

ОСОБЕННОСТИ БПФ ПРИ АНАЛИЗЕ СПЕКТРА СИГНАЛА ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИНТЕЗАТОРОВ

Жалнин Е.Б.

Арзамасский филиал НГТУ

Основной характеристикой цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) является уровень побочных спектральных составляющих (ПСС), поэтому большинство методов анализа характеристик ЦВС основано на исследовании синтезируемого сигнала в частотной области. Наиболее широко известный и распространенный на сегодняшний день метод – метод дискретного преобразования Фурье и его модификации. В общем случае их структурная схема многоуровневого ЦВС на основе накопителя кода [2] приведена на рис.1.

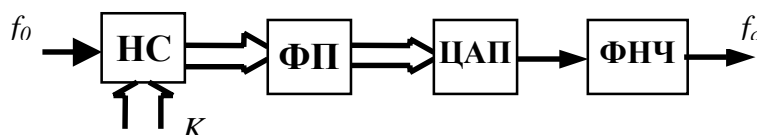


Рис. 1. Структурная схема ЦВС: НК - накопитель кода; ФП - фазовый преобразователь; ЦАП - цифроаналоговый преобразователь; ФНЧ - фильтр НЧ с частотой среза $f_{c\max}$.

Синтезируемая частота определяется формулой

$$f_c = \frac{k}{R} f_0. \quad (1)$$

Подробно принцип работы ЦВС на основе НК изложен в [2].

Наличие ПСС в синтезируемом сигнале (рис. 2) объясняется конечностью уровней квантования по амплитуде N_A (разрядностью ЦАП) и по фазе N_ϕ (емкостью ПЗУ или разрядностью логики ФП), а также наличием периода помехи [2], связанной с некрatностью K и R в (1). Анализ ПСС основан на получении спектра выходного сигнала ЦВС для всей сетки частот. Алгоритм расчета ПСС [1], основанный на представлении сигнала в виде суммы прямоугольных импульсов [2], позволяет рассчитать спектр при относительно небольших R и K (до 2^{12}), тогда как требуется порядка 2^{32} . Так, если $R=2^{32}$, а $K=5$, то период помехи, определяющий объем вычислений, равен 21474836480, что даже при современном уровне развития вычислительной техники слишком много. ДПФ, имеет превосходящую данный алгоритм скорость вычисления и возможности расчета спектра по частичной выборке (менее периода помехи) и его анализа. Однако ДПФ имеет ряд ограничений в применении [4]:

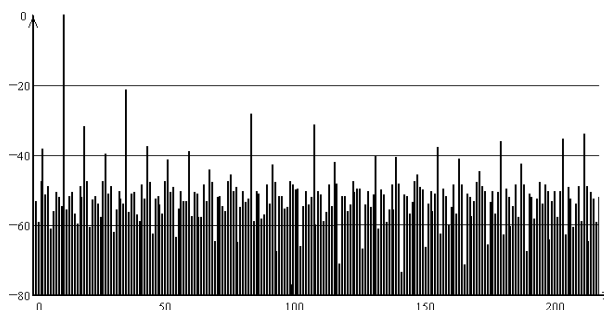


Рис. 2. Спектр выходного сигнала ЦВС

- ДПФ является точным, если анализируемый сигнал имеет ограниченный и периодичный спектр (спектр ступенчатой функции бесконечен);
- сигнал является периодичным и ДПФ применяется к целому числу периодов (рис.3.);
- число взятых отсчетов влияет на обнаружение близких по оси частот гармоник.

