зависимость ширины ($\Delta\alpha_x$) и длины зоны ($\Delta\alpha_y$) ниже уровня 1 дБ от координаты точки и конфигурации АР

Номер АР	Координаты точки $\alpha_{xu} = 60^\circ$, $\alpha_{yu} = -10^\circ$
I	$\Delta\alpha_x = 30^\circ$, $\Delta\alpha_y = 30^\circ$
II	$\Delta\alpha_x = 13^\circ$, $\Delta\alpha_y = 11^\circ$
III	$\Delta\alpha_x = 10^\circ$, $\Delta\alpha_y = 10^\circ$

С разнесением отдельных элементов исходной АР были получены существенные улучшения потенциальной точности вычисления пеленга.

Вследствие разнесения элементов АР были получены следующие результаты:

- значительное уменьшение области нахождения истинного пеленга (до 56 % для II решетки и 66,7 % для III решетки);
- вынесение половины элементов на 30 см значительных улучшений не принесло. Уменьшение области, окруженной уровнем 1 дБ, составило около 23 %.

Заключение

Приведенные результаты оптимизации пеленгационных решеток методом математического моделирования демонстрируют хорошие возможности повышения точности пеленгования фазокорреляционных пеленгаторов.

Литература

1. Золотарев, И.Д. Фазовые пеленгаторы в условиях радиоэлектронной борьбы / И.Д. Золотарев, В.А. Березовский // Омский научный вестник. – 2009. – Т. 83, № 3. – С. 264–268.
2. Рембовский, А.М. Радиомониторинг: задачи, методы и средства / А.М. Рембовский, А.В. Ашихмин, В.А. Козьмин. – М.: Горячая линия – Телеком., 2006. – 492 с.
3. Денисов, В.П. Фазовые радиопеленгаторы: моногр. / В.П. Денисов, Д.В. Дубинин. – Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники. – 2002. – 251 с.
4. Карманов, Ю.Т. Математическая модель алгоритмов пеленгования источников радиоизлучения фазо-корреляционными пеленгаторами с пространственным распределением элементов пеленгационной решетки / Ю.Т. Карманов, И.И. Заляцкая // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление и радиоэлектроника». – 2012. – Вып. 17, № 35 (294). – С. 21–24.
5. Дьяконов, В.П. MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров / В.П. Дьяконов. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 976 с.
6. Герман-Галкин, С.Г. MatLab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.

Заляцкая Инна Ивановна, аспирант кафедры инфокоммуникационных технологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск); zalyatskayainna@mail.ru.

MODELING OF ALGORITHM FOR DIRECTION FINDING OF RADIO-FREQUENCY RADIATION SOURCES BY PHASE CORRELATION DIRECTION FINDERS

Zalyatskaya I.I., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,
zalyatskayainna@mail.ru

The space antenna array elements position influence on value of potential bearing area with using phase-correlation algorithm for direction finding are considered. Computer simulations for the three variants of construction direction-finding antennas were performed. The results of the simulation are shown in the form of direction-finding features. The wide possibilities of optimizing direction-finding antenna arrays by computer simulation are shown. The area of potential bearing was reduced more than two times with the original array. The work was done at the Research Institute of digital processing systems and information security of SUSU, supervisor Prof. Y.T. Karmanov.

Keywords: algorithm of direction finding, direction finding antenna array, phase correlation direction finder.

References

1. Zolotarjov I.D., Berezovskiy V.A. Fazovye pelengatory v usloviyakh radioelektronnoy bor'by [Phase Direction Finders Underconditions of Electronic Warfare]. *Omskij Nauchnyj Vestnik [Science bulletin of Omsk]*, 2009, vol. 83, no 3, p. 264–268.
2. Rembovskiy A.M. *Radiomonitoring: zadachi, metody i sredstva* [Radio Monitoring: Tasks, Methods and Tools]. Moscow, 2006. 492 p.
3. Denisov V.P. *Fazovye radiopelengatory: monografiya* [Phase Direction Finders: Monograph]. Tomsk, 2002. 251 p.
4. Karmanov Yu.T., Zalyatskaya I.I. Mathematical Models of Algorithms for Direction Finding of Radio-frequency Radiation Sources by Phase Correlation Direction Finders with Spatial Distribution of Direction Finding Array Elements [Matematicheskaya model algoritmov pelengovaniya istochnikov radioizlucheniya fazo-korrelyatsionnymi pelengatorami s prostranstvennym raspredeleniem elementov pelengatsionnoy reshetki]. *Bulletin of South Ural State University . Serial 'Computer Technology, Control and Electronics'*, 2012, vol. 17, no 35, p. 21–24. (in Russian)
5. Dyakonov V.P. *MATLAB i SIMULINK dlya radioinzhenerov* [MATLAB and SIMULINK for Radio Engineers]. Moscow, 2011. 976 p.
6. German-Galkin S.G. *MatLab & Simulink. Proektirovanie mehatronnykh sistem na PK* [MatLab & Simulink. Designing mechatronic systems on PC]. St. Petersburg, 2008. 368 p.

Поступила в редакцию 28 марта 2013 г.