

## СПЕКТРЫ ДИСКРЕТНОЙ ЧАСТОТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ «УЭЛЧ-10» И «УЭЛЧ-16»

*Добриков А.В., Мрачковский О.Д.*

В работах [1,2] рассмотрена частотно-временная структура сигналов Уэлч-10 и Уэлч-16, рассчитаны автокорреляционная, взаимокорреляционная функции, диаграмма неопределенности. В связи с ограниченностью объема в указанных работах не содержатся данные о спектральных характеристиках этих сигналов, которые необходимы для аппаратурного синтеза цифровых согласованных фильтров и рассматриваются ниже.

Рассмотрим последовательность чисел образованную матрицей «Уэлч-10» в качестве кодирующей для дискретного частотного сигнала [3]:

$$\{ 2, 4, 8, 5, 10, 9, 7, 3, 6, 1 \}$$

Спектр комплексной огибающей сигнала описывается формулой [4]:

$$G_j(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} U_j(t) e^{-i\omega t} dt \quad (1)$$

где  $U_j(t)$  – комплексная огибающая радиосигнала.

Спектр комплексной огибающей  $v$ -го элемента дискретного частотного сигнала согласно (1) описывается как [1]:  $G_{jv}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} U_{jv}(t) e^{-i\omega t} dt$ , где со-

ответственно  $U_{jv}(t)$  – комплексная огибающая  $v$ -го элемента дискретного частотного сигнала. Соответственно спектр комплексной огибающей дискретного частотного сигнала первого порядка равен сумме спектров его элементов [1], т.е.  $G_j(\omega) = \sum_{v=1}^N G_{jv}[\omega - (\gamma_{jv} - 1)\Delta\omega] \exp[-i(v-1)\omega\Delta t]$ , где  $\Delta t$  – длительность одного элемента сигнала;  $\Delta\omega$  – сдвиг по частоте между элементами сигнала;  $\gamma_{jv}$  – целочисленная функция индексов  $j$  и  $v$ . Функция  $\gamma_{jv}$  определяет закон частотной манипуляции дискретного частотного сигнала и изменяется от минимального значения равного 1 до максимального значения  $M$ , в нашем случае для кодовой последовательности «Уэлч-10»  $M=10$  и  $M=16$  для последовательности «Уэлч-16».

В среде MATLAB была составлена программа, которая позволяет получить спектр комплексной огибающей дискретного частотного сигнала. Выбраны следующие значения параметров сигнала: длительность одного элемента  $\Delta t = 1$  мкс; сдвиг по частоте между элементами сигнала соответственно  $\Delta\omega = 2\pi$  рад/мкс; амплитуда сигнала 1 В; несущая частота  $f_0 = 8.8$  ГГц или  $\omega_0 \approx 5.529 \cdot 10^{10}$  рад/с.

Амплитудно-частотний спектр (АЧС) сигнала дискретно-частотной последовательности «Уэлч-10» представлен на рис. 1.

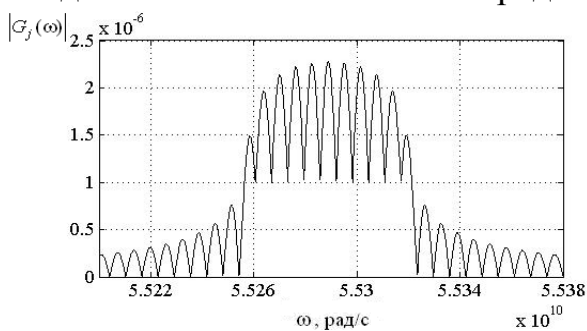


Рис. 1

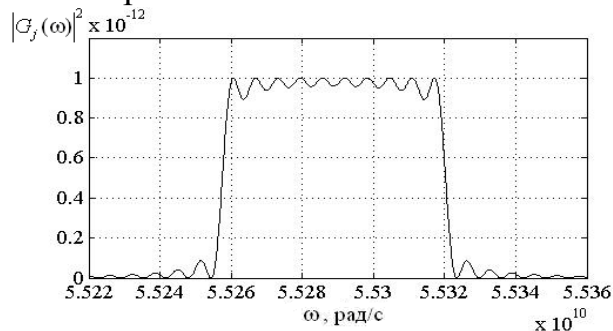


Рис. 2

Энергетический спектр (ЭС) сигнала представлен на рис. 2. На рис. 3 отображен фазо-частотный спектр (ФЧС) заданного сигнала.

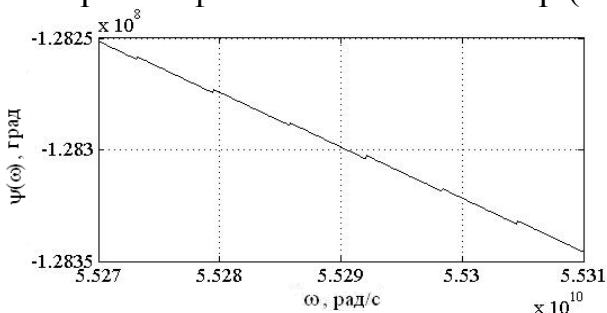


Рис. 3

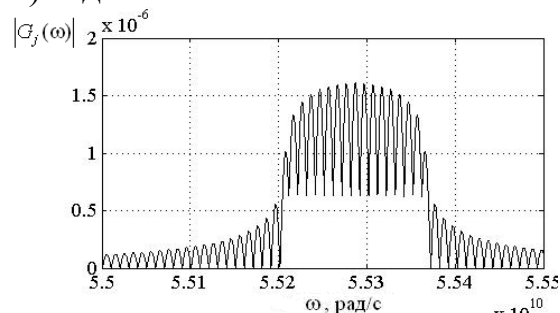


Рис. 4

Ширина спектра данного сигнала определяется как [1]:  $W = N \cdot \Delta\omega$ . В нашем случае длительность сигнала с заданными параметрами  $T=10$  мкс, сдвиг по частоте между элементами сигнала  $\Delta\omega = 2\pi$  рад/мкс, тогда ширина спектра равна  $W = 62.83 \cdot 10^6$  рад/с, что соответствует ширине спектра отображенной на рис. 1.

