

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ЛЕТАЮЩИХ РОБОТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Емец В.С.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Карташов В.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)

e-mail: d_res@nure.ua, факс (057) 702-15-87

The methods of direction finding of unmanned aerial vehicles in radar or acoustic systems designed to detect and measure the coordinates of aircraft are considered. The advantages and disadvantages of the varieties of the main direction finding methods implemented using antenna arrays are considered. It is shown that modern methods and algorithms with superresolution, implemented using adaptive antenna arrays, allow us to solve the problem of determining the coordinates of several sources separated by a sufficiently small angular distance.

Значительное развитие в последнее время беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволяет выполнять с высокой эффективностью ряд важных народнохозяйственных задач. В то же время это значительно расширило возможности правонарушителей и организованных групп в области терроризма, организованной преступности, транспортировки и распространения наркотиков, контрабанды, слежения за отдельными лицами и организациями. В соответствии с этим возникают задачи обнаружения, оценки координат и параметров движения БПЛА по их акустическому излучению или по характеристикам отраженного от них радиолокационного сигнала [1].

Наиболее эффективные методы решения задачи обнаружения БПЛА реализуются с использованием антенных решеток (АР). Адаптивная антенная решётка (ААР) представляется собой систему, состоящую из многоэлементной АР и адаптивного процессора, осуществляющего подстройку весовых коэффициентов в диаграммообразующей схеме.

Структура адаптивного процессора в сильной степени зависит от полноты априорной информации об условиях приема сигнала. По мере того, как количество априорной информации об условиях приема сигнала уменьшается, все большее значение приобретает алгоритм управления. Адаптивный процессор должен обладать способностью автоматического подстройки к любым изменениям условий приема сигнала. Если какие-либо сведения при условии приема сигнала оказываются известными или могут быть разумно сформулированы, то такая информация может стать полезной для определения структуры адаптивного процессора.

Если фаза и амплитуда огибающей сигнала практически не меняется при прохождении волны через апертуру АР, тогда сигнал можно считать узкополосным в пространственно-временном смысле. В этом случае временная задержка сигнала может рассматриваться как фазовый сдвиг

гармонического колебания с частотой несущей. Это позволяет разделить пространственно-временную обработку на пространственную и временную, которую можно выполнять в произвольном порядке. Пусть имеется АР, состоящая из N элементов, которая принимает сигналы от N точечных источников с известными углами прихода $\theta_1, \theta_2, \theta_M$, где θ_m – азимут m -го источника сигнала с несущей частотой ω . Тогда принимаемый n -м элементом АР сигнал, может быть представлено в виде

$$\vec{x}(t) = \sum_{m=1}^M a(\theta_m) \cdot S_m(t) + \vec{n}(t), \quad (1)$$

де $\vec{x}(t) = [x_1(t), \dots, x_m(t)]^T$ – вектор сигналов, принимаемых элементами АР; $\vec{a}(\theta_m) = [e^{-j\psi_1(\theta_m)}, e^{-j\psi_2(\theta_m)}, \dots, e^{-j\psi_N(\theta_m)}]^T$ – управляющий вектор, элементы которого определяются фазовыми набегам m -го сигнала на n -й антенный элемент; $S_m(t)$ – сигнал m -го ИАВ; $\vec{n}(t) = [n_1(t), n_N(t)]^T$ – шумовой вектор, который включает в себя внешний шум, принимаемый n -м элементом АР, и шум n -го канала приема.

Методы определения направления прихода сигналов с использованием ААР делят на классические и методы сверхразрешения [2]. Основное достоинство таких алгоритмов состоит в том, что они позволяют определять количество и угловые координаты ИАИ, не прибегая к перемещению ДНА, а используя лишь алгоритмические способы обработки принимаемых сигналов. Кроме того, современные спектральные методы являются адаптивными к входным данным. Как правило, в качестве исходных данных в них используется корреляционная матрица сигналов, принимаемых антенной решёткой (АР) [3].

Современные методы и алгоритмы со сверхразрешением, реализуемые с использованием адаптивных антенных решеток, позволяют решать задачу определения координат нескольких ИАИ, разнесенных на достаточно малое угловое расстояние, при условии, что отношение сигнал-шум велико, а отклонение амплитудно-фазового распределения в раскрытие реальной антенной системы от модельного пренебрежимо мало [4].

Перечень ссылок

1. Кошкин Р.П. Беспилотные авиационные системы. – М.: Изд-во «Стратегические приоритеты», 2016. – 676 с.
2. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решётки: Введение в теорию: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.
3. Баланис Константин А., Иоанидес Панайотис И. Введение в смарт-антенны. - Москва: Техносфера, 2012. – 200 с.
4. Макаров Е.С. Анализ углового сверхразрешения источников электромагнитного поля в многоканальных системах с малой апертурой. – Воронеж, 2009. – 167 с.