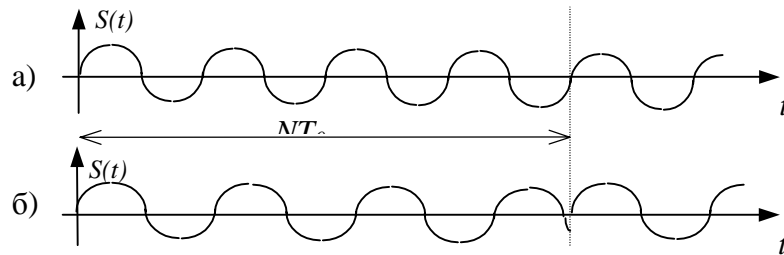


Рис.3. Сигнал с периодическим (а) и непериодическим (б) продолжением синусоиды

Для устранения данных недостатков использует «окно» - это некая весовая функция имеющая специальные свойства [5]. Влияние весовой функции состоит в уменьшении порядка разрыва на границе периодического продолжения и, с другой стороны, в уменьшение «просачивания», т.е. чтобы гармонические составляющие сигнала произвольной частоты имели значительные проекции только на те векторы гармонического базиса (ряда Фурье), частоты которых близки к частоте сигнала. Таким образом, результат анализа сигнала представляет собой свертку ДПФ «окна» $w(\omega)$ и спектра синтезируемого сигнала $F(\omega)$:

$$F_w(k\omega) = \sum_{n=0}^N w(nT) \cdot f(nT) \cdot \exp(-j\omega knT). \quad (2)$$

Существует множество «окон» [5], отличающихся сложностью вычисления, максимальными потерями преобразования, разрешением (полосой пропускания), уровнем боковых лепестков и другими параметрами.

Оптимальный вариант представляет использование «окна» Кайзера [5]:

$$w(n) = \frac{I_0 \left[\pi\alpha \sqrt{1,0 - \left(\frac{n}{N/2} \right)^2} \right]}{I_0[\pi\alpha]}, \quad 0 \leq |n| \leq N/2 \quad (3)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.Н. Шапиро, А.А. Пиан Основы теории синтеза частот - М: «Радио и связь», 1981г.
2. Шишов С.Я., Ямпурин Н.П. Спектральные характеристики цифровых синтезаторов многоуровневых сигналов. - Радиотехника, 1984, №3, с.74-76.
3. Б. Голд, Ч. Рейдер Цифровая обработка сигналов/ Под ред. А.М. Трахтмана - М: «Советское радио»,1973.
4. В. Каппелине и др. Цифровые фильтры и их применение - М: Энергоатомиздат, 1983.
5. Ф.Дж. Хэррис Использование окон при гармоническом анализе методом дискретного преобразования Фурье, ТИИЭР 1978, №1



FEATURES FFT AT the ANALYSIS of a SPECTRUM SIGNAL DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER

Zhalnin E.

The Arzamas Department of Nizhny Novgorod State Technical University
E-mail: evgen@arzamas.nnov.ru

The basic characteristic direct digital synthesizer (DDS) is the level of spurious spectral components (SSC), therefore majority of methods is based on research of a synthesized signal in frequency areas [1]. The method, most widely known and distributed for today, - method of discrete Fourier transformation (DFT) and its updating.

The synthesized frequency is defined by the formula

$$f_c = \frac{k}{R} f_0 \quad (1)$$

The presence SSC in a synthesized signal is explained levels of quantization on amplitude N_A (word length DAC) and on a phase N_φ (capacity of the ROM), and also presence of the period of a "handicap". The analysis SSC is based on reception of a spectrum of a target signal DDS for all grid of frequencies. Algorithm of account SSC, based on representation of a signal as the sums of pulses, allows to calculate a spectrum at rather small R and K (up to 2^{12}), whereas at a modern level of development of engineering it is required about 2^{32} , that conducts to growth of volume of calculations. Whereas the FFT, has speed, superior the given algorithm, of calculation and smaller requirements to power of PC. However FFT has number of restrictions in application:

- FFT is exact, if the analyzed signal has limited and periodical a spectrum (the spectrum of step function is infinite);
- synthesizing signal is periodical and DFT use the integer of the periods moves;
- the number of taken readout influences detection of harmonics.

For elimination of the given lacks uses "window" - certain weight function having special property. Thus, the result of the analysis of a signal represents convolution DFT of "window" $W(\omega)$ and spectrum of a synthesized signal $F(\omega)$:

$$F_w(k\omega) = F(k\omega) * W(k\omega) \quad (2)$$

The optimum variant represents use of "window" Cayzer[2].

REFERENCES

1. B.Gold, C. M.Raider Digital processing of signals, New York, 1969.
2. F.Harris Application FFT for the analysis of signals digital computing synthesizer of frequencies. - Proceedings of IEEE, 1987, №3.