

В. Т. Белинский, ст. науч. сотр., Ю. Л. Мазор, канд. техн. наук,
Ю. А. Падиряков, асп.

О СИНТЕЗЕ КВАЗИОПТИМАЛЬНОГО ПРИЕМНИКА ШУМОВОГО СИГНАЛА

Рассмотрим задачу приема стационарного гауссовского случайного сигнала на фоне стационарной гауссовской случайной помехи с монотонно изменяющимися спектральными плотностями $G_c(\omega)$, $G_n(\omega)$ типа A/ω^m , B/ω^k . При ее решении представляет интерес синтез квазиоптимального обнаружителя в виде многоканальной системы однотипных каналов парциальной обработки со взвешивани-

ем [3]

$$U(T) = \sum_{i=1}^n \frac{G_c(\omega_i)}{G_n(\omega_i)[G_c(\omega_i) + G_n(\omega_i)]} \int_0^T U_{\Phi_i}^2(t) dt \underset{H_0}{\overset{H_1}{>}} \beta, \quad (1)$$

где U_{Φ_i} — огибающая отклика фильтра с полосой $\Delta\omega$, средней частотой $\omega_i + \Delta\omega/2$ и единичным коэффициентом передачи при воздействии на вход этого фильтра реализации случайного процесса

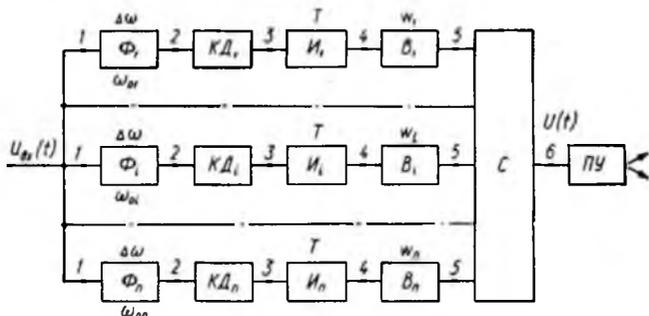


Рис. 1. Структурная схема квазиоптимального обнаружителя:

Φ_i — идеальный полосовой фильтр; $КД_i$ — квадратичный двусторонний детектор; I_i — интегратор; B_i — блок взвешивания с коэффициентом передачи $W_i = G_c(\omega_i) / [G_n(\omega_i)[G_c(\omega_i) + G_n(\omega_i)]]$; C — линейный сумматор; ПУ — пороговое устройство.

$U_{\text{вх}}(t)$, наблюдаемого на временном интервале $(0, T)$ в полосе частот $\Delta\Omega$; β — порог; H_1, H_0 — гипотезы о наличии и отсутствии сигнала.

Алгоритму (1) соответствует структурная схема (рис. 1).

Синтез квазиоптимального устройства сводится к выбору числа парциальных каналов фильтр — детектор — фильтр $n = \Delta\Omega/\Delta\omega$. Для решения этого вопроса рассмотрим помехоустойчивость обнаружителя при приеме слабых сигналов $\gamma_i = G_c(\omega_i)/G_n(\omega_i) \ll 1$. Полагая помеху в соседних каналах некоррелированной, можно, исходя из работ [1, 2], для случаев $k, m \leq 4, \Delta\omega T \gg 1$ определить вероятность правильного обнаружения

$$P_{\text{по}} = \Phi \left\{ \sqrt{\frac{\Delta\omega T}{2\pi}} \left[\sum_{i=1}^n \Psi_c(\omega_i) \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^n \Psi_n^2(\omega_i) \right]^{-\frac{1}{2}} - \Phi^{-1}(1 - P_{\text{лт}}) \right\}, \quad (2)$$

где функции

$$\Psi_c(\omega_i) = \frac{G_c(\omega_i)}{G_n^2(\omega_i)} \int_{\omega_i}^{\omega_i + \Delta\omega} G_c(\omega) d\omega; \quad (3)$$

определяются энергетическими спектрами сигнала и помехи; $\Phi(z)$, $\Phi^{-1}(P)$ — функция Лапласа и ее аргумент; $P_{\text{лт}}$ — вероятность ложных тревог. При уменьшении n вероятность $P_{\text{по}}$ падает из-за расхождения квазиоптимального (1) и оптимального алгоритма обработки

$$U(T) = \int_{\Delta\Omega} \frac{G_c(\omega)}{G_n^2(\omega)} \times \int_{H_0}^{H_1} |S(\omega)|^2 d\omega \underset{H_0}{\underset{H_1}{>}} \beta, \quad (5)$$

где $S(\omega)$ — преобразование Фурье наблюдаемой реализации. Алгоритм (5) является предельным значением выражения (1) при $n \rightarrow \infty$.

