

Список использованной литературы

1. Лосев А.К. Теория линейных электрических цепей. М., 1987. 512 с. 2. Гиллеми Е.А. Синтез пассивных цепей. М., 1970. 720 с. 3. Толстиков Ю.В., Омелянюк И.В. Цепи с регулируемыми параметрами и их применение в фазовращателях СВЧ // Изв. вузов. Радиоэлектроника. 1975. Т. 18, № 5. С. 56—61. 4. Сигорский В.П., Петренко А.И. Основы теории электронных схем. К., 1971, 568 с. 5. Карни Ш. Теория цепей. Анализ и синтеза. М., 1973. 368 с.

Поступила в редколлегию 11.03.92

УДК.621.396.669

Ю.Л.МАЗОР, канд. техн. наук, проф.

СРАВНЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ДВУХ ТИПОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ АДАПТИВНЫХ ОБНАРУЖИТЕЛЕЙ ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ

Произведено сравнение помехоустойчивости модельного и модельно-оценочного специализированных адаптивных обнаружителей шумовых сигналов. На ограниченном классе моделей показано преимущество модельного обнаружителя.

Рассмотрим два типа обнаружителей, специализированных для выделения шумового стационарного гауссовского сигнала (С) на фоне шумовой стационарной гауссовской помехи (П) с априорно неизвестными монотонно убывающими спектрами

$$G_c(f_i) = Af_i^{-m}, \quad G_n(f_i) = Bf_i^{-n}, \quad (1)$$

где $f_{\min} \leq f_i \leq f_{\max}$; $f_{\max}/f_{\min} = 4$; показатели степени представляют целые числа:

$$m = 1 \dots 5, \quad n = 1 \dots 5; \quad (2)$$

A, B — средние мощности С и П на минимальной частоте. Рассмотренный класс моделей характерен для реальных шумовых процессов. Обнаружители отличаются степенью использования априорной информации (1), (2).

Первый из обнаружителей описан в работе [1]. Этот специализированный адаптивный обнаружитель назван модельно-оценочным (САО-МО) в том смысле, что его весовые коэффициенты

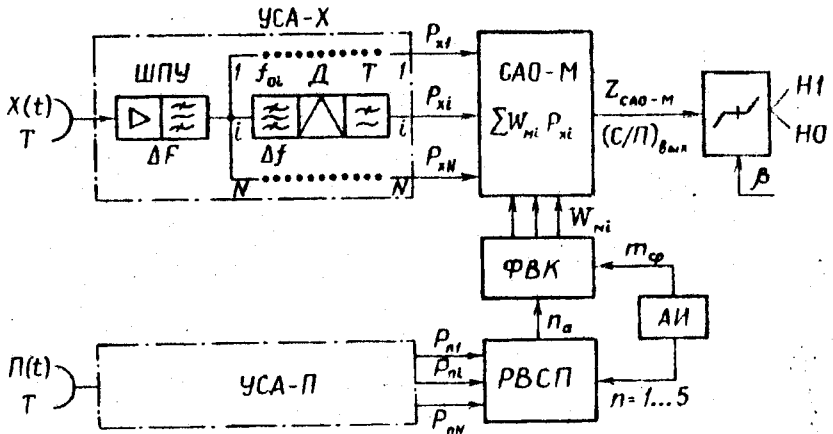
$$W_{MOi} = G_{cA}^{cp}(f_i) / [G_n^*(f_i)]^2 \quad (3)$$

формируются с помощью априорно заданной средней модели спектра С

$$G_{cA}^{cp}(f_i) = Af_i^{-mcp} = Af_i^{-3} \quad (4)$$

и оценки спектра помехи $G_n^*(f_i)$. Как указано в работе [1], такой метод формирования веса обусловлен значительной погрешностью оценки

спектра пороговых сигналов. Сравнимый с ним специализированный адаптивный обнаружитель назван модельным (САО-М), поскольку его весовые коэффициенты W_{mi} как по С, так и по П формируются на базе заданных моделей (1), (2). Структурная схема обнаружителя представлена на рисунке. Так же, как САО-МО, устройство имеет



квазиоптимальную структуру, где УСА-Х и УСА-П — устройства спектрального анализа исследуемого колебания $x(t)$ и помехи опорного канала $\Pi(t)$ соответственно. Оба УСА содержат систему узкополосной фильтрации из N парциальных параллельных каналов фильтр—детектор—фильтр, где $\Delta f/f_{oi} \ll 1$, $N\Delta f = \Delta F$, $\Delta T \gg 1$. Устройство САО-М работает по квазиоптимальному алгоритму

$$Z_{\text{САО-М}} = \sum_{i=1}^N W_{Mi} P_{xi}, \quad (5)$$

где P_{xi} — мощность на выходе i -го парциального канала УСА-Х. Модельные весовые коэффициенты формируются в блоке ФВК:

$$W_{Mi} = G_{\text{СА}}^{\text{CP}}(f_i) / [G_{\text{ПА}}^{\text{a}}(f_i)]^2, \quad (6)$$

где $G_{\text{СА}}^{\text{CP}}(f_i)$ — априорно (А) заданная по средней модели спектральная плотность мощности (СПМ) сигнала [4]; $G_{\text{ПА}}^{\text{a}}(f_i)$ — адаптивно (а) установленная из априорно заданного множества (2) модель

$$G_{\text{ПА}}^{\text{a}}(f_i) = B f_i^{-n_a}. \quad (7)$$

В блоке различения вида спектра помехи (РВСП) определяется показатель степени n_a , необходимый для СПМ (7). Для этого используют алгоритм, работающий посредством сравнения спектра Π $\rho_{ni} =$

