

Терентьева П.В.
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»

Антенная решетка для систем пассивного радиомониторинга

Приведены результаты разработки вариантов реализации кольцевой антенной решетки для применения в системе пассивной радиолокации. Ключевой особенностью является жесткое ограничение пространства антенной системы, определяемые необходимостью установки такой антенны на подвижных носителях.

Ключевые слова: Кольцевая решетка, антенная решетка, антенная система, пассивная радиолокация, локация, антенны.

В настоящее время наблюдается бурное развитие систем пассивной радиолокации как инструмента решения задач самых различных направлений: от наблюдений за миграцией птиц, контроля воздушного пространства до проведения контртеррористических операций [1].

Система пассивной локации использует для обнаружения целей их подсвет от непрерывно работающих вещательных источников: сигналов цифрового телевидения DVBT стандарта, сигналов аналогового УКВ ЧМ аудиовещания, сигналов цифрового DAB вещания в различных форматах и на различных диапазонах частот (DRM, DMB, HD Radio, РАВИС и др.). Большой уровень сигналов, излучаемых вещательными станциями позволяет обнаруживать малоразмерные цели на дальностях прямой радиолокационной видимости. Системы пассивной локации имеют существенные преимущества перед активными прежде всего в том, что средства пассивной локации не излучают, что обеспечивает скрытность их работы.

Одним из основных элементов систем пассивной локации является радиопеленгаторы [2-4]. В системах пассивной радиолокации наиболее часто используют кольцевые антенные системы (АС), позволяющие реализовать как амплитудный, так и фазовый метод пеленгации целей.

На рис. 1 представлен классический вариант кольцевой антенной решетки, антенным излучательным элементом (АЭ) в которой является диполь [5].



Рис. 1. Кольцевая АС, состоящая из диполей.

Однако, в случае работы системы пассивной локации в полосе цифрового вещания DVBT (частоты 430-790 МГц, горизонтальная поляризация, точность пеленгования – единицы градусов) реализация антенной системы сталкивается с рядом сложностей, не позволяющих использовать готовые решения для АС и АЭ. Одним из трудновыполнимых требований к АС является мгновенная рабочая полоса частот равная 360МГц. Это

потребовало разработки специализированных АС, два решения для которых описаны в настоящей работе.

В первом случае используется девятиэлементная кольцевая антенная решетка, АЭ которой схематически показаны на рис.2 а, б. Частотная характеристика модуля коэффициента отражения АЭ в составе решетки показана на рис. 2 б (решетка согласована на 50 Ом). Диаграмма направленности одного АЭ на центральной частоте в азимутальной и угломерной плоскости приведена на рис. 3а,б. Максимальный коэффициент усиления одного элемента составляет 2,3 дБ, ширина главного лепестка диаграммы направленности в азимутальной плоскости по уровню -3дБ равна $86,6^\circ$, в угломерной - $186,3^\circ$.

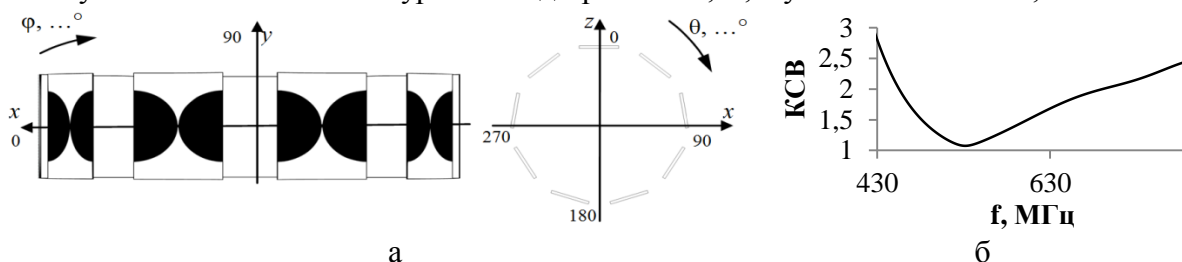


Рис. 2. Девятиэлементная антенная решетка

а) вид сбоку; б) вид сверху; в) коэффициент отражения одного элемента в составе решетки

