

УДК 621.396.67

## ОПТИМИЗАЦИЯ ДИСКРЕТНЫХ ФАЗОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ АНТЕННЫХ РЕШЁТОК

Едельсков А.Е.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Линдваль В.Р.

Казанский государственный технический университет им. А.Н.Туполева

На практике получили распространение фазированные антенные решётки с фиксированным амплитудным распределением и дискретным управлением фазами токов излучателей.

Амплитудная диаграмма направленности решётки имеет вид:

$$F(\theta) = \left| \sum_{i=1}^N I_i \cdot \exp(j(kx_i \sin \theta - \varphi_i)) \right|,$$

где  $N$  - число излучателей в решётке,  $I_i$  - амплитуда тока  $i$ -го излучателя,

$\varphi_i$  - фаза тока  $i$ -го излучателя,  $\varphi_i = \Delta\varphi(m-1)$ ,  $1 \leq m \leq M$ ,

$\Delta\varphi$  - дискрет фазы,  $M$  - число состояний фазовращателя,

$x_i$  - координата  $i$ -го излучателя,  $x_i = d(i-1)$ ,  $d$  - шаг решётки.

Нами рассмотрена задача поиска оптимального фазового распределения на дискретном множестве фазовых состояний.

$$Q = \left\{ \varphi_i : \varphi_i = \Delta\varphi \cdot (m_i - 1), \Delta\varphi = 2\pi/M, m_i = \overline{1, M} \right\}$$

При этом от сканирующей решётки требуется формирование луча в заданном направлении и минимальные значения диаграммы направленности в направлениях прихода помех. Понятно, что степень подавления помех зависит как от параметров решётки: её геометрии, числа излучателей, величины дискрета фазы, так и от взаимного углового положения луча и помех.

Введём допустимый относительный уровень помех  $\Pi_{\text{доп}}$  и разделим множество  $Q$  на два непересекающихся подмножества  $Q = Q_1 \cup Q_2$ . Одно из них  $Q_1$  содержит такие фазовые распределения, для которых относительный уровень помех меньше допустимого, а другое  $Q_2$  - фазовые распределения, не обеспечивающие выполнение этого условия.

Под оптимальным дискретным фазовым распределением понимается такое, для которого максимальный уровень в направлениях помех будет минимальным. А если он станет меньше допустимого, то будет взят закон с максимальным усилением в направлении полезного сигнала. Математически это определяется следующим образом:

$$\Phi_1(\varphi_i) = \min_{\varphi_i \in Q_1} \frac{1}{F(\theta_c)}$$

$$\Phi_2(\varphi_i) = \min_{\varphi_i \in Q_2} \frac{\max_{1 \leq j \leq R} F(\theta_j^{\text{п}})}{F(\theta_c)}$$

$$\Phi(\varphi_i) = \min_{1,2} (\Phi_1(\varphi_i), \Phi_2(\varphi_i)).$$

Разработаны алгоритмы и программы оптимизации дискретных фазовых распределений методами покоординатного циклического поиска из случайной начальной точки и циклического динамического программирования. Получены примеры решения задачи оптимизации как при отсутствии, так и при наличии одной или нескольких помех при их различных угловых положениях.