

Методи оптимального та адаптивного оброблення сигналів

ОБРОБКА СИГНАЛІВ ДОМЕН-АКУСТИЧНИМ ПРОЦЕСОРОМ У АВТОКОРЕЛЯЦІЙНОМУ РЕЖИМІ

Белас О.М., д.т.н., с.н.с., Іванько О.О.

*Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Специфікою обробки сигналів домен-акустичним процесором (ДАП) є те, що алгоритм обробки формується шляхом зміни структури внутрішнього розподілу намагніченості феритового осердя при взаємодії в ньому двох програмувальних сигналів [1]. Це значить, що якість сформованої структури і, відповідно, якість обробки сигналів в ідеальному випадку визначаються якістю цих двох сигналів. Якщо сигнал запису може бути сформований малошумним потужним генератором, то в автокореляційному режимі опорний сигнал формується із сигналу, який підлягає обробці і, відповідно, має шумову складову. Розглянемо цей випадок.

Будемо вважати, що ДАП реалізує функцію узгодженого фільтра. В значенні показника якості будемо використовувати стандартний для фільтрів показник – відношення максимального значення корисного сигналу до значення квадратного кореня з дисперсії шуму. Надалі будемо використовувати вислів «відношення сигнал / шум» і позначати його С/Ш. Оцінку будемо проводити для ідеального випадку, тобто не будемо враховувати вгасання сигналу при поширенні акустичної хвилі та внутрішні шуми в ДАП.

Спочатку визначимося з особливостями формування амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) фільтра на базі ДАП в зазначеному режимі. Тобто будемо вважати, що АЧХ формується з сигналу, який потім буде оброблятися. Конкретно формування АЧХ відбувається при повному надходженні першого імпульса корисного сигналу в тіло ДАП шляхом подачі сигналу в момент часу t_0 . Враховуючи, що при формуванні АЧХ окрім корисного сигналу $s(t)$ в тілі ДАП присутній шум $\eta(t)$, результуюча імпульсна характеристика буде відрізнятися від ідеальної і матиме вигляд, аналітичний вираз для якого знаходимо за формулою:

$$h(t) = \begin{cases} s(t_0 - t) + \eta(t_0 - t), & t \in [0, t_0]; \\ 0, & t \notin [0, t_0]. \end{cases} \quad (1)$$

Будемо вважати, що корисний сигнал $s(t)$ є періодичним з періодом T і

енергією в імпульсі, яка дорівнює E , а завада може бути подана у вигляді стаціонарного випадкового процесу $\eta(t)$ з нульовим середнім і кореляційною функцією, яка визначається за формулою:

$$K_{\eta}(\tau) = K_{\eta}(t_2 - t_1) = \frac{N_0}{2} \delta(t_2 - t_1), \quad (2)$$

де $\delta(t)$ – дельта-функція Дірака, N_0 – спектральна щільність завади.

Таким чином, другий та наступні імпульси обробляються процесором згідно із сформованою АЧХ.

Як було визначено вище, значення корисного сигналу дорівнює E . Оцінимо тепер значення дисперсії завади в момент часу $T+t_0$. В загальному випадку дисперсія визначається за формулою:

$$D[y(T+t_0)] = D[A_1] + D[A_2] + D[A_3] + D[A_4] + 2K_{12} + 2K_{13} + 2K_{14} + 2K_{23} + 2K_{24} + 2K_{34}, \quad (3)$$

де $D[A_i]$ – дисперсія $A_i(T+t_0)$, K_{ij} – взаємно кореляційні моменти.

Беручи до уваги, що значення кореляційної функції шуму за умовами відрізняється від нуля, а також, якщо випадкові величини – складові моменту четвертого порядку, мають нормальне розподілення і середнє значення, яке дорівнює нулю, то момент четвертого порядку можна визначити через моменти другого порядку [2], тобто

$$K_{\alpha}(z_1, z_2) = K'_{12} K'_{34} + K'_{13} K'_{24} + K'_{14} K'_{23}. \quad (4)$$

Підставляючи значення дисперсій в формулу (3), отримуємо:

$$Ш = \sqrt{D[y(T+t_0)]} = \sqrt{\frac{N_0 E}{2} \cdot \left(2 + \frac{N}{2E}\right)}. \quad (5)$$

Кінцева формула для відношення сигнал / шум на виході фільтра на ДАП матиме вигляд:

$$C / Ш = E / \sqrt{\frac{N_0 E}{2} \left(2 + \frac{N_0}{2E}\right)} = \sqrt{2E / N_0} \sqrt{1 / \left(2 + \frac{N_0}{2E}\right)}. \quad (6)$$

Перший співмножник у формулі для показника якості відповідає відомій формулі з класичної теорії оптимальної обробки сигналів. Другий – враховує специфіку обробки сигналів саме в ДАП і визначає втрати, що пов'язані з наявністю на етапі формування АЧХ шуму.

Література

1. Бондаренко В.С. Исследование домен-акустического эха в поликристаллических ферритах / Бондаренко В.С., Криночкин В.В., Мануилов М.В., Соболев Б.В. // Письма в ЖТФ. – 1987. – Т. 13. – Вып. 10. – С. 598.
2. Тузов Г.И. Статистическая теория приема сложных сигналов. – М.: Сов. радио, 1977. – 400 с.