Дальнейшее исследование сводится к определению минимально возможного $n_{\text{мин}}$,

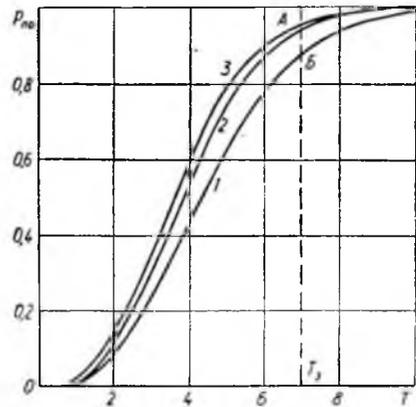


Рис. 2. Зависимости вероятности правильного обнаружения от времени наблюдения T при $P_{\text{лт}} = 10^{-5}$, $\gamma_0 = 0,005$, $\omega_0/\Delta\Omega = 1/3$:

1 — $n = 3$; 2 — $n = 6$; 3 — $n \geq 15$.

при котором имеет место допустимое снижение вероятности правильного обнаружения, рассчитанной по формулам (2)—(4), применительно к конкретным законам изменения $G_c(\omega)$, $G_n(\omega)$.

Рассмотрим решение этой задачи на примере зависимостей

$$\left. \begin{aligned} G_c(\omega) &= A/\omega^2, \\ G_n(\omega) &= B/\omega^4, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где A , B — постоянные коэффициенты. Подстановка выражений (6) в формулы (2)—(4) дает

$$P_{\text{по}} = \Phi \left(\sqrt{\frac{\Delta\omega T}{2\pi}} \left[\sum_{i=1}^n \gamma_0^2 \left(\frac{\omega_i}{\omega_0} \right)^4 \frac{1}{1 + \frac{\Delta\omega}{\omega_i}} \right] \times \right. \\ \left. \times \left[\sum_{i=1}^n \left[\gamma_0 \left(\frac{\omega_i}{\omega_0} \right)^2 \frac{0,33 \left(\frac{\Delta\omega}{\omega_i} \right)^2 + \left(\frac{\Delta\omega}{\omega_i} \right) + 1}{\left(\frac{\Delta\omega}{\omega_i} + 1 \right)^3} \right]^2 \right]^{-\frac{1}{2}} - \Phi^{-1}(1 - P_{\text{лт}}) \right), \quad (7)$$

где ω_0 — нижняя частота диапазона. Графическое представление выражения (7) при $P_{\text{лт}} = 10^{-4}$ и $\gamma_0 = 0,005$ для различного числа парциальных каналов приведено на рис. 2. Характеристика 3 совпадает с характеристикой, рассчитанной для оптимального функционала (5). Как видно из рассмотрения зависимостей $P_{\text{по}}(T)$ при $P_{\text{лт}}$, γ , $\Delta\omega$, $n = \text{const}$, с увеличением числа n вероятность правильного обнаружения возрастает вследствие приближения к оптимальному функционалу обработки. При этом наращивание числа каналов $n \geq n_{\text{min}} \approx 15$ уже не сопровождается существенным выигрышем в помехоустойчивости.

1. Галайчук Г. Л., Мазор Ю. Л., Падиряков Ю. А., Чачковский С. В. Спектр отклика типового тракта обнаружения при воздействии шума с падающим спектром. — Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника, 1977, № 4, с. 80—82. 2. Гаткин Н. Г., Геранин В. А., Карновский М. И., Красный Л. Г. Помехоустойчивость типового тракта обнаружения сигналов. Киев, Техніка, 1971. 402 с. 3. Репин В. Г., Тартаковский Г. П. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем. М., Сов. радио, 1977. 512 с.

Поступила в редколлегия 03.09.79

V. T. Belinskij, Yu. L. Mazor, Yu. A. Padirjakov

ABOUT THE SYNTHESIS OF SUBOPTIMUM NOISE SIGNAL RECEIVER

There is considered the determination of partial canal filter — detector — filter number in the suboptimum noise signal receiver.