

УДК 621.396.96:621.391.26

ПОПОВ Д. И., КИРЬЯНОВ В. В.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ МНОГОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ

Проведен анализ характеристик обнаружения систем инвариантной обработки многочастотных сигналов на фоне пассивных помех. Определены зависимости порогового отношения сигнал/помеха от числа частотных каналов и параметров сигнала, пассивной помехи и шума. На основе анализа полученных зависимостей проведена оптимизация систем обработки многочастотных сигналов по числу частотных каналов. Проведено сравнение различных типов систем обработки многочастотных сигналов.

Альтернативой одночастотных систем селекции движущихся целей (СДЦ) являются многочастотные системы, позволяющие преодолеть основную трудность, возникающую при построении одночастотных систем, — наличие слепых скоростей в рабочем диапазоне скоростей цели. Однако при выборе и проектировании многочастотных систем СДЦ возникают задачи сравнительного анализа систем инвариантной обработки многочастотных сигналов и определение оптимального числа частотных каналов, необходимых для реализации системы СДЦ. Решение поставленных вопросов возможно путем анализа характеристик обнаружения при различном числе частотных каналов, а так же различных параметрах сигнала, помехи и шума, поступающих на вход многочастотной системы СДЦ.

Статистическое описание многочастотных сигналов и помех. Входные данные l -го частотного канала, являющиеся аддитивной смесью полезного сигнала, помехи и шума

$$U^{(l)} = U_c^{(l)} + U_n^{(l)} + U_{ш}^{(l)} \quad (1)$$

можно представить в виде последовательности N отсчетов комплексных огибающих $U_j^{(l)} = x_j^{(l)} + iy_j^{(l)}$, следующих через период повторения T и образующих в l -м частотном канале вектор-столбец $U_l = \{U_j^{(l)}\}^T$, $j = \overline{1, N}$, $l = \overline{1, L}$.

Полагая, что полезный сигнал и помеха являются гауссовскими случайными процессами, совместное распределение величин на входе l -го частотного канала системы междупериодной обработки представим в виде

$$P(U_l) = (2\pi)^{-N} (\det R_l)^{-1} \exp\left(-\frac{1}{2} U_l^{*T} W_l U_l\right), \quad (2)$$

где $R_l = \|R_{jk}^{(l)}\|$ — корреляционная матрица принятых отсчетов порядка N для l -го частотного канала, $W_l = \|W_{jk}^{(l)}\|$ — матрица, обратная корреляционной матрице R_l .

Элементы корреляционной матрицы принятых отсчетов определяются выражением

$$R_{jk}^{(l)} = \frac{1}{2} \overline{U_j^{(l)} U_k^{(l)*}}.$$

Тогда с учетом (1) выражение для определения элементов корреляционной матрицы можно записать в виде:

$$\begin{aligned} R_{jk}^{(l)} &= \frac{1}{2} \overline{(U_j^{c(l)} + U_j^{n(l)} + U_j^{ш(l)})(U_k^{c(l)*} + U_k^{n(l)*} + U_k^{ш(l)*})} = \\ &= \frac{1}{2} \overline{U_j^{c(l)} U_k^{c(l)*}} + \frac{1}{2} \overline{U_j^{n(l)} U_k^{n(l)*}} + \frac{1}{2} \overline{U_j^{ш(l)} U_k^{ш(l)*}} = \\ &= \sigma_{cl}^2 \rho_c^{(l)}(j, k) e^{i(j-k)\varphi_c^{(l)}} + \sigma_{nl}^2 \rho_n^{(l)}(j, k) e^{i(j-k)\varphi_n^{(l)}} + \sigma_{шl}^2 \delta_{jk}, \end{aligned}$$

где $\rho^{(l)}(j, k)$ — коэффициенты междупериодной корреляции флуктуаций полезного сигнала или пассивной помехи, $\varphi^{(l)} = 2\pi F_d^{(l)} T$ — доплеровский сдвиг фазы сигнала или пассивной помехи за период повторения T в l -м канале, причем $\varphi^{(l)} = \eta_l \varphi^{(1)}$, где $\eta_l = f_l / f_1$ — отношение несущих частот l -го и 1-го каналов, δ_{jk} — символ Кронекера.