

Метод повышения эффективности обнаружения пространственно-протяженных объектов в радиолокационных системах коротковолнового диапазона

С. Н. Балакирев

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского
vka@mil.ru

Аннотация. В данной работе предложен способ увеличения разрешающей способности антенной системы за счет сужения диаграммы направленности при виртуальном синтезе апертуры антенной решетки.

Ключевые слова: антенная решетка; радиолокационная станция; диаграмма направленности

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при построении антенных систем все чаще стали применяться цифровые антенные решетки (ЦАР). Одними из причин этого являются [1, 2]:

- уменьшение протяженности волноводно-фидерного тракта за счет оцифровки принимаемого сигнала непосредственно на выходе элементов ЦАР и как следствие уменьшение энергетических потерь;
- возможность применять методы цифровой обработки сигналов, что в свою очередь дает возможность получения сверхразрешения для повышения точности определения угловых координат источника излучения;
- формирование требуемой характеристики направленности за счет быстрого и гибкого управления амплитудно-фазовым распределением на элементах ЦАР.

Расширение возможностей и повышающийся интерес к более точным обзорам местности находящиеся за пределами горизонта приводят к развитию направления загоризонтной радиолокации. Как известно, технические возможности антенных систем загоризонтного обнаружения, основанные на определении цели за счет доплеровского смещения частоты, позволяют осуществлять наблюдение только за движущимися объектами. При обнаружении цели, выделение полезного сигнала происходит на фоне множества мешающих отражений, характеризующихся спецификой среды распространения зондирующего сигнала и большой эффективной площадью рассеивания (ЭПР) не только самого объекта, или группы объектов, но и подстилающей поверхности зоны обзора [3].

Большой интерес вызывает расширение возможностей антенных систем загоризонтного обнаружения, а именно выделение на фоне подстилающей поверхности низкодинамичных и квазистационарных объектов. В силу того, что лоцируемая зона наблюдения системами загоризонтного обзора достигает значительных размеров, при обнаружении таких объектов на фоне подстилающей поверхности значения отношения сигнал/шум (ОСШ) может достигать значений на 60–80 дБ ниже значений, необходимых для обнаружения до доплеровской обработки. Как известно, одним из способов увеличения значения ОСШ является сужения ширины диаграммы направленности приемной антенной решетки (АР). Данное действие возможно реализовать путем увеличения физических размеров самой приемной антенны, что в свою очередь ведет за собой ряд технических сложностей и значительных финансовых затрат [4]. Но также добиться сужения ширины диаграммы направленности приемной АР возможно путем применения виртуального увеличения апертуры АР.

Из этого следует, что расширение функциональных возможностей антенных систем загоризонтного обзора по обнаружению низкодинамичных (квазистационарных) объектов в условиях нестационарности помеховой обстановки является актуальной задачей.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В данной работе приводится метод повышения разрешающей способности антенной системы за счет сужения диаграммы направленности при виртуальном синтезировании апертуры приемной антенной решетки. Предлагается увеличение реальных размеров приемной антенной решетки в несколько раз. При проведении компьютерного моделирования за основу была взята линейная эквидистантная АР.

При моделировании задавались следующие параметры АР:

- число элементов $n = 10$;
- расстояние между элементами $d = \lambda/2$;
- длина волны $\lambda = 5$ м.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрим линейную эквидистантную (ЛЭ) АР. ДН такой решетки будет описываться выражением [3]:

$$f(\theta, \varphi) = F_1 \frac{\sin[n \frac{kd}{2} (\cos \theta - \cos \theta_m)]}{n \sin[\frac{kd}{2} (\cos \theta - \cos \theta_m)]},$$

где $F_1=1$ – ДН одиночного излучателя, $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число, θ_m – направление фазирования.

Предположим, что распространение сигнала происходит на фоне гауссовских помех, тогда полезный сигнал на выходе каждого элемента решетки примет вид

$$S_i |_{t_j} = X_i |_{t_j} + Z_i |_{t_j}$$

где $X_i |_{t_j}$ – полезный сигнал отраженный от цели, $Z_i |_{t_j}$ – помехи.

