

ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА

Л. В. ЛИТЮК, Х. Т. ГАЛАБАЕВ, В. В. ГОРБУНОВ, О. Г. ЕСАЕВА, А. Д. ЩЕРБАКОВ

ИРТСУ ЮФУ, (г. Таганрог, Российская Федерация)

E-mail: lvlityuk@sfnedu.ru

Аннотация. Рассматривается алгоритм компенсации помеховой составляющей в принимаемой аддитивной смеси сигнала и шума.

Abstract. An algorithm for compensating the interference component in the received additive mixture of signal and noise is considered.

Для повышения помехоустойчивости и скрытности при передаче сигналов управления используют различные виды сложных сигналов (СС), наиболее эффективными из которых являются сложные сигналы второго порядка (ССВП) [1, 2].

Целью данной работы является моделирование помехозащищенного алгоритма обработки ССВП при управлении БПЛА.

Моделирование осуществлялось следующим образом. Генерировались отсчеты дополнительных кодовых последовательностей (ДКП) сигнала и такое же количество отсчетов шумовых реализаций в каждом из каналов. Обработка реализуется суммой отсчетов ДКП и шума. Были промоделированы отсчеты импульсных характеристик (ИХ) согласованных (СФ A и C) и сжимающих (СЖФ B и D) фильтров. Согласно алгоритму, на приемной части по каждому из каналов установлено корреляционно-фильтровое устройство, «открывающее» приемный тракт в момент прохождения аддитивной смеси полезного сигнала и шума. Таким образом, отсчеты принимаемой реализации обнуляются в моменты времени, когда в ней присутствуют только шумовые составляющие. Сформированные реализации подаются на соответствующие СЖФ и СФ. Отклики соответствующих СЖФ и СФ подаются на сумматоры, на выходах которых получают суммарные автокорреляционные (АКФ) и взаимокорреляционные функции (ВКФ) ДКП. Далее суммарные АКФ (сигнальный канал) и ВКФ (помеховый канал) подвергаются обработке, целью которой является нахождение отсчетов шумовых реализаций по соседним частотным каналам принятого ССВП и вычитания их из принятой зашумленной реализации, а также последующей дополнительной согласованной обработке принятого ССВП.

В результате получается выходной отклик, описываемый суммарной АКФ, с компенсацией помеховой составляющей.

В качестве моделируемого ССВП был выбран сигнал, фазовая структура которого описывается \mathbf{D} -матрицы 4-го порядка вида

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Для визуальной наглядности при проведении анализа получаемых результатов использовалась завышенная частота дискретизации каждого из квадратурных каналов, которая в 8 раз превышала минимально необходимую, выбираемую из условий выполнения теоремы Котельникова.

Моделировались последовательности, состоящие из $M=32$ отсчетов при длительности обрабатываемой реализации (выборке) $N=2048$ отсчетов. Величина амплитуды принимаемого сигнала a полагалась известной.

Рассмотрен случай, когда отношение сигнал/шум (ОСШ) на входе $q_{вх} = -20$ дБ при длительности обрабатываемой реализации $N = 2048$ отсчетов.

На рис. 1 и рис. 2 изображены суммы сигналов, описываемых 1-й и 3-й строками \mathbf{D} -матрицы, и выборочных шумовых реализаций, при отношении сигнал/шум $q_{вх} = -20$ дБ (пунктиром изображено положение СС при отсутствии шума).

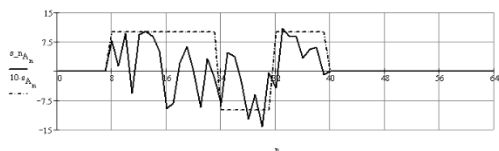


Рис. 1. Сумма ССПП и шума в первом канале

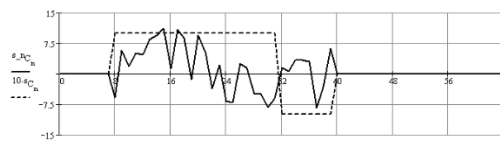


Рис. 2. Сумма ССПП и шума во втором канале

Реализации, изображенные на рис. 1 и рис. 2, обрабатываются в СФ А, СФ С, СЖФ В и СЖФ D. Результаты обработки представлены на рис. 3 – рис. 6.

