

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДАВЛЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ АКТИВНЫХ ШУМОВЫХ ПОМЕХ

Нгуен Д.В. , магистрант

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Давыденко И.Н. – канд. тех. наук, доцент

Аннотация: В статье рассматривается анализ эффективности одноканальных автокомпенсаторов активных шумовых помех при подавлении нестационарных шумовых помех.

Ключевые слова: анализ эффективности автокомпенсаторов, алгоритмы работы одноканального автокомпенсатора помех, *LMS* -алгоритм, *NLMS* - алгоритм , *RLS* – алгоритм, нестационарная активная шумовая помеха.

Модель нестационарных активных шумовых помех

Активные шумовые помехи могут носить нестационарный характер как по времени (прерывистые помехи), так и по пространству (сканирование приемной диаграммы направленности). На рисунке 1 и 2 приведены модели нестационарных активных шумовых помех в временном виде и в виде индикатора “ азимут и дальность” .

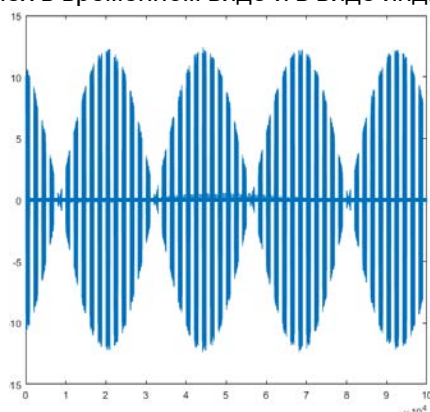


Рис.1. – Модель нестационарных активных шумовых помех в временном виде

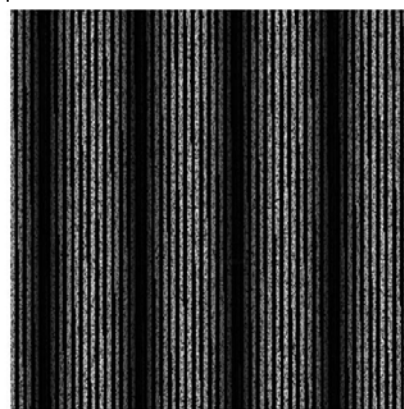


Рис.2. – Модель нестационарных активных шумовых помех в виде “ азимут и дальность”

Алгоритмы работы автокомпенсатора шумовой помехи

Существует большое количество алгоритмов адаптивной пространственной обработки сигналов, которые разбиваются на три большие группы [1, 2, 3]:

- алгоритмы, реализующие градиентный метод (*LMS*-алгоритм и его модификации);
- алгоритмы непосредственного обращения матрицы (*SMI*-алгоритмы);
- алгоритмы рекурсивных наименьших квадратов (*RLS*-алгоритмы).

Однако вычислительная сложность алгоритма *SMI* является высокой. По этой причине в настоящее время на практике применяются *LMS*-алгоритм и его модификации и алгоритм *RLS* [4].

Классический *LMS*-алгоритм формирования весовых коэффициентов может быть получен методом замены производных аналогового прототипа, реализующего градиентный метод поиска экстремума функционала качества, конечными разностями [4]:

$$W(n) = W(n-1) - \mu \cdot K_{\Pi} \cdot E_{\Sigma}^*(n) \cdot E_{\Sigma}(n), \quad (1)$$

где $E_{\Sigma}(n) = E_0(n) + W(n-1)E_K(n)$; μ – коэффициент сходимости; K_{Π} – коэффициент преобразования цепей обратной связи; n – номер дискрета времени.

Недостатками алгоритма *LMS* являются: возможность потери устойчивости при неправильном выборе коэффициента сходимости; зависимость скорости сходимости от мощности помехи. Достоинствами алгоритма *LMS* являются: минимальная вычислительная сложность; устойчивость к искажениям за счет обратной связи по выходному сигналу.

Попыткой устранения зависимости скорости сходимости алгоритма *LMS* от мощности помехи, является использование алгоритма *NLMS* (*Normalized LMS Algorithm*). Алгоритм *NLMS* используется в тех случаях, когда алгоритм *LMS* не может гарантировать устойчивость из-за неизвестных характеристик помехи или при обработке нестационарных помех и имеет следующий вид [2, р. 262; 3, с. 167]:

$$W(n) = W(n-1) - \frac{\mu}{|E_k(n)|} E_k(n) \cdot E_{\Sigma}(n). \quad (2)$$

В нестационарной обстановке часто применяются рекурсивные алгоритмы формирования весовых коэффициентов типа RLS. Алгоритм формирования весовых коэффициентов RLS имеет следующий вид:

$$W(n) = -R^{-1}(n)R(n)W(n-1) - R^{-1}(n)E^*(n)E_{\Sigma}(n), \quad (3)$$

где $E_{\Sigma}(n) = E_0(n) + E^T(n)W(n-1)$;

$$R^{-1}(i) = R^{-1}(i-1) - \frac{\alpha R^{-1}(i-1)E(i)E^*(i)R^{-1}(i-1)}{1 + \alpha E^T(i)R^{-1}(i-1)E(i)}$$

Сравнительный анализ эффективности алгоритмов

Сравнительный анализ эффективности алгоритмов работы одноканального автокомпенсатора активных шумовых помех производился методом имитационного моделирования. Эффективность автокомпенсатора оценивалась по мощности остатков компенсации помехи после окончания переходных процессов. Соседние отсчеты и помехи и внутреннего шума являлись некоррелированными. Результат представлены в виде индикатора азимута и дальность.

