

УМЕНЬШЕНИЕ ПИК-ФАКТОРА СИГНАЛА С OFDM МЕТОДОМ ОГРАНИЧЕНИЯ ПИКОВ

Антипин В.В.

*Антипин Вячеслав Владимирович – студент магистратуры,
кафедра средств связи и информационной безопасности,
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
Омский государственный технический университет, г. Омск*

Аннотация: в данной статье рассматриваются методы снижения пик-фактора сигнала с OFDM модуляцией. Приведено сравнение системы с использованием метода ограничения пиков.

Ключевые слова: OFDM, пик-фактор.

В современном обозначении OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) - мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов. Данная технология была разработана Робертом Ченгом в 1970 году, но широкое применение получила лишь в начале XXI века.

Суть метода – деление передаваемого сигнала на N отдельных низкоскоростных подпотоков с большой длительностью передаваемых символов. Каждый подпоток модулируется и передается на своей ортогональной поднесущей. Причем ортогональность поднесущих позволяет на приеме выделить каждую поднесущую из суммарного сигнала даже в случае частичного перекрытия полос их спектров.

В настоящее время технология OFDM применяется в следующих стандартах связи: IEEE 802.11, IEEE 802.20, IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802.16e (Mobile WiMAX), WiBro, Flash-OFDM, LTE, MediaFLO, DVB, T-DMB, ADSL, ISDB-T, DRM, HIPERLAN/2, PLC HomePlug Av, WiBro [1].

Преимущества систем с OFDM:

- Способность противостоять сложным условиям в радиоканале, в первую очередь устранять межсимвольную интерференцию и бороться с узкополосными помехами;
- простая реализация методами цифровой обработки;
- возможность использования различных схем модуляции для разных поднесущих, что позволяет адаптироваться к условиям распространения сигнала и к различным требованиям к качеству принимаемого сигнала;
- возможность использования различных схем модуляции для разных поднесущих, что позволяет адаптироваться к условиям распространения сигнала и к различным требованиям к качеству принимаемого сигнала [2].

Недостатки систем с OFDM:

- Борьба с пик-фактором (ПФ или peak-to-average power ratio (PAR или PAPR)), который определяется как отношение максимальной (пиковой) мгновенной мощности сигнала к его средней мощности. В общем случае выражение для PAR имеет вид:

$$PAPR = \frac{\max(S_k^2)}{\sum_k S_k^2},$$

Где $\max(S_k^2)$ - максимум по отсчетам дискретизированного сигнала,
 S_k – k-ый отсчет сигнала.

Также известно, что увеличение этого параметра негативно сказывается на сложности конструкции высокочастотного тракта от усилителей до антенны, ведет к снижению КПД высокочастотного оборудования, ведет к увеличению нелинейных искажений.

Как в зарубежной, так и в отечественной литературе по OFDM модуляции много написано о проблеме ПФ OFDM сигналов, но мало рассказывается о самих методах борьбы с ПФ. Чаще всего методы квалифицируют на 3 группы методов снижения ПФ в OFDM:

- 1) Блочное кодирование – использование основ комплементарных последовательностей Голея, методов добавления поднесущих, кодов Рида-Мюллера.
- 2) Амплитудное ограничение сигналов – ограничение пиков, клиппирование, компандирование, фильтрация.
- 3) Вероятностные методы – методы избранных отображений, расширение сигнальных созвездий, селективное сжатие и масштабирование, резервирование тональных сигналов [3].

В данной статье будет более подробно рассмотрены методы ограничения пиков, графики зависимости пик-фактора без изменений и с реализованным методом ограничения пиков.

Ключевым недостатком метода ограничения пиков является возможное внутрисполосное и внеполосное излучение, иначе говоря, шум, так как происходит ограничение амплитуды сигналов, что не остается без последствий. Ограничение пиков – нелинейные преобразования, соответственно, при

чрезмерном ограничении будет наблюдаться обратный эффект. Благодаря данному методу можно получить некоторый выигрыш и уменьшить значение пик-фактора сигнала.

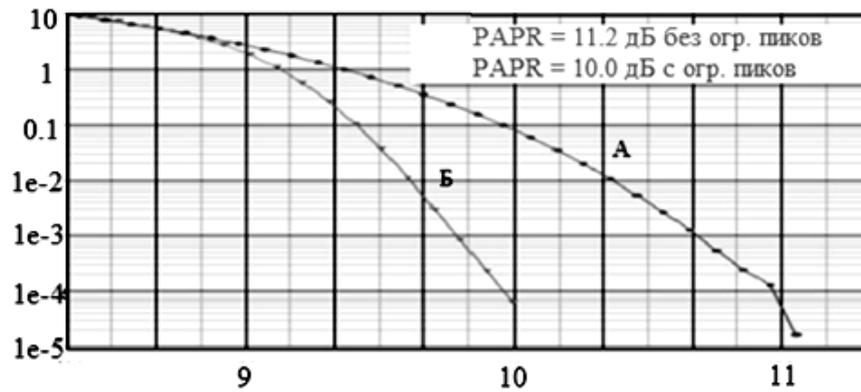


Рис. 1. График зависимости отношения сигнала к средней мощности, дБ, А – пик-фактор без ограничения пиков, Б – пик-фактор с ограничением пиков

