

УДК 621.396.96

И. И. ПОТАПОВ, В. В. ШИТОВ
**АЛГОРИТМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ
В УСЛОВИЯХ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ
О МЕШАЮЩИХ ОТРАЖЕНИЯХ**

Часто встречается ситуация, когда РЛС функционирует при заданных источниках помех, практически не меняющихся во времени. К помехам такого типа относятся отражения от местных

предметов, подстилающей поверхности. Для увеличения отношения сигнал — помеха, возникающее при отражении от земной поверхности предлагается создавать провалы в диаграмме направленности (ДН) антенной системы, работающей на прием, путем отключения части элементов многоканальной антенной системы.

Предлагаемый алгоритм пространственной обработки состоит из двух основных частей. Первая предназначена для нахождения координат отключаемых элементов и хранения состояния каналов для заданных импульсных объемов приема. Другая часть алгоритма, используя полученную информацию, управляет отключением элементов в соответствии с приемом конкретного импульсного объема.

Нахождение координат отключаемых элементов возможно несколькими путями. Более подробно рассмотрим решение поставленной задачи численным методом. Первый этап алгоритма состоит в построении карты помех, под которой понимается распределение мощности мешающих отражений в зависимости от пространственных координат и дальности от антенной системы до рассматриваемых отражающих участков.

При построении карты помех находят области подстилающей поверхности, от которых возможны отражения в сторону РТС, чтобы выявить наблюдаемость участка местности, а также рассчитать ожидаемые уровни мешающих отражений от выявленных областей.

В настоящее время местоположение участков местности, от которых ожидаются отражения в сторону РТС, как правило, определяются по цифровым картам рельефа местности, которые позволяют простыми алгоритмами выявить наблюдаемость участков местности.

При расчетах уровней отражения в сторону РТС используется модель земной поверхности, описанная в работе [1].

Следующим этапом алгоритма является поиск координат отключаемых каналов. С этой целью рассматривается функционал

$$I(\vec{A}) = \|R(\vec{v}) - F(\vec{v}, \vec{A})\|, \quad \vec{A} = [A_1, A_2, \dots, A_n], \quad (1)$$

где $R(\vec{v})$ — заданная ДН, у которой направления провалов совпадают с углами прихода мешающих отражений; $F(\vec{v}, \vec{A})$ — диаграмма направленности многоканальной антенной системы; \vec{A} — вектор состояния каналов антенной системы. Элементы вектора могут принимать два значения. Рабочий канал соответствует единичному значению элемента вектора \vec{A} , а отключенный — нулевому значению. Размерность вектора равна числу каналов антенной системы, участвующих в работе алгоритмов.

Минимизацию функционала (1) можно рассматривать как выбор ДН системы из конечного множества, наиболее подходящую к заданной помеховой обстановке.

Минимизация функционала (1) представлялась в среднеквадратическом виде:

$$I(\vec{A}) = \left[\int_{\Omega} (|R(\vec{v})| - |F(\vec{v}, \vec{A})|)^2 \rho(\vec{v}) d\Omega \right]^{1/2}, \quad (2)$$

где $\rho(\vec{v})$ — весовая функция, позволяющая выделить определенные части ДН.

В режиме обнаружения сигналов снижение главного максимума ДН нежелательно, поэтому в этом секторе функция $\rho(\vec{v})$ имеет наибольшее значение. В режиме сопровождения величина $\rho(\vec{v})$ в секторе главного лепестка меньше, чем в секторе формирования провалов. Это приводит к снижению коэффициента усиления в направлении максимума ДН, однако в этом случае глубина провалов возрастает.

Для нахождения координат отключаемых элементов рассчитывался градиент функционала (2)

$$\nabla(I(\vec{A})) = \frac{\partial I(\vec{A})}{\partial \vec{A}}. \quad (3)$$

Элементы градиента с наибольшей отрицательной величиной указывают на координаты каналов, которые целесообразно отключить. Число отключаемых каналов не должно превышать определенного количества. Для более точного решения задачи минимизации целесообразно после нахождения градиента (3) отключать всего один элемент. Удовлетворительные результаты дает последовательное отключение элементов с запоминанием координаты канала, отключение которого доставляет минимальное значение функционалу (2). Отметим, что возможен и экспериментальный путь нахождения координат отключаемых элементов для заданного импульсного объема.

Рассмотрим результаты минимизации функционала (2) с целью пространственной селекции мешающих отражений. В качестве антенной системы рассматривалась эквидистантная линейная одиннадцатизлементная решетка излучателей, состоящая из одинаковых элементов, расположенных на расстоянии $\lambda/2$.

