

УДК 621.391

**ВЛИЯНИЕ СЛУЧАЙНОГО РАЗБРОСА ПАРАМЕТРОВ
ЭЛЕМЕНТОВ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ НА ТОЧНОСТЬ
ОЦЕНИВАНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕЧНОЙ ЦЕЛИ
И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ**

Г. С. НАХМАНСОН

Рассматривается оценка местоположения точечной цели, движущейся в зоне Френеля многопозиционной антенной системы (МАС), при когерентной пространственно-временной обработке принимаемых широкополосных сигналов. Анализируется влияние амплитудных и фазовых характеристик приемных элементов МАС на точность оценивания координат цели и их производных.

Рассмотрим точность оценивания координат цели и их производных, движущейся в зоне Френеля МАС, при когерентной пространственно-временной обработке широкополосных сигналов, принимаемых в условиях воздействия внутренних шумов аппаратуры и мультипликативных помех, обусловленных нестабильностью амплитудных и фазовых характеристик приемных элементов МАС. Используем систему координат $\{R, u, v\}$, где R — длина радиуса-вектора цели; $u = \sin \psi$; ψ — угловое положение цели в плоскости, проходящей через ось OX и радиус-вектор; $v = \sin \theta$; θ — угловое положение цели в плоскости, проходящей через ось OY и радиус-вектор. Приемная МАС представляет совокупность n приемных элементов, имеющих равномерные диаграммы направленности в пределах рабочих секторов угловых координат ψ, θ . Местоположение i -го элемента в декартовой системе координат, связанной с центром МАС, определяется координатами $\{x_i, y_i, z_i\}$. Причем

начало системы координат совмещено с началом системы координат $\{R, u, v\}$.

Зондирующий сигнал $s(t) = \text{Re} \{ \dot{s}(t) \} = \text{Re} \{ \dot{U}(t) \exp j\omega_0 t \}$, где $\dot{U}(t)$ — комплексная огибающая сигнала, излучается из точки $\{x_n, y_n, z_n\}$ и переизлучается движущейся точечной целью, находящейся в момент начала облучения t_0 в точке M с координатами $\{R_0, u_0, V_0\}$. В дальнейшем предполагается, что девиация частоты отраженного от цели сигнала, обусловленная ускоренным движением цели, значительно меньше величины, обратной длительности сигнала, и следовательно, в течение времени облучения цели закон изменения ее координат во времени можно считать равномерным $l_k(t) = l_k + \dot{l}_k(t - t_0)$, $l_1 = R$, $l_2 = u$, $l_3 = v$ ($l_k^{(p)} = 0$, $p \geq 2$) [1].

Учитывая, что сигнал в процессе приема подвергается воздействию аддитивных внутренних шумов аппаратуры и мультипликативных помех, обусловленных разбросом параметров приемных элементов МАС, вектор принимаемых сигналов [2] можно записать в виде

$$\|x_i(t)\| = \|a_0 s(t, l_0, \varphi_0)\| + n_i(t), \quad i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где φ_0 — случайная начальная фаза, равномерно распределенная на интервале $[0, 2\pi]$; a_0 — случайная амплитуда сигнала, принимаемого элементом МАС, расположенным в точке $\{0, 0, 0\}$, распределенная по закону Рэлея со средним квадратом амплитуды $\langle a_0^2 \rangle$ [3]; $\|n_i(t)\|$ — вектор аддитивного гауссовского шума с нулевым средним значением и матрицей корреляции $\|\langle n_i(t_1) n_j(t_2) \rangle\| = \|(N_0/2) \delta_{ij} \delta(t_1 - t_2)\|$, т. е. шум в различных приемных элементах не коррелирован и имеет одинаковую спектральную плотность N_0 . Компоненты вектора полезного сигнала, зависящего от вектора оцениваемых параметров $l = \{R, u, v, \dot{R}, \dot{u}, \dot{v}\}$ — координат цели и их производных в момент t_0 , имеют вид

$$s(t, l, \varphi) = \text{Re} \{ \dot{s}(t, l) e^{j\varphi} \} = \text{Re} \left\{ \frac{R}{r_i} \dot{l}_i A_i^{1/2} \dot{s} [A_i(t - \tau_i)] e^{j\varphi} \right\}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (2)$$

В (2) $A_i^{1/2}$ — энергетический коэффициент нормировки сигнала [2, 4], обусловленный движением цели:

$$A_i = \left(1 - \frac{1}{c} \frac{r_i \dot{r}_i + r_n \dot{r}_n}{r_i + r_n} \right) \left(1 + \frac{1}{c} \frac{r_n \dot{r}_i + \dot{r}_n r_i}{r_i + r_n} \right)^{-1}, \quad \tau_i = \frac{r_n + r_i}{c}$$

— соответственно коэффициент трансформации временного масштаба и время запаздывания сигнала, принимаемого i -м элементом МАС; r_i , $\dot{r}_i$ — расстояние от цели до i -го приемного элемента МАС и производная по времени от этого расстояния, определяемые в момент t_0 :

$$r_i = \{R^2 + x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 - 2R[x_i u + y_i v + z_i(1 - u^2 - v^2)^{1/2}]\}^{1/2}; \quad (3)$$

$$\dot{r}_i = r_i^{-1} \left\{ \dot{R} [R - x_i u - y_i v - z_i(1 - u^2 - v^2)^{1/2}] - \right. \\ \left. - R \left[x_i \dot{u} + y_i \dot{v} - z_i \frac{u \dot{u} + v \dot{v}}{(1 - u^2 - v^2)^{1/2}} \right] \right\};$$

r_n , $\dot{r}_n$ — расстояние от цели до местоположения излучателя зондирующих сигналов и производная по времени от этого расстояния, определяемые выражениями (3) при замене координат приемного элемента $\{x_i, y_i, z_i\}$ на координаты излучателя $\{x_n, y_n, z_n\}$; $\dot{l}_i$ — случайная апертурная

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ширман Я. Д. Разрешение и сжатие сигналов.— М.: Сов. радио.— 1974.—356 с.
2. Нахмансон Г. С. Оценка местоположения движущейся цели радиолокационными методами при использовании широкополосных сигналов // Радиоэлектроника.— 1986.— № 5.— С. 39—46. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Тихонов В. И. Оптимальный прием сигналов.— М.: Радио и связь.— 1983.— 319 с.
4. Sibul L. H., Titlebaum E. L. Volume properties for the wideband ambiguity function // IEEE transactions: AES-17.— 1981.— No. 1.— P. 83—86.
5. Куликов Е. И., Трифонов А. П. Оценка параметров сигнала при наличии помех.— М.: Сов. радио.— 1968.—293 с.
6. Фалькович С. Е., Хомяков Э. Н. Статистическая теория измерительных радиосистем.— М.: Радио и связь.— 1984.—320 с.

Поступила в редакцию после переработки 27.10.86.
