

УДК 004.891:004.946:681.518.5

Б.Н. Шуба, студент гр. ВВ-81мп
КПІ ім. Ігоря Сикорського

ВИРТУАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА МОНОИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

Аннотация. Разработка виртуального инструмента, который позволяет создавать сигнал в спектральном базисе Хартли.

Ключевые слова: LabVIEW, моделирование, преобразование Хартли, спектр.

ВСТУП

Для моноимпульсного сигнала тригонометрическое преобразование Фурье не является оптимальным потому, что преобразует действительный сигнал в комплексный спектр. Если для гармонических колебаний комплексный спектр имеет физическую интерпретацию – это спектр амплитуд гармоник исходного колебания и мнимую часть – это фаза этих гармоник, то для моноимпульсного сигнала такой интерпретации не существует. Поэтому использование тригонометрического базиса Фурье для исследования базиса моноимпульсного сигнала является нецелесообразным. Как альтернативу тригонометрическому базису Фурье было решено использовать базис Хартли.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Преобразование Хартли — интегральное преобразование, тесно связанное с преобразованием Фурье, но в отличие от последнего трансформирует одни вещественные функции в другие вещественные же функции. Преобразование было предложено в качестве альтернативы преобразованию Фурье Р. Хартли в 1942 году. Преобразование Хартли является одним из многих известных типов преобразований Фурье. Преобразование Хартли может быть и обратным.

Обращение к преобразованию Хартли было обусловлено ситуацией, сложившейся в ряде методов обработки информации, использующих вещественные последовательности данных (одномерных, двумерных, трехмерных), обработку которых желательно осуществлять в области вещественных чисел с помощью взаимно симметричных прямого и обратного преобразований [1].

Дискретный вариант преобразования Хартли был представлен Рональдом Брейсуэллом в 1983 году.

Преобразование Хартли $H(\omega)$ рассчитывается по формуле

$$H(\omega) = \{Hf\}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \text{cas}(\omega t) dt, \quad (1)$$

где $\text{cas}(t)$ – ядро Хартли,

$$\text{cas}(t) = \cos(t) + \sin(t) = \sqrt{2} \sin\left(t + \frac{\pi}{4}\right) = \sqrt{2} \cos\left(t - \frac{\pi}{4}\right). \quad (2)$$

Обратное преобразование получается по принципу инволюции:

$$f = \{H\{H_f\}\}. \quad (3)$$

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Виртуальный инструмент разработан в среде визуального программирования LabVIEW 13. Это один из качественных и надежных программных компонентов, разработанный компанией National Instruments.

Виртуальные приборы состоят из двух основных частей:

- передняя панель является интерактивным пользовательским интерфейсом;

- блок-диаграмма является исходным кодом прибора, созданным на языке графического программирования LabVIEW-G. Блок-диаграмма представляет собой реально исполняемый приложение [2].

Объекты на передней панели представлены на блок-диаграмме в виде соответствующих терминалов (terminals), через которые данные могут поступать от пользователя в программу и обратно [3].

Разработанная программа имеет пользовательский интерфейс, состоящий из осциллограмм, на которых выводятся заданные сигналы и их спектры, интерактивных средств для задания необходимых параметров сигнала и окна для вывода обработанной информации (смотри рис.1).

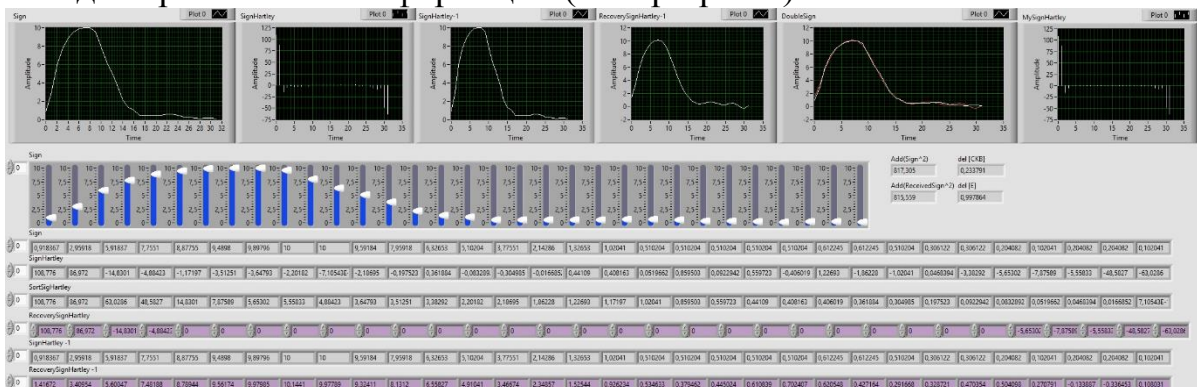


Рисунок 1. Интерфейс пользователя

После задания исходного сигнала, происходит вывод его осциллограммы, а также спектральных составляющих в базисе Хартли (смотри рис.2).

