

Направленные свойства неэквидистантной трехмерной антенной решетки со случайным пространственным расположением прямо-передатчиков

В настоящее время двумерные (плоские) эквидистантные антенные решетки находят широкое применение в самолетных и корабельных радиолокационных станциях, а также в радиолокационных станциях предупреждения о ракетном нападении. Такие решетки позволяют выполнять электронное сканирование в двух плоскостях: по азимуту и углу места, формировать нули диаграммы направленности на постановщиков активных помех, подавляя, тем самым, помехи, получать малый уровень боковых лепестков диаграммы направленности с помощью весовой обработки приемных каналов окном Хемминга, а также обеспечивать высокий коэффициент направленного действия и малый угловой размер элемента разрешения.

К сожалению, все эти замечательные возможности ограничены по направлению сканирования некоторыми секторами и не могут быть реализованы на все 360° по азимуту. В обзорной радиолокационной станции такую решетку приходится вращать по азимуту, что весьма затруднительно из-за необходимости передачи информации от большого числа каналов через вращающееся сочленение и большой массы решетки. Поэтому плоская решетка сразу превращается в линейную (одномерную) вертикальную решетку, в которой для дальнейшего снижения количества каналов передачи информации формируют диаграммы направленности 3-х или 4-х каналов приема по углу места непосредственно на сверхвысокой частоте с помощью фазовращателей с цифровым управлением.

Радикальным решением проблемы передачи информации от антенной решетки к устройству обработки является использование трехмерной (объемной) неэквидистантной антенной решетки, выполняющей электронное сканирование всего пространства вращением системы координат по азимуту и углу места. Такая решетка иностранными специалистами называется «вороньим гнездом». Неэквидистантность трехмерной антенной решетки обеспечивается случайным размещением прямо-передатчиков каналов в пределах объема заданной формы.

Исследовалась трехмерная антенная решетка в виде сферы. Каналы размещались случайным образом в узлах сетки с шагом по вертикали и горизонтали равным $0,45\lambda$, где λ длина волны. Уменьшение шага сетки относительно обычно используемого $0,5\lambda$ избавляет диаграмму направленности от второго главного лепестка в обратном направлении. Для равномерного заполнения сферы вводилось минимально допустимое расстояние между каналами, которое при фиксированном размере сферы, определяющем ширину главного лепестка, зависит от числа каналов. От числа каналов зависит также уровень максимального бокового лепестка. Для 64 каналов он равен 0,41 от главного, для 128 – 0,29, для 512 – 0,14.

Для вычисления разности хода в заданном направлении производилось вращение системы координат так, чтобы одна из осей координат совпадала с выбранным направлением. Затем вычислялась фаза сигнала в каждой точке приема антенной решетки. В результате получался вектор распределения фаз по элементам антенной решетки, который зависел от выбранного направления. Для нахождения диаграммы направленности вычислялось скалярное произведение вектора амплитудно-фазового распределения, соответствующего главному лепестку диаграммы направленности (направлению излучения сигнала) на комплексно-сопряженный вектор амплитудно-фазового распределения, соответствующего направлению прихода принимаемого сигнала от внешнего источника. Если принимаемый сигнал является результатом отражения излученного сигнала, то есть умножаемые векторы различаются только комплексным сопряжением, получаем максимальное значение диаграммы направленности.

Наличие достаточно больших боковых лепестков у диаграммы направленности трехмерной неэквидистантной антенной решетки требует обязательного использования адаптивных компенсаторов активных помех, направления на которые не попадают в главный лепесток диаграммы направленности.