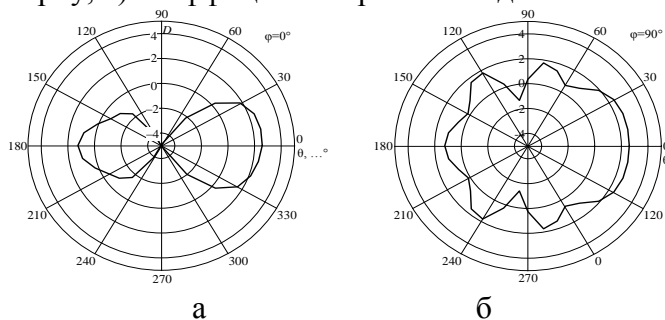


Рис. 3. Диаграмма направленности одного элемента на частоте 495 МГц

а) в азимутальной; б) в угломерной плоскости

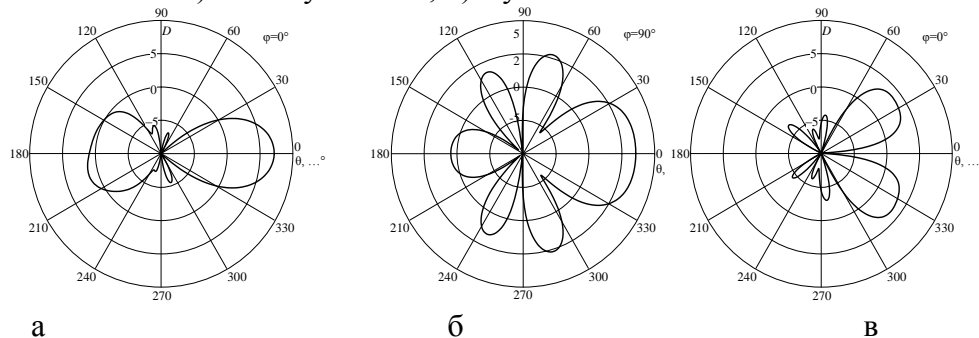


Рис. 4. Диаграмма направленности решетки на частоте 495 МГц

а) в режиме суммирования в азимутальной плоскости;

б) в угломерной плоскости в) в режиме противофазного возбуждения в азимутальной плоскости.

Диаграммы направленности кольцевой антенной решетки в режиме синфазного суммирования сигналов АЭ показаны на рис. 4а,б, в режиме противофазного суммирования в азимутальной плоскости на рис. 4в.

В режиме синфазного суммирования коэффициент усиления антенной решетки составляет 7дБ, ширина главного лепестка в азимутальной плоскости не более 40° , в угломерной - 67° . Таким образом решетка позволяет выполнять амплитудную пеленгацию

направления прихода сигнала от цели с точностью нескольких единиц градусов, точность фазовой пеленгации будет еще выше.

Вторым вариантом АС является антенная решетка, АЭ которой являются щелевые антенны типа Вивальди, а для формирования диаграммы направленности в заданном направлении используются только три соседних излучателя. Такая система более эффективно использует доступное пространство, однако обладает меньшей стабильностью диаграммы направленности из-за смещения фазового центра АЭ с частотой.

Схематически решетка показана на рис. 5а. Частотная зависимость КСВ одного излучателя в составе решетки (антенна согласована на 150 Ом) приведена на рис 5б. Диаграммы направленности на центральной частоте 495 МГц в азимутальной и угломестной плоскости одного АЭ приведены на рис. 6а,б, элементов в режиме синфазного суммирования излучения на рис. 6в.

