

УДК 004.67

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНИВАНИЯ ЧАСТОТЫ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКОГО СИГНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛО- КАЛЬНЫХ СПЕКТРОВ

Шустова И.В., студент гр. РТС9-31, IV курс
Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск

В работе рассмотрены несколько алгоритмов оценивания частоты квазигармонического сигнала, проведен сравнительный анализ точности оптимальных и квазиоптимальных алгоритмов оценивания локальной частоты методом спектра.

В настоящее время радиосвязь, как средство коммуникации и передачи информации представляет большой интерес, в связи с чем возникает вопрос точности измерения тех или иных параметров радиосигналов. В связи с этим к точности оценивания частоты радиосигнала, за частую, неизвестной, предъявляются жесткие требования. Существуют несколько алгоритмов оценивания:

- Метод биений
- Измерение с помощью анализатора спектра (аналогого)
- Измерение с помощью частотного детектора
- Измерение с помощью частометра
- Измерение мгновенной частоты на основе быстрого преобразование Фурье.

В данной работе будет рассмотрен последний.

Постановка задачи: реализовать в среде MthLab и провести сравнительный анализ точности оптимальных и квазиоптимальных алгоритмов оценивания локальной частоты квазигармонического сигнала. Примем допущение, что такие параметры гармонического сигнала, как амплитуда, начальная частота и начальная фаза нам известны. Общий принцип заключается в следующем: сигнал, параметр которого необходимо оценить (в данном случае частота), в первую очередь дискредитируется, затем от дискретного сигнала берется ДПФ, затем, в спектре сигнала находится максимум (дискрета, на которой наблюдается «пик» амплитудного спектра, преобразуется в частоту), и два соседних значения. Мы полагаем, что, значение частоты сигнала лежит в этом пределе. Нужно оценить, на сколько это точно с помощью различных алгоритмов.

Высокая точность оценки может быть получена методами цифровой обработки сигналов, математическая основа которой ДПФ или БПФ [4]. Выражение ДПФ N отсчетов сигнала $s(k)$ в соответствие ставит N отсчетов спектра $S(n)$:

$$S(n) = \sum_{k=0}^{N-1} s(k) * e^{-j * (\frac{2 * \pi * n * k}{N})}, \quad (1)$$

Если период оцениваемого сигнала кратен расстоянию между отсчетами дискретизированного сигнала, то ДПФ дает точный результаты для высших гармоник. Но, данный метод не будет полностью корректен, если максимум ДПФ не совпадает с максимум спектра сигнала (рисунок 1.)

