

В последние годы уделяется большое внимание разработкам и применению фазированных антенных решеток (ФАР) при решении различных задач [1-6]. Эффективность использования решетки зависит от отношения L / λ , где L – апертура антенны, λ – применяемая длина волны. Для увеличения этого отношения без синтезирования апертуры предлагается применить в качестве носителя антенной системы всю поверхность летательного аппарата. Кроме того, из условия мониторинга радиолокационного поля следует, что антенная система может принимать несколько сигналов от источников радиоизлучений (ИРИ), несущие частоты которых близки или одинаковы. В связи с этим возникает задача разрешения этих сигналов по направлению.

Поставленную задачу можно решить с помощью пеленгатора, в котором используется антенная решетка и квазиголографический способ обработки. При этом под квазиголографическим способом обработки будем понимать функциональное преобразование (в частности, преобразование Фурье) распределения зарегистрированной комплексной амплитуды суммарного сигнала от всех источников излучения по раскрытию решетки.

Пусть источник радиоизлучения находится в дальней зоне на нормали к оси непрерывной линейной антенны пеленгатора (рис.1,а). В этом случае фазовый фронт можно считать плоским, а распределение амплитуды на раскрытии – равномерным. В [1] показано, что результат преобразований Фурье от распределений тока на раскрытии антенной системы пеленгатора совпадает с диаграммой направленности гипотетической антенной системы, запитанной с таким же распределением амплитуд и фаз тока, какое фиксируется антенной системой пеленгатора при приеме сигнала от ИРИ. В соответствии с этим сигнал на выходе системы обработки для случая линейной антенны определяется выражением

$$f(\Theta) = \frac{\sin\left(\frac{\pi L}{\lambda} \sin \Theta\right)}{\left(\frac{\pi L}{\lambda} \sin \Theta\right)}, \quad (1)$$

где L – длина антенны, λ – длина волны излучаемого источника, Θ – угол наблюдения.

Если ИРИ смещен от нормали к оси антенны пеленгатора на угол Θ_0 (рис.1, б,в), то по оси обеспечивается линейное изменение фазы тока, в результате чего максимум диаграммы направленности сместится по координате Θ на величину Θ_0 , что соответствует ее повороту от нормали на угол Θ_0 . В этом случае

$$f(\Theta) = \frac{\sin\left[\frac{\pi L}{\lambda} (\sin \Theta - \sin \Theta_0)\right]}{\frac{\pi L}{\lambda} (\sin \Theta - \sin \Theta_0)}, \quad (2)$$

По мере отклонения источника от нормали к оси антенны возрастает пространственная частота сигнала

$$\omega_x = \frac{2\pi}{\lambda} \sin \Theta, \quad (3)$$

и, соответственно, уменьшается период косинусоиды при изменении косинуса разности фаз между опорным напряжением и напряжением канального отклика.

Таким образом, задача определения угла прихода фронта волны Θ_0 будет совпадать с задачей определения пространственной частоты ω_x .

Однако, применение непрерывных антенн в пеленгационных устройствах сопряжено с техническими трудностями при регистрации изменения фазы сигнала вдоль оси антенны. В связи с этим антенну целесообразно выполнить из дискретных элементов, т.е. в виде антенной решетки,

причем не в виде линейки элементов, а в виде креста, чтобы не допустить существенного снижения разрешающей способности и точности при пеленговании источников, значительно смещенных от нормали к оси антенны.

Диаграмма, представляющая модуль результата преобразования Фурье от распределения комплексной амплитуды сигнала на раскрыве крестообразной антенной решетки, запишется следующим образом:

$$f(\Theta) = \sqrt{\left\{ \sum_{n=1}^N \cos k \left[x_n (\cos \Theta - \cos \Theta_0) + y_n (\sin \Theta - \sin \Theta_0) \right] \right\}^2 + \left\{ \sum_{n=1}^N \sin k \left[x_n (\cos \Theta - \cos \Theta_0) + y_n (\sin \Theta - \sin \Theta_0) \right] \right\}^2},$$

где $k=2\pi / \lambda$ – волновое число, x, y – координаты отдельных излучателей N – элементов антенной решетки.

