

09; 12

© 1992

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ДВУМЕРНЫХ РАДИОИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ КОГЕРЕНТНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ

В.П. Безгузиков, Н.Н. Бондарев,
М.М. Исагулов, А.П. Чихонадских

В настоящее время интенсивно проводятся экспериментальные исследования в области получения двумерных радиоизображений (РИ) летательных аппаратов с целью их распознавания. Для этого используются различные методы, отличающиеся способом регистрации пространственного спектра рассеянного объектом сигнала.

Наибольшее распространение для получения двумерных РИ нашел метод на основе использования широкополосных (100 МГц–1 ГГц) сигналов и обращенного синтезирования апертуры. При этом разрешающая способность по дальности и в поперечном направлении достигает нескольких десятков сантиметров [1].

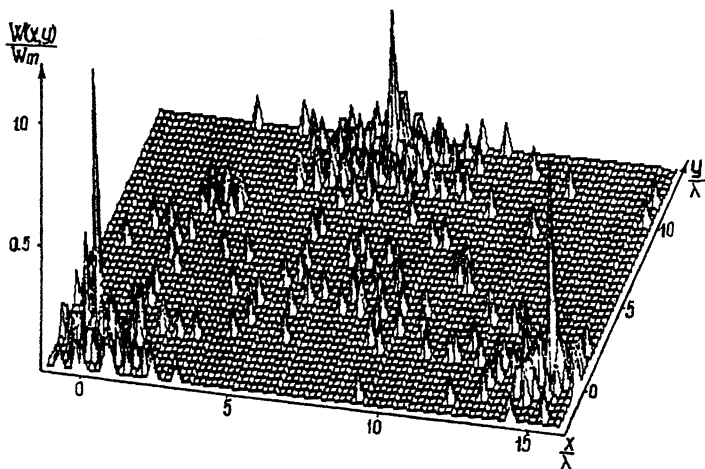
Определенный интерес представляет получение двумерных РИ методом когерентной доплеровской томографии при однопозиционном зондировании монохроматическим сигналом. При этом восстановление РИ осуществляется путем вычисления круговой свертки зарегистрированного сигнала с опорной функцией [1]:

$$G(r, \varphi) = \frac{2}{\lambda} \int_0^{2\pi} A(\theta) \exp\left[-j \frac{4\pi}{\lambda} r \cos(\theta - \varphi)\right] d\theta, \quad (1)$$

где $G(r, \varphi)$ – комплексный коэффициент отражения объекта в полярной системе координат, $A(\theta)$ – комплексная амплитуда зарегистрированного сигнала.

Данный метод характеризуется высокой разрешающей способностью, составляющей при круговой апертуре 0.2λ , и реализуется, как правило, в безэховых камерах (БЭК). При этом максимальные размеры исследуемых объектов ограничены рабочей зоной БЭК, в пределах которой фронт зондирующего сигнала является плоским.

Получение двумерных РИ крупных объектов с помощью БЭК невозможно. Для этой цели может быть использована полигонная измерительная установка, в которой размеры рабочей зоны не ограничены. Ниже представлены результаты эксперимента по получению двумерных РИ на базе полигонной разнесенной фазометрической системы, предназначенной для проведения координатных измерений [2]



При проведении эксперимента объект наблюдения был установлен на вращающейся платформе в дальней зоне на расстоянии 100 м от разнесенных приемного и передающего пунктов. При этом двухпозиционный угол между передающей и приемной антеннами относительно оси вращения платформы был равен 10° . Угловая скорость вращения платформы составляла 4.3 град/с.

Для генерирования зондирующего монохроматического сигнала использовался передатчик, работающий в сантиметровом диапазоне длин волн и имеющий мощность 10 мВт. С помощью приемного устройства выделялись амплитуда и фаза отраженного от объекта наблюдения сигнала, которые фиксировались с шагом, соответствующим повороту платформы на восемь угловых минут. Регистрируемый массив данных, составляющий при полном обороте объекта 2920 пар значений амплитуд и фаз, записывался на магнитные накопители ЭВМ СМ-2. Компенсация постоянной составляющей фонового сигнала осуществлялась методом векторного вычитания до уровня 120 дБ.

В качестве объектов наблюдения были выбраны металлические конструкции с малым (25°) и значительным (180°) затенением лепестков рассеяния. Объект с малым затенением состоял из трех вертикальных стержней, расположенных на расстоянии 9λ от центра вращения в вершинах равностороннего треугольника. Диаметр и высота стержней составляли соответственно 2λ и 6λ . Объект с большим затенением был представлен цилиндром, имеющим диаметр 6λ и длину образующей 15λ . Ось вращения цилиндра проходила через его геометрический центр, перпендикулярно продольной оси.

При проведении измерений максимальный уровень сигнала, отраженного объектами на входе приемного устройства, превышал уровень

шума на 35–40 дБ. Векторное вычитание фона, цифровое восстановление РИ и его графическое отображение производились с помощью компьютера IBM PC/AT по программам, разработанным на языке TURBO-BASIC.

Результаты цифрового восстановления двумерного РИ объекта с малым затенением приведены на рисунке, где РИ представлено в прямоугольной системе координат в виде нормированного массива $W(x, y) = [G(x, y)]$ с интервалом дискретизации 0.4λ . Достигнутое разрешение по объекту составляет 0.2λ .

Анализ РИ показывает, что можно выделить три области повышенной интенсивности, находящиеся на расстоянии 1.5λ друг от друга, что соответствует действительным размерам объекта. Левый стержень на РИ отображается двумя рядом стоящими пиками интенсивности, имеющими размеры 0.4λ по двум направлениям, причем второй пик в 2 раза меньше основного. Интенсивность первого бокового лепестка не одинакова в разных направлениях и достигает $0.3 W_{max}$. Причинами раздваивания основного лепестка и увеличения первого бокового лепестка на 2 дБ на РИ являются переменная составляющая фона, появляющаяся из-за резонансного взаимодействия объекта с элементами установки и флуктуаций скорости вращения платформы.

Аналогичные РИ были получены для металлического цилиндра. В этом случае двумерное РИ представляет веерообразную структуру, имеющую максимум интенсивности в центре вращения. Полученные данные подтверждают возможность использования алгоритмов когерентной доплеровской томографии для получения двумерных РИ объектов, имеющих как незначительное, так и достаточно большое затенение.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Кононов А.Ф. // Зарубежная радиоэлектроника. 1991. В. 1. С. 35–48.
- [2] Безгузиков В.П., Бондарев Н.Н., Чихонадских А.П. // Приборы и техника эксперимента. 1991. В. 5. С. 103–105.

Поступило в Редакцию
20 мая 1992 г.