

УДК 621.391

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ С УМЕНЬШЕНИЕМ ПИК-ФАКТОРА OFDM СИГНАЛОВ

*Ле Ван Ку, аспирант кафедры «Мультимедийных технологий и телекоммуникаций» МФТИ,
e-mail: v.dvorkovich@mail.ru.*

IMPLEMENTATION OF AN OFDM CODING SYSTEM WITH PAPR REDUCTION

Le Van Ku

In this paper we analyze the structure of a radio signal with OFDM modulation and conduct a study (research) to reduce the Peak to Average Power Ratio (PAPR) by the use of some carrier frequencies (Tone reservation), by extending some modulation constellation points around of the constellation (Adaptive Active Constellation Extension). As a result of joint research and such methods of processing, PAPR of OFDM signals is reduced significantly (about above 5 dB) and the efficiency of using output amplifiers of the transmitting means is improved.

Key words: OFDM modulation, reduce PAPR, Adaptive Active Constellation Extension.

Ключевые слова: OFDM сигнал, пик-фактор, метод резервных несущих, метод адаптивного изменения сигнального созвездия.

Описание итерационного алгоритма обработки OFDM сигналов

Суть метода *резервных несущих (Tonerreservation)* заключается в выделении нескольких несущих для формирования «ядра», обеспечивающего снижение пик-фактора [3, 4, 5]. Алгоритм обеспечивает поиск наибольших пиков OFDM сигнала и формирование с использованием реализованного ядра анти-пиков для снижения уровня таких выбросов.

Итерационный алгоритм последовательно находит максимальный экстремум в сигнале OFDM и обеспечивает его подавление до величины V_{clip} . Этот алгоритм реализован с применением двух критериев оптимизации, основанных на выборе:

- оптимального или квазиоптимального ядра,
- наиболее подходящего значения V_{clip} .

В [1] предложены ряд вариантов и методов оптимизации двух таких критериев.

Основной идеей алгоритма *адаптивного расширения активного созвездия (AdaptiveACE)* [6, 7] является создание анти-пика сигнала для уменьшения PAPR путем преобразования области отсечения в шумовую составляющую в возможной области расширения сигнального созвездия и обеспечения удаления внеполосного искажения путем фильтрации.

На рис. 1 в качестве примера приведен результат обработки выбросов OFDM сигнала за счет применения алгоритмов TR и A-ACE. На рис. 2 показан результат нормирования сигналов по уровню, перед передачей на усилитель мощности.

Реализация указанной последовательности алгоритмов позволяет снизить пик-фактор сигнала в среднем на 5,7 дБ. Учитывая, что исходный пик-фактор составляет порядка 12 дБ, после обработки он равен

Статья посвящена аппаратной реализации системы обработки OFDM сигналов с использованием значительного уменьшения пик-фактора с применением последовательной обработки сигнала методом резервных несущих (Tonerreservation - TR) и метода адаптивного изменения сигнального созвездия (Adaptive Active Constellation Extension - A-ACE) [1]. Показано, что эти методы обработки OFDM радиосигналов позволяют существенно снизить пик-фактор (более 5 дБ) и тем самым повысить эффективность применения выходных усилителей мощности передающих средств. При анализе параметров реального сигнала применялся OFDM сигнал, у которого каждый OFDM символ содержит 553 синусоидальных колебаний с модуляцией QAM 16 с заданными случайными значениями уровней и фаз. При этом для анализа плотностей распределения этих сигналов применялась ДПФ с длиной 5000 отчетов.

6,3 дБ. Причем после нормирования сигнала по уровню, средняя мощность сигналов с применением методов TR и A-ACE повышается на 5 дБ и более.

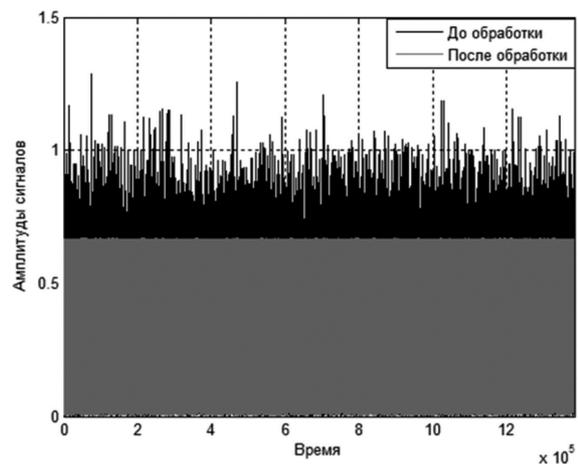


Рис. 1. Амплитуды сигнала до и после алгоритмов TR и A-ACE

Для проведения исследований использовался анализатор спектра AgilentE4407B (рис. 3) и усилитель мощности FMA500.043.