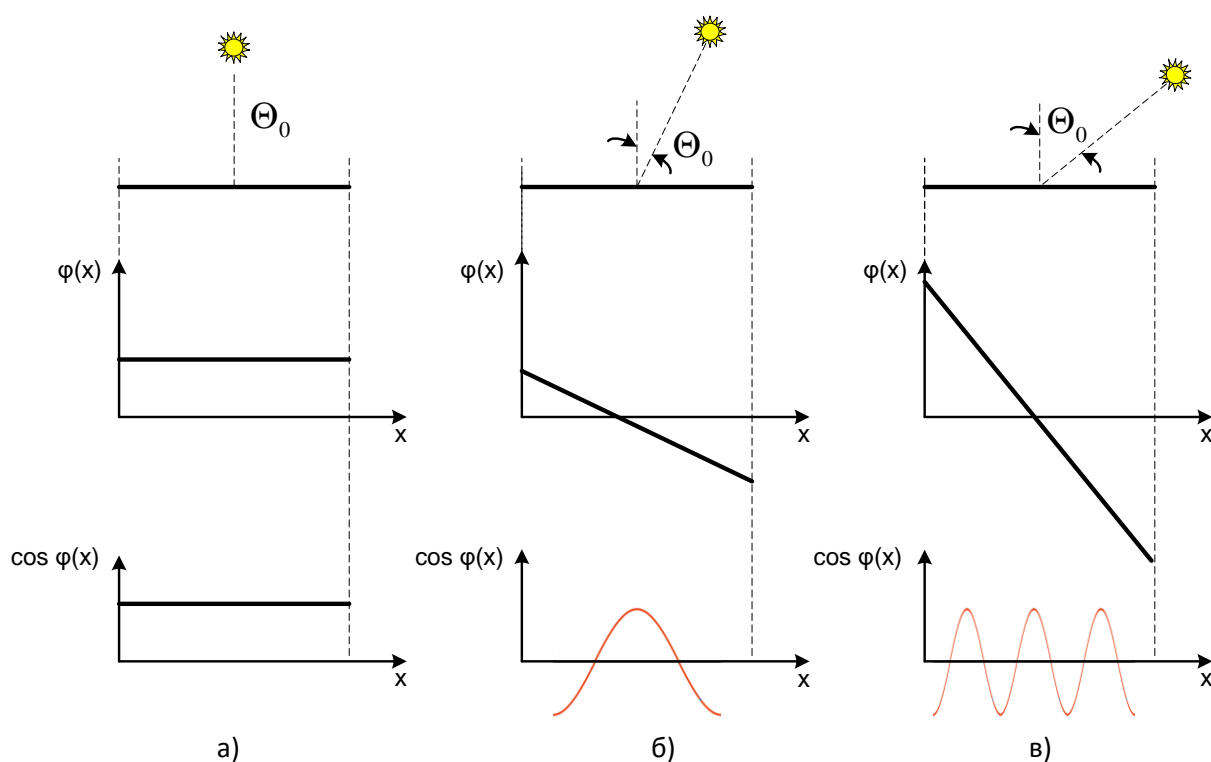


Рис.1. К принципу работы квазилогарифмического пеленгатора

Литература

1. Денисов В.П., Дубинин Д.В. Фазовые радиопеленгаторы: монография. – Томск: Томский университет систем управления и радиоэлектроники, 2002. – 251 с.
2. Максимов М. В., Бобнев М. П., Кривицкий Б. Х. и др. Защита от радиопомех. Под ред. Максимова М. В. –М.: Сов. радио, 1976. - 496 с.
3. Пассивная радиолокация: методы обнаружения объектов. Монография / Под ред. Р.П. Быстрова и А.В. Соколова. – М.: Радиотехника, 2008. – 320 с.
4. Татарский Б.Г., Дроздов Д.О., Майстренко Е.В., Ясенцев Д.А. Когерентная селекция наземных движущихся целей в режиме синтеза апертуры при вращении фазовых центров реальных антенн // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. № 3. С.23-28.
5. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: учеб. пособие для вузов / Д.И. Воскресенский, В.И. Степаненко, В.С. Филиппов и др. Под ред. Д.И. Воскресенского. 3-е изд. доп. перераб. – М.: Радиотехника, 2003. – 632 с.