На рис. 1–3 представлены результаты моделирования.

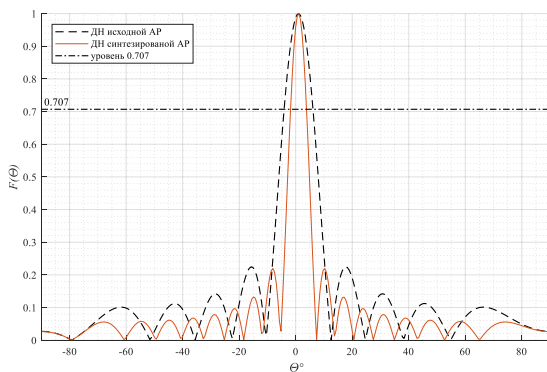


Рис. 1. Виртуальное увеличение ДН в 2 раза

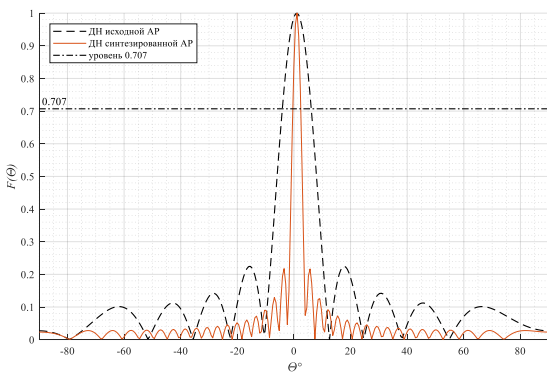


Рис. 2. Виртуальное увеличение ДН в 4 раза

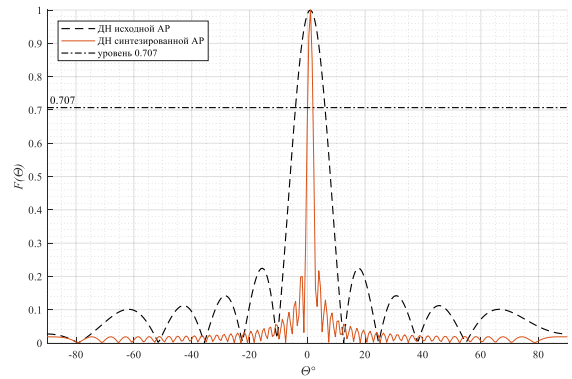


Рис. 3. Виртуальное увеличение ДН в 6 раз

Как видно из графиков, применение виртуального увеличения апертуры приемной АР позволяет в разы уменьшить ширину диаграммы направленности. Это позволяет уменьшить влияние подстилающей поверхности на отраженный от цели сигнал и тем самым обеспечивается возможность повышения ОСШ. Результатом этого является возможность получения более точной радиолокационной информации.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предлагаемый в работе метод виртуального увеличения апертуры приемной АР, при построении антенной системы загоризонтного обнаружения, позволяет без внесения конструктивных изменений повысить информативность радиолокационных измерений, позволяющих предполагать о возможности обнаружения объектов с малой ЭПР.

V. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Джузеппе А. Фабрицио. Высокочастотный загоризонтный радар: основополагающие принципы, обработка сигналов и практическое применение / пер. с англ. Н.Л. Бирюкова, Е.Б. Махияновой, К.В. Юдинцева; под ред. С.Ф. Боева. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2018. 936 с.
- [2] Акимов В.Ф., Калинин Ю.К. Введение в проектирование ионосферных загоризонтных радиолокаторов. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2019. 492 с.
- [3] Алёшкин А.П., Владимиров В.В., Невзоров В.И., Савочкин П.В. Метод повышения разрешающей способности и точности радиолокационных угловых измерений на основе последовательной пространственно-временной обработки принимаемых сигналов // Информационно-управляющие системы. 2020. № 2, С. 37–45.
- [4] Рытвинский М.В. Адаптация и сверхразрешение антенных решеток. М.: Радио и связь, 2003. 200 с.