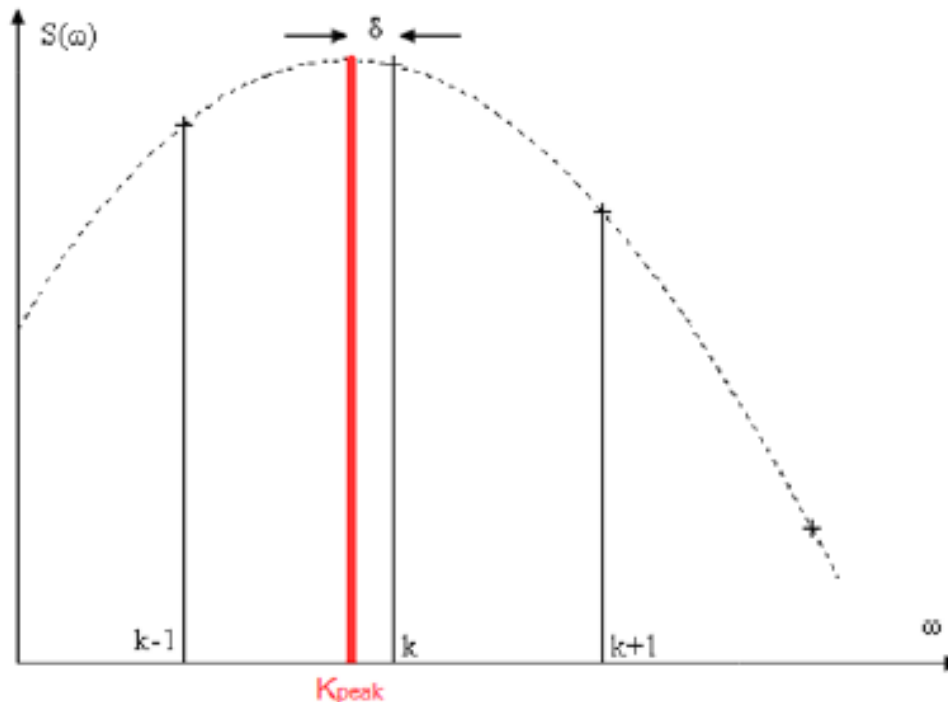


Рис.1. – Несовпадение максимума ДПФ и максимума спектра сигнала

Номер отсчета максимума ДПФ и его соседних вершин обозначены как $k, k-1$ и $k+1$ соответственно. K_{peak} – порядковый номер максимальной гармоники спектра. δ – разность между k и K_{peak} , что, собственно является отклонением порядкового номера максимальной частоты, найденной с использованием ДПФ, от порядкового номера истинной максимальной частоты. Различные методы подразумевают оценку этого отклонения. Рассмотрим следующие алгоритмы

- Метод Якобсона [2] (рис. 2):

$$\delta = Re\left(\frac{u(k+1) - u(k-1)}{2 * u(k) - u(k+1) - u(k-1)}\right) \quad (2)$$

- Метод Квина [1] (рис. 3):

$$\delta_1 = \frac{Re\left(\frac{u(k-1)}{u(k)}\right)}{1 - Re\left(\frac{u(k-1)}{u(k)}\right)}, \quad \delta_2 = \frac{-Re\left(\frac{u(k+1)}{u(k)}\right)}{1 - Re\left(\frac{u(k+1)}{u(k)}\right)} \quad (3)$$

- Метод Маклеода [3]:

Основная часть метода напоминает метод Якобсона, отличие только в том, что используется комплексное сопряжение величине в точке k :

$$\chi = \frac{R(1)-R(3)}{2*R(2)+R(1)+R(3)} \quad (4)$$

где, $R(n) = \text{Re}\{X(n) * r\}, r = u(k)$

Тогда, отклонение можно найти по формуле:

$$\delta = \frac{\sqrt{1+8*\chi^2}-1}{4*\chi} \quad (5)$$



Рис.2. Граф – схема алгоритма метода Якобсона

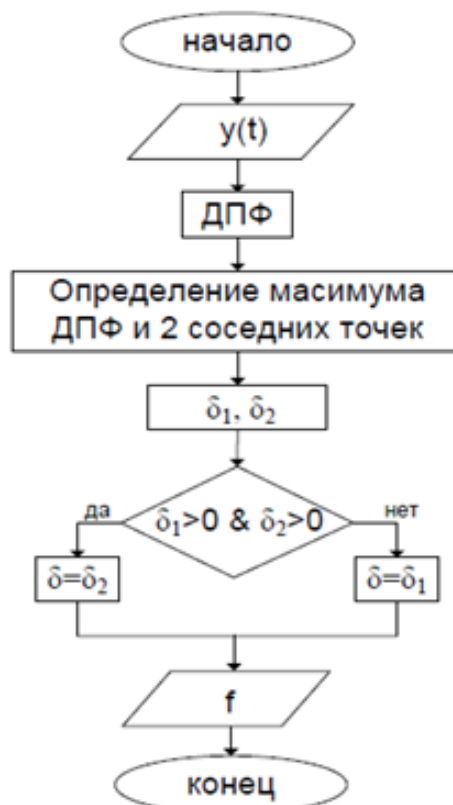


Рис.3. Граф – схема метода Квина

Таким образом, рассмотренные методы определения частоты гармонических составляющих сигнала, основанных на методе локальных спектров, при малом уровне шумов (значение ОСШ от 30 дБ), показали достаточно высокую точность. При сравнительном анализе можно сделать вывод о том, что наибольшей точностью обладают методы Квина и Маклеода, однако реализация метода Маклеода существенно проще. Следует отметить, что при повышении уровня шума погрешность методов значительно возрастает, а на некотором уровне данные методы перестают работать в принципе, тогда, следует обратиться к методу корреляционных функций.

Список литературы:

1. B. G. Quinn, "Estimating Frequency by Interpolation Using Fourier Coefficients," *IEEE Trans. Signal Processing*, Vol. 42, pp. 1264-1268, May 1994.
2. E. Jacobsen and P. Kootsookos. Fast, accurate frequency estimators [DSP Tips & Tricks]. *Signal Processing Magazine, IEEE*, 24(3):123–125, May 2007.
3. M.D. Mcleod «Fast Nearly ML Estimation of the Parametrs f Real or Complex Single Tones or Resowed Multiple Tones», *IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING*, VOL. 46, NO. 1, JANUARY 1998
4. Елизаров Д.А., Диссертация на соискание ученой степени кандидата технический наук, Омск, 2014г.