Рассмотрим спектр дискретного частотного сигнала сформированного кодовой последовательностью «Уелч-16» [3]:

$$\{ 3, 9, 10, 13, 5, 15, 11, 16, 14, 8, 7, 4, 12, 2, 6, 1 \}$$

Выбраны следующие значения параметров сигнала: длительность одного элемента  $\Delta t = 0.625$  мкс; сдвиг по частоте между элементами сигнала соответственно  $\Delta\omega = 3.2\pi$  рад/мкс; амплитуда сигнала 1 В; несущая частота  $f_0 = 8.8$  ГГц или  $\omega_0 \approx 5.529 \cdot 10^{10}$  рад/с. Амплитудно-частотный спектр (АЧС) сигнала дискретной частотной последовательности «Уэлч-16» представлен на рис.4. Энергетический спектр (ЭС) сигнала дискретной частотной последовательности «Уэлч-16» представлен на рис. 5. На рис. 6 отображен фазо-частотный спектр (ФЧС) заданного сигнала.

Определим ширину спектра сигнала. В нашем случае длительность сигнала с заданными параметрами  $T=10$  мкс, сдвиг по частоте между элементами сигнала  $\Delta\omega = 3.2\pi$  рад/мкс, тогда ширина спектра равна  $W = 160.85 \cdot 10^6$  рад/с, что соответствует ширине спектра на рис. 4.

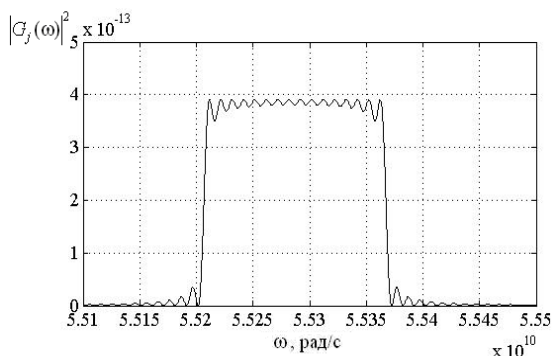


Рис. 5

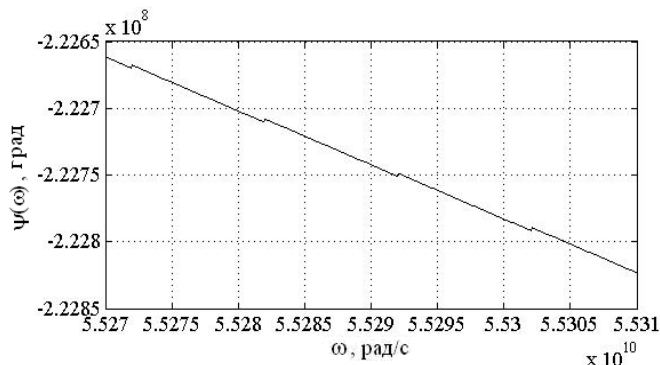


Рис. 6

Полученные результаты позволяют выработать исходные данные для аппаратного синтеза схемы цифровой обработки рассматриваемых сигналов.

### Литература

1. Мрачковський О.Д., Добріков О.В. «Функція невизначеності дискретного десятиелементного частотно-маніпульованого сигналу», Вісник Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут» Серія- Радіотехніка. Радіоапаратобудування. -2009.- Вип.39.- 168 с.
2. Мрачковський О.Д., Добріков О.В. «Исследование функции неопределенности дискретной частотной последовательности «Уэлч-16»», Вісник Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут» Серія- Радіотехніка. Радіоапаратобудування. -2009.- Вип.40.
3. Costas J. A study of a class of detection waveforms having nearly ideal range-Doppler ambiguity properties, Proceedings of the IEEE, pp 996-1009, Vol72, No 8, August 1984.
4. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. – М.: Советское радио, 1974. – 304 с.

*Добріков О.В., Мрачковський О.Д. Спектри дискретної частотної послідовності «Уелч-10» та «Уелч-16». Розглянуті амплітудний, фазовий та енергетичний спектри дискретного частотного сигналу, в якому використаний ряд чисел «Уелч-10» та «Уелч-16» в якості частотних кодуєчих послідовностей.*

**Ключові слова:** спектр, дискретний частотний сигнал.

*Мрачковский О.Д., Добриков А.В. Спектры дискретной частотной последовательности «Уелч-10» и «Уелч-16». Рассмотрены амплитудный фазовый и частотный спектры дискретного частотного сигнала, в котором используется ряд чисел «Уэлч-10» и «Уелч-16» в качестве частотных кодирующих последовательностей.*

**Ключевые слова:** спектр, дискретный частотный сигнал.

*Mrachkovsky O.D., Dobrikov A.V. Spectrum of discrete frequency sequence «Welch-10» and «Welch-16». Amplitude, phase and energy spectrum of a discrete frequency signal in which the number sequences «Welch-10» and «Welch-16» as frequency coding sequences are used is considered.*

**Key words:** spectrum, discrete frequency signal.

УДК 621.396.96: 621.396.62

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ E-КОДІВ ВЕЛТІ В РАДІОЛОКАЦІЇ

*Турко С.І., Мрачковський О.Д., Бичков В.Є.*

Запропоновані в [1] E-коди Велті згадані в [2,3]. Особливістю цих кодів