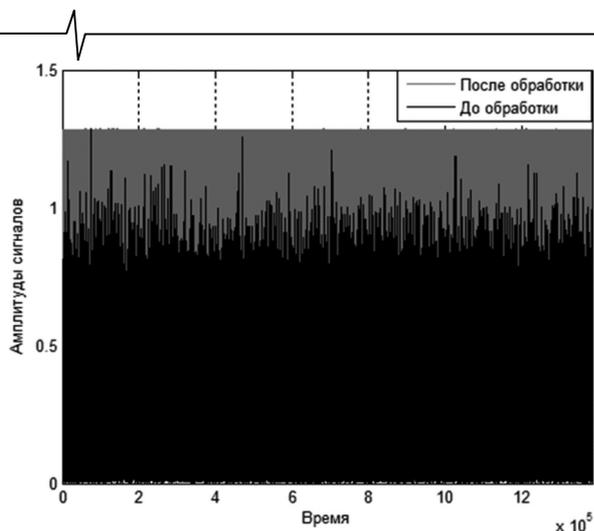


Рис. 2. Амплитуды сигнала после нормирования по уровню

Результаты исследований. Выводы

Результаты исследований приведены ниже в табл. 1. При анализе применялся OFDM сигнал, параметры которого соответствовали сигналу системы РАВИС с полосой 250 кГц. Сигналы передавались через усилитель мощности (УМ) и направленный ответвитель для измерения мощности в анализаторе спектра.

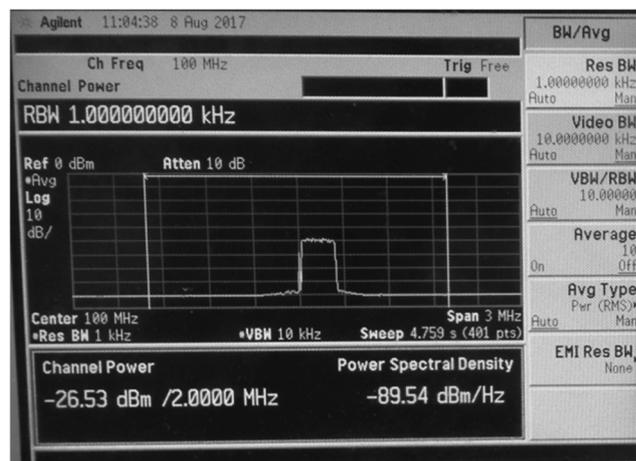


Рис. 3. Анализатор спектра

По результатам исследований можно сделать вывод: результат экспериментов на реальном устройстве хорошо согласуется с компьютерным моделированием, то есть удается увеличить мощность сигнала более, чем на 5 дБ.

Автор благодарит Бибикова Александра Михайловича за помощь в обработке сигналов на реальной системе.

Таблица 1. Мощности сигналов с и без применения алгоритмов при различных коэффициентах усиления

| Номер попытки измерения (при различных мощностях) | Мощность сигналов с применением алгоритмов (dBm) | Мощность сигналов без применения алгоритмов (dBm) | Разность между мощностями с и без обработки (dBm) |
|---|--|---|---|
| 1 | -24,8 | -31,1 | 6,3 |
| 2 | -24,1 | -30,0 | 5,9 |
| 3 | -23,0 | -28,8 | 5,8 |
| 4 | -22,0 | -27,7 | 5,7 |
| 5 | -21,0 | -26,7 | 5,7 |
| 6 | -20,4 | -25,7 | 5,3 |

Литература

1. Ле Ван Ки, Исследование алгоритмов обработки сигналов с OFDM модуляцией и разработки рекомендации по уменьшению пик-фактора // Цифровая обработка сигналов, 2016 г., № 1, с. 29-33.
2. Дворкович В.П., Дворкович А.В., Иртюга В.А., Тензина В.В. Новая аудиовизуальная информационная система // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. – 2005. – № 5. – С. 52-56.
3. Коржихин Е.О., Власюк И.В., Методы снижения пик-фактора в системах наземного цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T2//T- Comm - Системы подвижной связи и цифрового телерадиовещания. Выпуск по итогам 6-й отраслевой научной конференции МТУСИ «Технологии информационного об-

щества», М.: «ИД Медиа Паблшер» – 2012 г. – № 9 – с. 83-86.

4. ETSI EN 302 755 V1.3.1 (2012-04) Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).

5. Tellado, J., Cioffi, J.M., PAR Reduction in Multicarrier Transmission Systems.

6. Grace R. Woo, Douglas L. Jones, Peak Power Reduction in MIMO OFDM via Active Channel Extension // IEEE 2636 - 2639 Vol. 4, 16-20 May 2005.

7. Madhuri P., Dr Malleswari B.L., Peak-To-Average Power Ratio Reduction by CB-ACE and Adaptive Ace Algorithms // ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 2, February 2012.