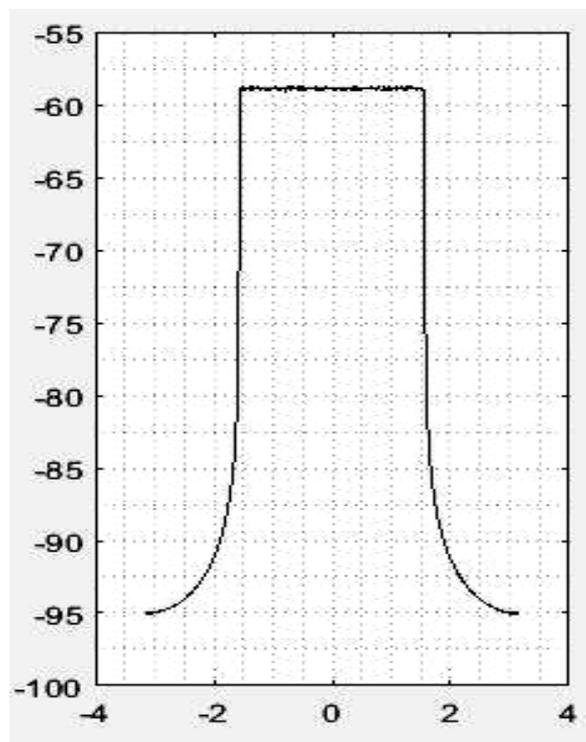


Рис. 2. Спектр сигнала с 512 поднесущими на 1024 точки

На графиках, смоделированных в MatLab, можно наглядно заметить выигрыш в ограниченном сигнале перед неограниченным сигналом с 512 поднесущими. Стоит отметить, что с увеличением количества поднесущих эффективность метода становится ниже и выигрыш становится незначительным.

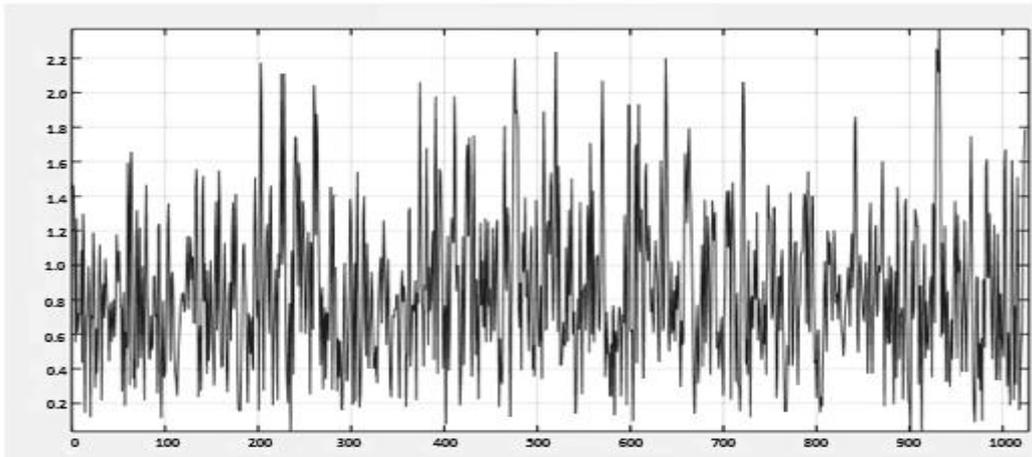


Рис. 3. Неограниченный сигнал во временной области

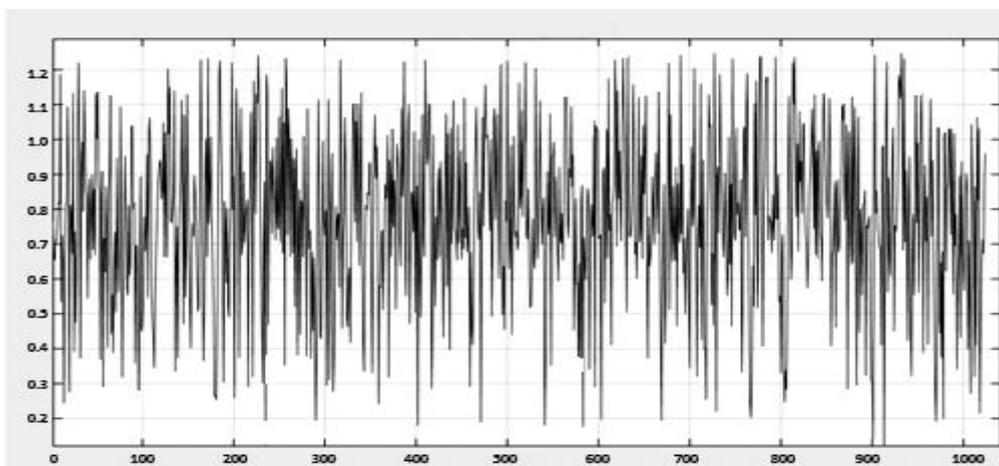


Рис. 4. Ограниченный сигнал

Применение в системах связи технологии OFDM с использованием ограничения пиков, при заданных параметрах, позволило уменьшить значение пик-фактора на 1.1 дБ.

Снижение пик-фактора OFDM позволит более широко использовать технологию OFDM в новейших системах связи, поможет упростить процесс взаимодействия с другими системами связи.

Научно исследовательская работа выполнена в рамках выполнения магистерской диссертации, научный руководитель Майстренко В.А.

Список литературы

1. OFDM. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OFDM> (дата обращения: 03.06.2017).
2. *Шинаков Ю.С.* Пик-фактор сигналов OFDM и нелинейные искажения в радиооборудовании систем беспроводного доступа. // Цифровая обработка сигналов, 2012. № 4. С. 60-64.
3. *Макаров С.Б.* Применение блочного кодирования для снижения пик-факторов сигналов с OFDM. Санкт-Петербург, 2009. 174 с.