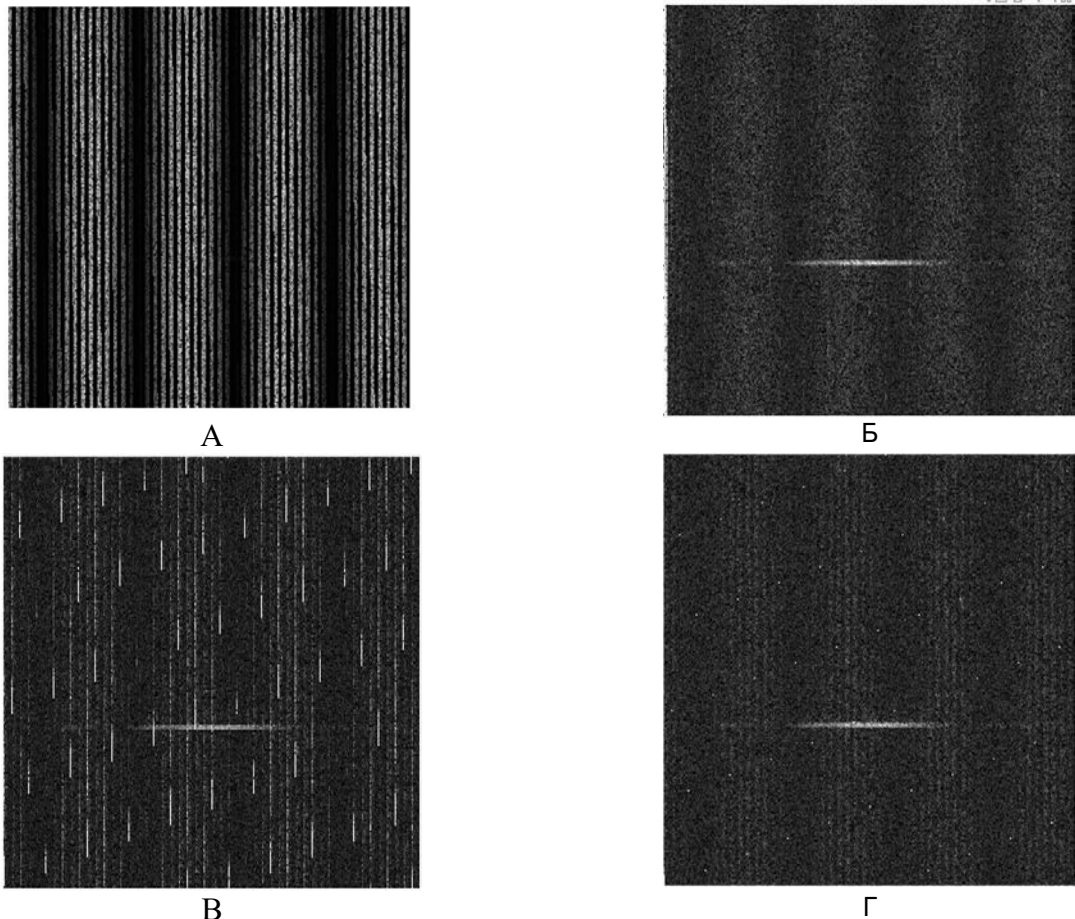


Рис.3. – Индикатора азимута и дальность при выключении АК (А), алгоритме LMS(Б), алгоритме NLMS(В) и алгоритме RLS(Г)

На рисунке 3 показаны результаты имитационного моделирования до включения АКМИ и после применения алгоритмов LMS, NLMS и RLS. Из результатов видно что алгоритмы LMS и RLS дают хорошие возможность наблюдения отметки и лучшие эффективности подавления нестационарных активных шумовых помех. Алгоритм NLMS тоже дает возможность наблюдения отметки, однако эффективности подавления нестационарных активных шумовых помех хуже чем алгориты LMS и RLS.

Заключение

Сравнительный анализ эффективности подавления нестационарных активных шумовых помех показал, что приблизительно одинаковой эффективностью обладают алгоритмы *LMS* и *RLS*. Эффективность алгоритма *NLMS* при подавлении нестационарных шумовых помех является более низкой за счет разбалтывания весового коэффициента на временном интервале, свободном от помехи.

Список использованных источников:

1. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. *Адаптивные антенные решетки* / М.: Радио и связь, 1986. 446 с.
2. Aurelio Uncini. *Fundamentals of Adaptive Signal Processing* / Springer, 2015. 704 p.
3. Джиган В.И. *Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы* / Москва: Техносфера, 2013. 528 с.
4. Джиган В.И. *LMS-алгоритм адаптивной фильтрации: первый или единственный для использования на практике?* // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС), 2014. – №4. – С. 159–168.
5. Brennan L.E., Pugh E.L., Reed I.S. *Control Loop Noise in Adaptive Array Antennas* // *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, 1971. – Vol. 7, N2. Pp. 254–262.
6. Brennan L.E., Reed I.S. *Effect of Envelope Limiting in Adaptive Array Control Loops* // *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, 1971. – Vol. 7, N4. Pp. 698–700.
7. J.I. Nagumo, A. Noda. *A learning method for system identification* / *IEEE Trans. on Automatic Control*, 1967. – Vol. 12, N3. Pp. 282–287.
8. Sayed A.H. *Fundamentals of adaptive filtering* / NJ, Hoboken: John Wiley and Sons, Inc., 2003. 1125p.
9. Сергиенко А.Б. *Алгоритмы адаптивной фильтрации: особенности реализации в MATLAB*. В журнале «Exponenta Pro», 2003, №1. С. 18–28.