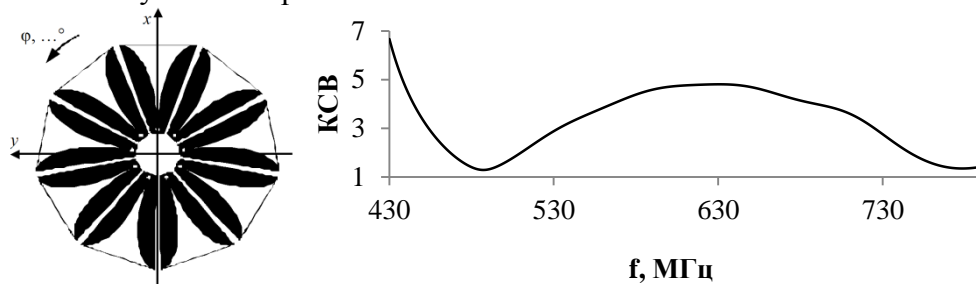


Рис. 5. Антенная решетка с элементами типа Вивальди
а) схематическое изображение; б) КСВ одного элемента

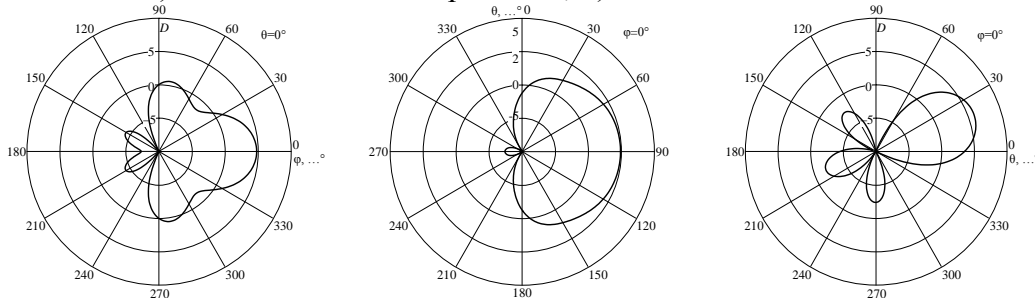


Рис. 6. Диаграмма направленности на частоте 510 МГц
а) одного элемента в азимутальной плоскости; б) угломестной плоскости; в) двух элементов в режиме суммирования в азимутальной плоскости.

Коэффициент направленного действия одного элемента равен 5 дБ, ширина главного лепестка в азимутальной плоскости равна 53°, в угломестной - 136,3°. В режиме синфазного суммирования сигналов двух излучателей коэффициент направленного действия составляет 6 дБ, ширина главного лепестка в азимутальной плоскости равна 45°, в угломестной - 136°.

Данный вариант решетки имеет существенно меньшие габариты и массу, однако, в связи с однонаправленностью излучателей Вивальди здесь эффективно синфазное и противофазное суммирование сигналов только двух соседних излучателей, что скажется на точности определения пеленга на цель. Такую АС предполагается устанавливать на беспилотные летательные аппараты.

Приведенные результаты планируется использовать для разработки АС для мобильных устройств пассивной локации.

Библиографический список

1. Полуактивная радиолокация в системах мониторинга обстановки и охраны важных объектов/А.В.Бархатов, В.И.Веремьев, А.А.Головков и др.//Известия ВУЗов РФ. Радиоэлектроника, №4, 2015, с.71-78.

2. Сухацкий С. В., Шорин О. А. Современные методы пеленгации источников излучения диапазона УВЧ. Преимущества и недостатки // Журнал Т-Comm - Телекоммуникации и Транспорт -2010 - № 9 с. 102-106
3. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / под ред. Рембовского – М: Горячая линия-Телеком, 2006. – 495 с.
4. X. Liang et al. New precision wideband direction finding antenna IEE Proceedings - Microwaves, Antennas and Propagation (2001) – Vol. 148 – №6 – p.363-364.
5. Жуков В.Г. Лабораторный практикум по изучению радиопеленгатора с использованием виртуальной среды разработки LABVIEW 7.1 //Архив документации [<http://rudocs.exdat.com>] URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-32518.html> (дата обращения: 27.02.2017).