

УДК 628.336.42

## ПАЗИТНАЯ АМПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ СПЕКТРА ПРИ ДПФ И СПОСОБЫ ЕЕ МИНИМИЗАЦИИ

Пинголь А.И., студент гр.933701

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники<sup>1</sup>

г. Минск, Республика Беларусь

Данейко Т.М. – магистр технических наук

**Аннотация.** Данная работа рассматривает вопрос паразитной модуляции при ДПФ. Называет особенности по которым можно определить её наличие, а также наиболее действенный метод её решения..

**Ключевые слова.** Фурье, дискретное преобразование, полосовые фильтры, паразитная модуляция, гармоника, круговая частота дискретизации, гребешковое искажение, комплексная интерполяция.

Дискретное преобразование Фурье это ничто иное, как обработка сигналов набором полосовых фильтров, центральные частоты которых в точности соответствуют дискретным отсчетам  $X(k)$ , где  $k$  – целое число из интервала  $[0; N - 1]$

При идеальных обстоятельствах каждому коэффициенту ДПФ соответствует фильтр с прямоугольной частотной характеристикой, но есть одно но, из-за умножения входной последовательности на взвешивающую (оконую) функцию, фактическая частотная характеристика образует вид функции  $\text{sinc}(x)$ , имеющей боковые и основной лепестки. Это мы можем наблюдать на рисунке 1.

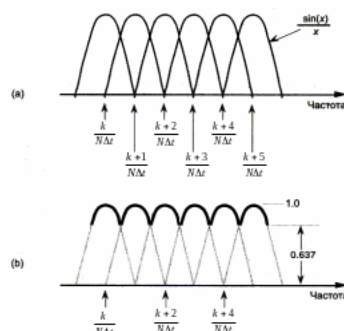


Рисунок 1 – Амплитудно-частотная характеристика ДПФ: (а) отдельные кривые вида  $\text{sinc}(x)$  для каждого коэффициента ДПФ; (б) общая амплитудно-частотная характеристика

Главные лепестки формируют собой  $N$  независимых фильтров. Значит, что входной сигнал  $e^{j\omega\Delta t}$  с частотой кратной  $1/T$ , будет проходить через фильтр, настроенный соответственно на частоту сигнала, без каких-либо изменений и будет полностью подавлен остальными фильтрами.

Эффект паразитной модуляции спектра отображается, когда частота анализируемого сигнала не совпадает ни с одной из наших дискретных ортогональных частот. Вот такой пример приведу, у нас есть некий сигнал, частота которого находится между первым и вторым гармониками, проходя через первый, так и второй фильтр, но важным моментом является то, что его уровень на выходе двух фильтров будет меньше единицы. В наихудших случаях, при попадании в середину между гармониками, падает довольно значительно, а при возведении этого значения в квадрат уменьшается ещё более значительно. Всё это представляет собой паразитную модуляцию. Это явление схоже с анализом истинного спектра через частотокл («гребешковое искажение») (1)

$$\text{ГИ} = \frac{W(\omega_s / 2N)}{W(0)} = \frac{\left| \sum_{n=0}^{N-1} w(n\Delta t) \cdot \exp(-j\pi n / N) \right|}{\sum_{n=0}^{N-1} w(n\Delta t)},$$

где  $W$  – ДПФ весовой функции,  $\omega_s = 2\pi f_s$  – круговая частота дискретизации,  $N$  – число элементов выборки  $n$  – номер элемента выборки,  $w(n\Delta t)$  – весовая функция, дискретизированная во временной области.

Уменьшить гребешковое искажение можно при помощи комплексной интерполяции коэффициентов ДПФ или путем введения в реальные данные дополнительных нулей.

Если дополнить исходную выборку нулями, то в результате получается избыточный алгоритм ДПФ, который даст дополнительные отсчеты спектра на частотах, лежащих между частотами первоначальных гармоник. При этом частотные характеристики фильтров, ассоциируемых с новым набором коэффициентов ДПФ, перекрывают друг друга в большей степени.

Дополнительные коэффициенты ДПФ, возникающие в результате данной операции, размещаются в промежутках первоначального набора коэффициентов Фурье. При этом паразитная амплитудная модуляция спектра уменьшается с 60 % до 20 %. Она может быть меньше или больше 20 % в зависимости от того, большее или меньшее число дополнительных отсчетов используется при расчете ДПФ.

Следует отметить, что на практике гребешковое искажение не столь вносит коррективы или существенно мешает, так как во многих случаях обрабатываемый сигнал не является сугубо гармоническим или полигармоническим, а достаточно широкополосен для заполнения нескольких фильтров.

#### Список использованных источников:

1. <https://forkalor.livejournal.com/80764.html?>
2. <http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z0000017/st020.shtml>
3. <http://ru.dsplib.org/forum/viewtopic.php?t=6706>
4. [https://dic.academic.ru/dic.nsf/eng\\_rus/208738/паразитная](https://dic.academic.ru/dic.nsf/eng_rus/208738/паразитная)
5. <https://www.ngpedia.ru/id161223p1.html>

UDC 628.336.42

## TI PARASITIC AMPLITUDE MODULATION OF THE SPECTRUM IN THE DFT AND WAYS TO MINIMIZE IT

*Pingol A.I.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics<sup>1</sup>, Minsk, Republic of Belarus*

*Daneyko T.M.– master of technical sciences*

**Annotation.** This paper considers the issue of parasitic modulation in the DFT. Names the features by which its presence can be determined, as well as the most effective method for solving it.

**Keywords.** Fourier, discrete transform, bandpass filters, spurious modulation, harmonics, circular sampling rate, comb distortion, complex interpolation.