Заданная диаграмма направленности $R(\vec{v})$ представлялась главным лепестком с направлением \vec{v}_0 и провалом в направлении первых двух боковых лепестков. Весовая функция $\rho(\vec{v})$ требовала формирования провалов с коэффициентом 4 для боковых лепестков и 2 — для направления главного максимума. В результате проведенного синтеза были получены ДН системы и элементы вектора \vec{A} , доставляющие минимум функционала (2).

На рис. 1 изображена ДН в случае прихода мешающих отражений по второму боковому лепестку (непрерывная линия), штриховая линия показывает диаграмму до отключения элементов.

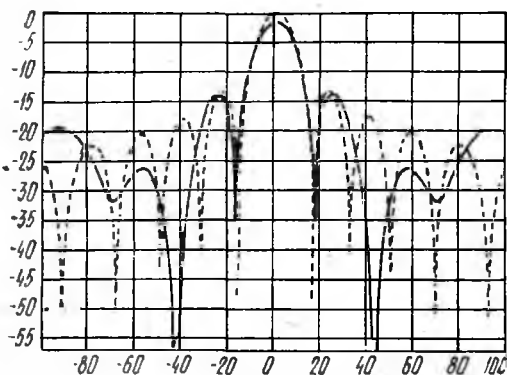


Рис. 1

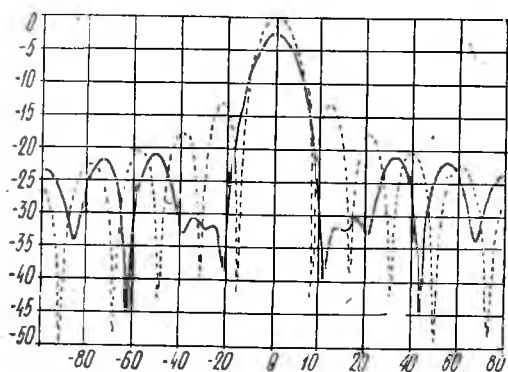


Рис. 2

ления антенны в главном направлении на величину, приблизительно равную

$$\Delta G = 20 \lg \left(\frac{M_{\text{откл}}}{M} \right), \text{ дБ,}$$

где $M_{\text{откл}}$ — количество отключаемых элементов для равномерного распределения амплитуды.

Возможен предварительный расчет ДН системы при некоторых отключенных элементах. Из рассчитанных диаграмм выбирается та, которая по критерию (2) приближается к необходимой. Точное сравнение проводится для каждого импульсного объема РТС. Описанный алгоритм имеет ряд достоинств, определяющих возможность использования предварительно проведенного расчета координат отключаемых элементов. Положения элементов определяются конкретной позицией и положением основного лепестка диаграммы.

Поиск отключаемых элементов можно проводить, используя саму РЛС, находящуюся на конкретной местности. В этом случае,

Полученная ДН соответствует решетке с отключенным шестым элементом ($A_6=0$). Проведенные расчеты показывают снижение в заданном минимизированном секторе среднего уровня ДН с — 22 дБ. по — 34 дБ.

На рис. 2 представлена ДН в случае прихода мешающих отражений по первому и второму боковому лепестку совместно. В этом случае отключенные элементы имеют координаты 2 и 10 ($A_2=0$ и $A_{10}=0$). Штриховой линией показана ДН до отключения элементов. Снижение среднего уровня в минимизируемых секторах по сравнению с имевшимся составляет от — 20 дБ до — 29 дБ для первого и второго боковых лепестков. Снижение среднего уровня подаваемого сектора диаграммы направленности происходит за счет уменьшения коэффициента усиления, приблизительно

например, для каждого текущего положения луча, поочередно отключая элементы, выделяют те, при отключении которых наиболее уменьшаются мешающие отражения. Минимизация ведется для каждого импульсного объема. Достоинством метода непосредственного поиска является то, что координаты отключаемых элементов находятся при использовании РЛС без предварительных расчетов. Возможна также коррекция таблицы номеров отключаемых элементов непосредственно во время работы РЛС.

Таким образом, из приведенных фактов можно сделать вывод о практической значимости этих предложений и необходимости экспериментальной проверки полученных результатов.

Список литературы: 1. *Бартоп Д. К.* Модели мешающих отражений от земной поверхности для анализа и проектирования РЛС // *Тр. ин-та инж. по электротехнике и радиоэлектронике* 1985. Т. 73, № 2. С. 27—34. 2. *Зелкин Е. Г., Соколов В. Г.* Методы синтеза антенн. М., 1980. 296 с.

Поступила в редколлегию 19.07.90