

АЛГОРИТМЫ РЕЖЕКЦИИ УЗКОПОЛОСНЫХ ПОМЕХ АДАПТИВНЫМ ВЫРАВНИВАТЕЛЕМ

Пак А.А.

Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики
(технический университет)

Москва, Россия

Одним из наиболее распространенных видов структурных помех являются узкополосные помехи, воздействие которых приводит к существенному снижению помехоустойчивости приема.

Эффективным методом борьбы со структурными помехами является применение адаптивных выравнивателей (АВ) частотной характеристики канала связи. АВ представляет собой цифровой фильтр с изменяемыми весовыми коэффициентами (ВК), перестройка которых осуществляется в соответствии с алгоритмом выравнивания.

В процессе выравнивания характеристика АВ подстраивается таким образом, чтобы подавить узкополосную помеху (рис. 1).

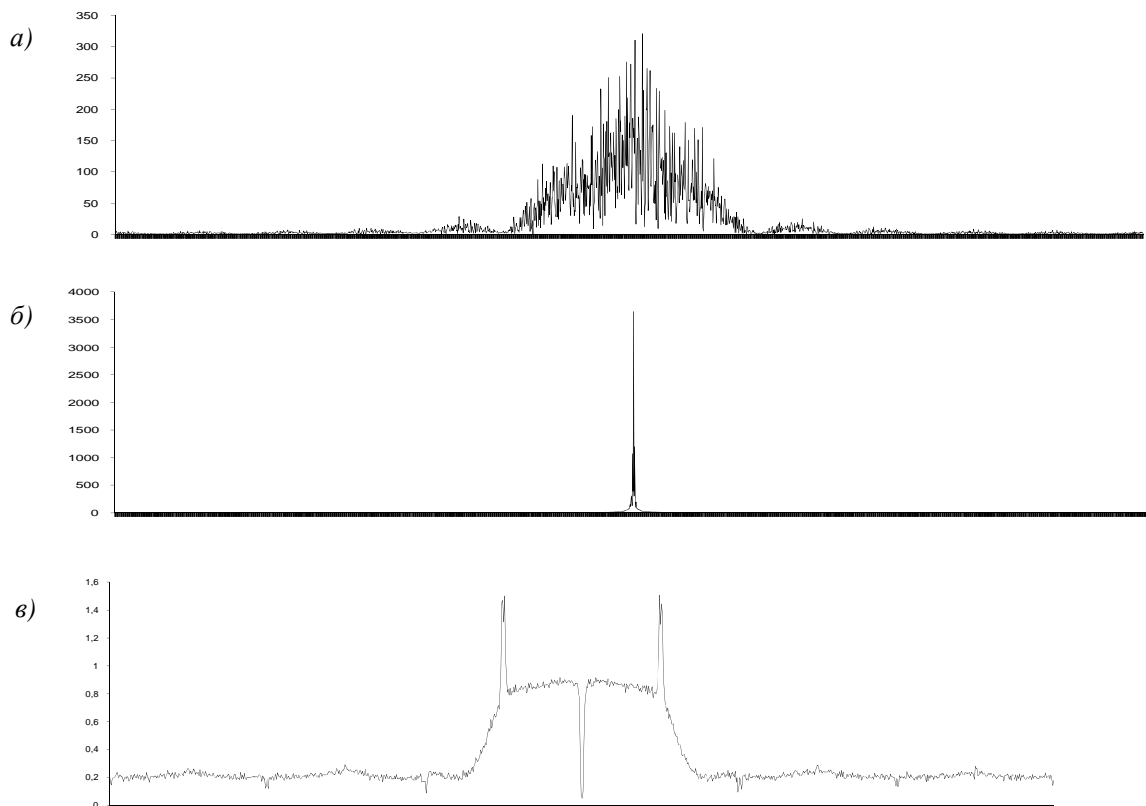


Рис. 1. Подавление узкополосной помехи АВ:

- а) амплитудный спектр полезного сигнала;
- б) амплитудный спектр узкополосной помехи;
- в) амплитудно-частотная характеристика АВ.

Представленные результаты (рис. 1.) получены с помощью алгоритма выравнивания Годара, являющегося одним из наиболее известных и эффективных критериев выравнивания без привлечения обучающей последовательности.

Алгоритм Годара подстройки вектора ВК выглядит следующим образом [1]:

$$C_{k+1} = C_k - \Delta \left(|y_k|^p - R_p \right) |y_k|^{p-2} y_k X_k^*, \quad (1)$$

где C_k – текущий вектор ВК АВ; C_{k+1} – вычисляемый вектор ВК АВ; Δ – шаг подстройки; X_k^* – вектор входных комплексно-сопряженных отсчетов; y_k – k -ый отсчет сигнала на выходе АВ; $p > 0$ – целое число; R_p – положительная константа.

Алгоритм Годара (1) показывает хорошие результаты при обработке сигналов с постоянной огибающей.

На основе алгоритма Годара (1) разработан новый алгоритм выравнивания, ориентированный на структуру ММС-сигнала (манипуляция минимальным сдвигом), являющегося одним из видов семейства модулированных сигналов с непрерывной фазой (МНФ) и широко применяющегося в современных системах связи:

$$C_{k+1} = C_k - \Delta Q i S \left(\left(\left(\arg(y_k) - \frac{p}{4} \right) \bmod \left(\frac{p}{2} \right) - \frac{p}{4} \right)^{Q-1} \frac{1}{|y_k|^2} y_k X_k^* - \right. \\ \left. 2\Delta p \left(|y_k|^p - R_p \right) |y_k|^{p-2} y_k X_k^* \right), \quad (2)$$

где $S = 1$ при $\arg(y_k) - \frac{p}{4} \geq 0$; $S = -1$ при $\arg(y_k) - \frac{p}{4} < 0$; i – комплексное число: $\text{Re}(i)=0$; $\text{Im}(i)=1$; $Q = 2, 4, \dots$; R_p – константа ($R_p > 0$); $p = 2, 4, \dots$; y_k – k -ый отсчет сигнала на выходе АВ; X_k^* – вектор входных комплексно-сопряженных отсчетов.

Для предлагаемого алгоритма определен следующий порядок обработки отсчетов входного ММС-сигнала:

1. На границах соседних информационных символов применяется формула (2).
2. Для остальных отсчетов применяется формула (1).

Применение предложенного алгоритма показало при компьютерном моделировании повышение помехоустойчивости приема ММС-сигнала в условиях воздействия узкополосной помехи на 1,4 дБ при вероятности ошибочной демодуляции информационного символа $1 \cdot 10^{-5}$ по сравнению с известным алгоритмом Годара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dominique N. Godard Self-recovering equalization and carrier tracking in two-dimensional data communication systems // IEEE Transactions on communications, Vol. COM-28, №11, Nov. 1980. – PP. 1867-1875.