

Нелинейные искажения OFDM-сигнала в оптоэлектронных компонентах волоконно-оптических сетей доступа

В.А. Варданян

ФГБОУ ВО «СибГУТИ»

*E-mail: vardgesvardanyan@mail.ru

DOI:10.31868/RFL2018.222-223

В последнее время вырос интерес к передаче ортогональных частотно-мультиплексированных (OFDM - Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) сигналов по оптическому тракту, так как метод имеет хорошо разработанную аппаратно-программную реализацию сигнала и высокую спектральную эффективность [1-2]. Особенности формирования OFDM-сигнала приводят к большим выбросам сигнала, и как следствие, выходу амплитуд сигнала из линейного участка передаточных характеристик оптоэлектронных компонент оптического тракта и к переходу этих устройств в нелинейный режим работы. Следовательно, возникают нелинейные искажения, попадающие в частотную полосу пропускания поднесущих каналов OFDM-сигнала и ухудшающие отношение сигнал/шум.

Целью данной работы является исследование влияния на поднесущие каналы нелинейных искажений, возникающих во время электрооптического или оптоэлектронного преобразования OFDM-сигнала при оптической модуляции и/или при фотодетектировании. Рассматриваются такие компоненты оптического тракта, как лазерный диод (ЛД) [3], оптический модулятор на основе интерферометра Маха-Цандера с двумя электродами (MZI – Mach-Zehnder Interferometer) и фотодиод (ФД) [4]. Для достижения поставленных целей разработаны моделирующие программы, имитирующие процессы модуляции и фотодетектирования OFDM-сигнала.

На рис.1 показан относительный спектр излучения ЛД при модуляции OFDM-сигналом в полосе частот от 4096 МГц до 8192 МГц (частотный интервал составляет 64 МГц, количество поднесущих – 64). Как видно из рис.1 происходит искажение OFDM-сигнала из-за помех, попадающих в полосу пропускания поднесущих каналов. Источником таких помех являются клиппированные импульсы, возникающие при превышении уровнем OFDM-сигнала порогового значения тока модуляции. Кроме этого, на рис.1 видны комбинационные частотные составляющие второго порядка, имеющие низкочастотный (НЧ) спектр (от 0 до 4096 МГц). Избежать этих помех и улучшить энергетический бюджет сетей доступа возможно, используя внешнюю модуляцию оптической несущей OFDM-сигналом. Еще большего увеличения спектральной эффективности можно достичь, применяя однополосные внешние модуляторы, например на основе MZI. Моделирование процесса модуляции OFDM-сигналом такого модулятора приводит к тому, что в выходном спектре будут отсутствовать комбинационные частотные составляющие, занимающие НЧ-область спектра.

Исследовалось также влияние квадратурной нелинейности ФД (относительно поля) при преобразовании оптического сигнала в

электрический [5]. По аналогии с рис.1 при фотодетектировании OFDM-сигнала в спектре фототока в НЧ-области также появляются шумы, эти шумы обусловлены биениями между поднесущими.

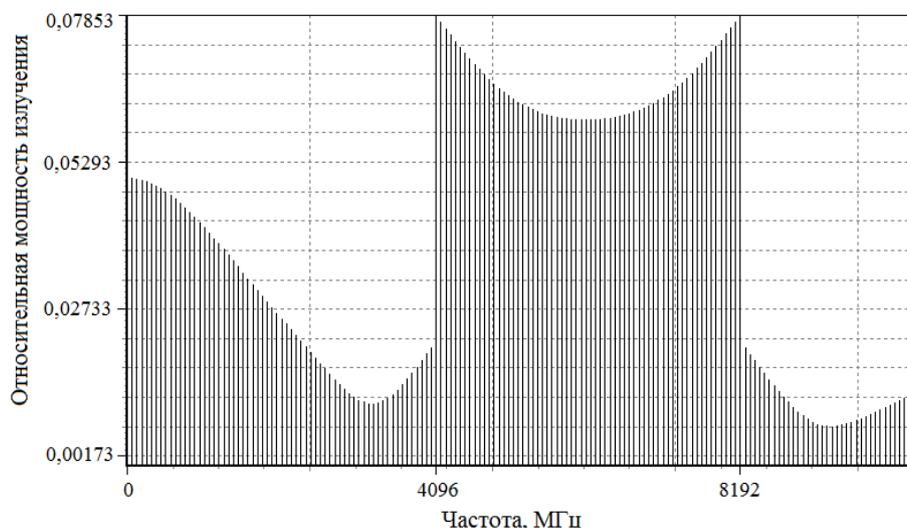


Рис. 1 Спектр на выходе ЛД.

Таким образом, при передаче OFDM-сигналов в оптоэлектронных компонентах возникают нелинейные искажения, которые могут попадать в полосы поднесущих и ухудшать показатели качества сигнала. Для предотвращения попадания в полосы каналов мощных нелинейных частотных составляющих второго порядка как при модуляции, так и при фотодетектировании, необходимо предусмотреть защитную полосу между несущей и OFDM-сигналом, равную или превышающую частотную полосу OFDM-сигнала. Применение внешней модуляции предпочтительнее, т.к. можно сформировать однополосный оптический OFDM-сигнал с лучшими энергетическими характеристиками. Следовательно, основным фактором, ограничивающим полосу частот в сетях доступа является использование по технико-экономическим показателям прямого фотодетектирования. Отметим, что увеличение частотной полосы OFDM-сигнала возможно за счет устранения помех в НЧ-спектре фототока с помощью схемных решений в приемной части оборудования [5]. Кроме этого можно применять методы корректирующего кодирования в поднесущих каналах, позволяющие преодолеть сильную зашумленность в каналах. Однако эти и другие технические решения могут увеличить стоимость оборудования, поэтому требуют обоснования экономической целесообразности при внедрении в сетях доступа.

Литература

- [1] В.А. Варданян *T-сотт: Телекоммуникации и транспорт* **11**, 18-24 (2017)
- [2] В.А. Варданян *Материалы Российской научно-технической конференции "Современные проблемы телекоммуникаций"* – Новосибирск: СибГУТИ, **1**, 148-152 (2018)
- [3] В.А. Варданян *Автометрия*, **51** (6), 12-16 (2015)
- [4] В.А. Варданян *Квантовая электроника*, **48** (4), 395–400 (2018)
- [5] В.А. Варданян *Автометрия* **54** (3), 94–103 (2018)