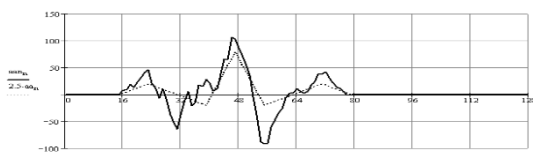


Рис. 3. Реализация на выходе СФ А

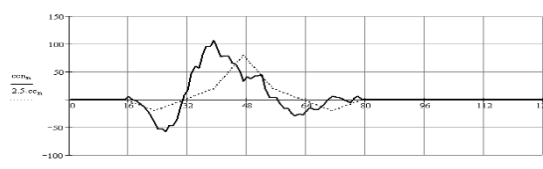


Рис. 4. Реализация на выходе СФ С

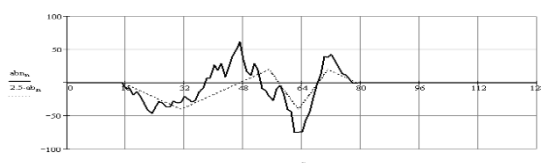


Рис. 5. Реализация на выходе СЖФ В

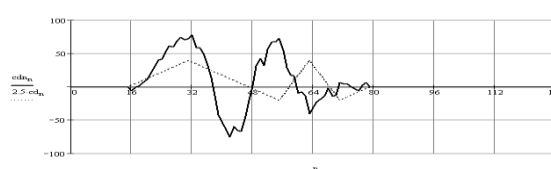


Рис. 6. Реализация на выходе СЖФ D

При ОСШ на входе $q_{\text{вх}} = -20$ дБ и аддитивные смеси ССВП и помеховой реализации показаны на рис. 7 и рис. 8.

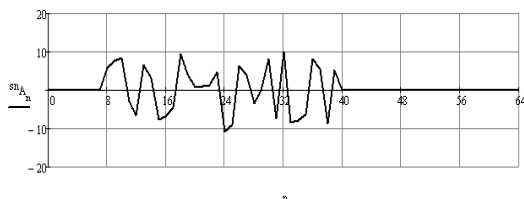


Рис. 7. Сигнал на входе первого канала.

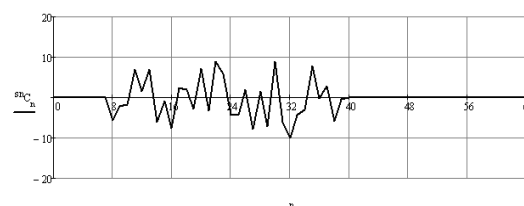


Рис. 8. Сигнал на входе второго канала.

Выходные отклики, описываемые суммарными АКФ, без компенсации и с компенсацией помеховых реализаций при ОСШ на входе $q_{\text{вх}} = -20$ дБ, изображены на рис. 9 и рис. 10 соответственно.

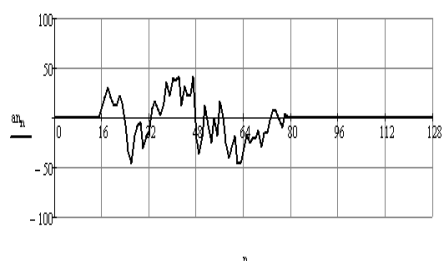


Рис. 9. Выходной отклик без компенсации помеховой реализации.

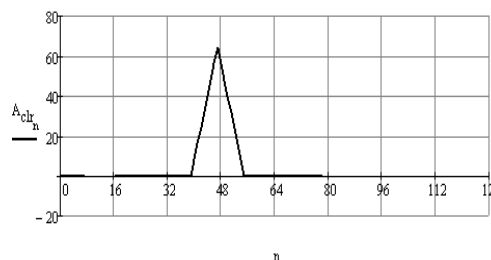


Рис. 10. Выходной отклик с компенсацией помеховой реализации.

Список использованных источников

1. Литюк В.И., Литюк Л.В. Методы цифровой многопроцессорной обработки ансамблей радиосигналов. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2018. – 590 с.
2. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. – М.: Сов. радио, 1978. – 304 с.
3. Литюк В.И., Литюк Л.В. Введение в основы теории математического синтеза ансамблей сложных сигналов: Учеб. пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. – 80 с.