= G_{ni}^* с априорно заданными моделями (1), (2). При условии малого коэффициента вариации $\eta(\rho_i) < 1$, на основании критерия максимума правдоподобия может быть сформирована разделяющая функция

$$q^2(n) = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N f_i P_{ni} \right)^2 / \sum_{i=1}^N (f_i P_{ni})^2, \quad (8)$$

откуда в качестве оценок выбирают такие величины n_a из множества их допустимых значений (2), при которых функция (8) достигает максимально возможного значения. Эта методика инвариантна к среднему уровню помехи. Статистические испытания этого способа даже при сильно увеличенном значении коэффициента вариации $\eta = 1/\sqrt{3}$ показывают вероятность ложного определения, равную 10^{-4} . Априорная информация, необходимая для работы РВСП и ФВК, поступает из блока АИ. Сформированный выходной продукт (5) поступает на пороговое устройство ПУ, работающее в бинарной альтернативе (Н1, Н0).

Сравнительный анализ помехоустойчивости модельного и модельно-оценочного специализированных адаптивных алгоритмов обнаружения шумовых сигналов был выполнен при помощи статистического моделирования на ЭВМ. Помехоустойчивость оценивалась в энергетических терминах по методике [2], как проигрыш оптимальному алгоритму [1]:

$$L_{\text{CAO-M}} = (C/\Pi)_{\text{вых CAO-M}} / (C/\Pi)_{\text{вых.опт.}}$$

$$L_{\text{CAO-MO}} = (C/\Pi)_{\text{вых CAO-MO}} / (C/\Pi)_{\text{вых.опт.}}$$

Сравнение производилось для 25 моделей спектров

$$M = \begin{pmatrix} M_{11} & M_{21} & M_{31} & M_{41} & M_{51} \\ M_{12} & M_{22} & M_{32} & M_{42} & M_{52} \\ M_{13} & M_{23} & M_{33} & M_{43} & M_{53} \\ M_{14} & M_{24} & M_{34} & M_{44} & M_{54} \\ M_{15} & M_{25} & M_{35} & M_{45} & M_{55} \end{pmatrix},$$

где каждой модели матрицы соответствует такое сочетание $G_c(f_i)$ и $G_n(f_i)$, при котором первая цифра индекса задает значение показателя степени m , вторая — n (1). Исследование производилось для случая пороговых сигналов

$$(C/\Pi)_{\text{вкл}} = G_{\text{с.вкл}}(f_i) / G_{\text{п.вкл}}(f_i) \ll 1.$$

Испытания проводились в двухоктавной полосе частот по 300 отсчетов в каждой, статистическая представительность — 10^4 отсчетов.

Результаты моделирования представлены в табл. 1 для CAO-M и в табл. 2 — для CAO-MO.

Как следует из таблиц, средние по 25 моделям проигрыши в помехоустойчивости оптимальному обнаружителю таковы:

$$L_{\text{CAO-Мср}} = 0,9 \text{ дБ}; \quad L_{\text{CAO-МОср}} = 8,2 \text{ дБ};$$

Таблица 1

n	L _{CAO-М} , дБ, для m				
	1	2	3	4	5
1	2,70	0,57	0	0,21	0,64
2	2,57	0,78	0	0,43	1,35
3	1,40	0,50	0	0,62	2,33
4	0,61	0,19	0	0,50	2,41
5	0,31	0,08	0	0,30	1,51

Таблица 2

n	L _{CAO-М} , дБ, для m				
	1	2	3	4	5
1	9,90	7,79	7,22	7,42	7,85
2	9,80	8,02	7,23	7,68	8,58
3	8,68	7,78	7,27	7,89	9,60
4	8,18	7,57	7,40	7,89	9,80
5	7,85	7,62	7,53	7,83	9,05

наибольшие по 25 моделям проигрыши оптимальному обнаружителю составляют:

$$L_{\text{CAO-Мmax}} = 2,7 \text{ дБ}; \quad L_{\text{CAO-МОmax}} = 9,9 \text{ дБ}.$$

Как и следовало ожидать, помехоустойчивость специализированного адаптивного обнаружителя модельного типа (CAO-М), который использует большее количество априорной информации, выше, чем у обнаружителя модельно-оценочного типа (CAO-МО). Полученный вывод справедлив для задачи обнаружения шумовых сигналов с монотонно убывающими спектрами в указанной выше постановке. Следует отметить, что алгоритм CAO-МО, в отличие от CAO-М, имеет возможность дополнительной адаптации по тонкой структуре спектра помехи.

Список использованной литературы

1. Мазор Ю.Л. Сравнение универсального и специализированного обнаружителей шумовых сигналов // Вестн. Киев. политехн. ин-та. Радиотехника. 1992. Вып. 29. С. 12—15. 2. Мазор Ю.Л., Белинский В.Т., Чачковский С.В. О методе исследования помехоустойчивости квазиоптимальных приемников шумовых сигналов при помощи моделирования на ЭВМ // Вестн. Киев. политехн. ин-та. Радиотехника. 1986. Вып. 22. С. 61—63.

Поступила в редколлегию 05.05.92