

# ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ QAM СИГНАЛОВ N-OFDM В БАЗИСЕ ФУНКЦИЙ ХАРТЛИ ПРИ ИХ ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ СТРОБИРОВАНИИ

Слюсар В.И.<sup>1</sup>, Васильев К.А.<sup>2</sup>.

Научный руководитель: доктор техн. наук, проф. Слюсар В.И.

Военный институт телекоммуникаций и информатизации Национального технического университета Украины „Киевский политехнический институт”,

кафедра военных телекоммуникационных и транспортных систем и сетей»

ул. Зеньковская, д.44, г. Полтава, 36009, Украина

e-mail: <sup>1</sup> [swadim@inbox.ru](mailto:swadim@inbox.ru), <sup>2</sup> [kostya\\_vas@rambler.ru](mailto:kostya_vas@rambler.ru)

**Abstract** — The algorithm of determination of frequency responses of signals in basis of functions Hartley with use of operation of an additional gating is considered.

## 1. Введение

Для повышения пропускной способности линий связи, как известно, может использоваться метод неортогональной частотной дискретной модуляции (N-OFDM). Поскольку преимущества данного метода проявляются при большом числе каналов, вычислительная сложность с учётом использования теории комплексных чисел является существенной. Применение преобразования Хартли (ПХ) позволяет обойтись без использования комплексных чисел и, как следствие, снизить вычислительные затраты и упростить аппаратную реализацию метода N-OFDM.

## 2. Основная часть

Основная идея метода N-OFDM на основе преобразования Хартли была изложена авторами ранее в [1]. Недостатком данной работы является то, что в основе формирования сигналов N-OFDM лежит применение PAM модуляции, что существенно ограничивает применение метода N-OFDM на основе ПХ в технике связи. Переход к более эффективному методу модуляции QAM требует разработки алгоритмов определения амплитуды и фазы вещественных сигналов в базисе функций Хартли. При этом целесообразно использовать операцию дополнительного стробирования отсчётов аналого-цифрового преобразователя (АЦП), позволяющую, как отмечено в [2], снизить требования к производительности вычислительных устройств. Кроме этого, данная процедура обеспечивает представление гармонического вещественного сигнала в виде двух вещественных квадратур.

В докладе приведено решение задачи определения амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристик сигналов в базисе функций Хартли с использованием операции дополнительного стробирования. При этом сделано допущение, что на вход АЦП было подано непрерывное гармоническое колебание, которое на выходе АЦП может быть описано выражением:  $U_s = a \cdot \sin(2\pi f \cdot \Delta t \cdot s + \varphi)$ , где  $U_s$  - напряжение сигнала на выходе АЦП,  $a$  - амплитуда,  $f$  - частота сигнала,  $\varphi$  - начальная фаза,  $\Delta t$  - период дискретизации АЦП,  $s$  - текущий номер отсчета АЦП.

Запишем алгоритм дополнительного стробирования для вещественного аналогового сигнала в пространстве функций Хартли для чётных и нечётных составляющих, используя аналогю с [2]:

$$U_i^c = \sum_{s=1}^N U_s \cdot \text{cas}\left(\frac{\pi}{2} \cdot s\right), \quad U_i^s = \sum_{s=1}^N U_s \cdot \text{cas}\left(-\frac{\pi}{2} \cdot s\right) \quad (1)$$

где  $i$  - текущий номер отсчета квадратур,  $N$  - количество суммируемых отсчетов АЦП,  $\text{cas}(\theta) = \cos(\theta) + \sin(\theta)$  - функция Хартли.

Результатом выражений (1) являются отсчёты двух квадратур, по которым несложно получить оценки амплитуды и фазы QAM сигналов, используя следующие формулы:

$$a = \sqrt{\frac{2}{T \cdot N} \sum_{i=1}^N [(U_i^c)^2 + (U_i^s)^2]} \quad \varphi = \sqrt{\frac{N}{T} \sum_{i=1}^N \arctg\left(\frac{-U_i^s}{U_i^c}\right)} \quad (2)$$

где  $T$  - количество отсчетов на выходе АЦП.

Данные оценки позволяют войти в сигнальное созвездие QAM модуляции и демодулировать символы переданного сообщения.

На рис.1 показаны зависимости АЧХ и ФЧХ процедуры дополнительного стробирования на основе ПХ с использованием выражений (1) и (2).

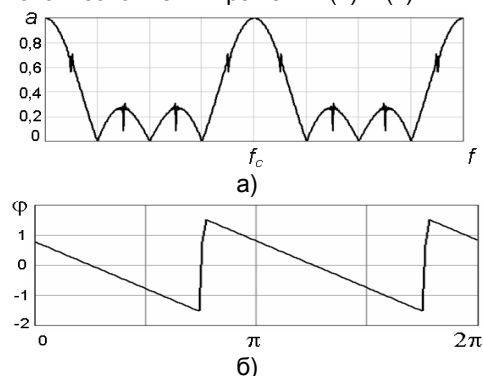


Рис.1 — Зависимость а) – амплитуды, б) – фазы от частоты при использовании процедуры дополнительного стробирования в базисе функций Хартли

## 3. Заключение

Таким образом, разработан алгоритм определения амплитуды и фазы вещественных сигналов с QAM модуляцией в базисе функций Хартли с использованием операции дополнительного стробирования. Такой подход предложен впервые. Его применение позволит усовершенствовать методы цифровой обработки сигналов, в основе которых используются операции с вещественными числами.

## 4. Список литературы

- [1] Слюсар В.И., Васильев К.А. Метод неортогональной частотной дискретной модуляции сигналов на основе базисных функций Хартли. //Сб. материалов 2-ого Международного радиоэлектронного форума. Том 4. – Харьков: ХНУРЭ. – 2005. – С. 224 – 226.
- [2] Slyusar V.I. Synthesis of algorithms for measurement of range to M sources with the use of additional gating of the ADC readings.// Radioelectronics and Communications Systems. - Vol. 39. - no. 5. - 1996. - P. 36 – 40.