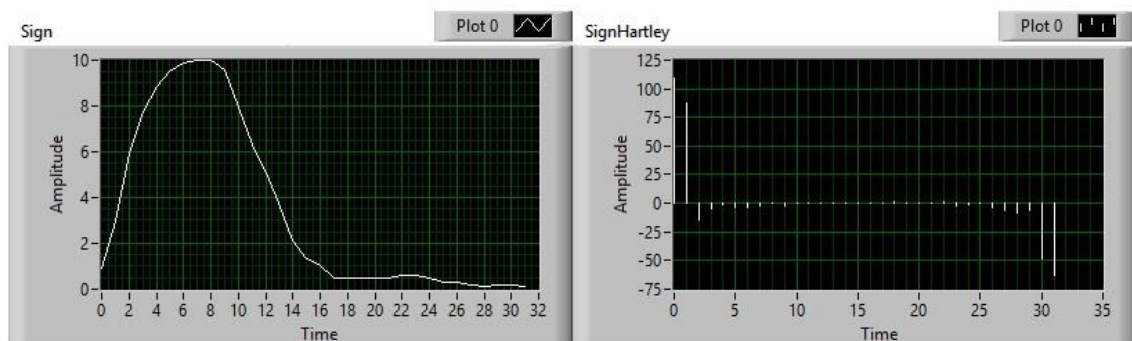


Рисунок 2. Исходный сигнал (с лево) и его спектр в базисе Хартли (с право)

Для исследования восстановления сигнала по спектральным составляющим в базисе Хартли, в программной среде проводим расчет удельного значения энергии каждой составляющей спектра по формуле

$$E_{ep}^{y\partial} = \frac{x_i^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Проводится сортировка по величине удельной энергии спектральной составляющей.

Проводится восстановление сигнала с помощью обратного преобразования Хартли, устанавливая спектральные составляющие в порядке их величины. После каждой введённой составляющей рассчитываем приращение удельной энергии сигнала и качество оценивания по СКО (табл. 2)

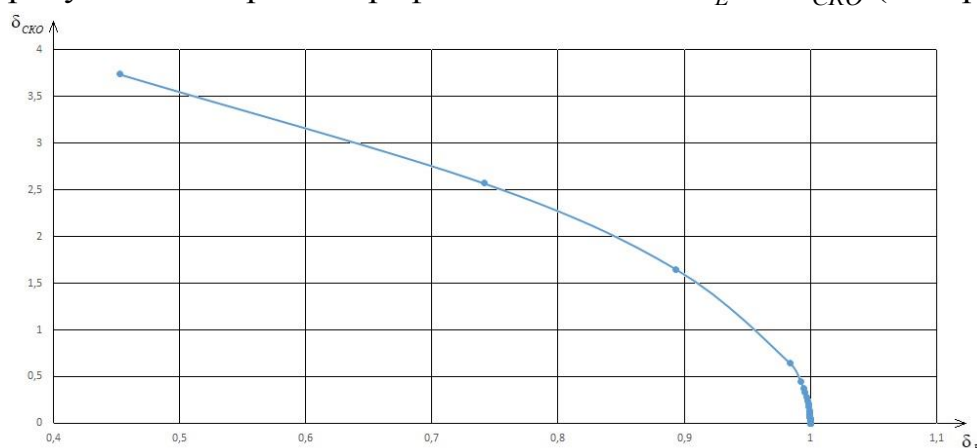
$$\delta_{CKO} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ucx} - x_{восм})^2}, \quad (5)$$

$$\Delta_E = \frac{\sum_{i=1}^n x_{восм}^2}{\sum_{i=1}^n x_{ucx}^2} \quad (6)$$

Таблица 1.

<i>№ спектральной составляющей</i>	<i>Удельная энергия спектральной составляющей</i>	<i>Среднеквадратическая погрешность</i>	<i>Приращение удельной энергии сигнала</i>
1	45,24079	21,1554	0,45240
2	28,92164	14,5318	0,741627
32	15,18936	9,32892	0,893521
31	9,024587	3,64279	0,983768
3	0,840915	2,52925	0,992177
29	0,237172	2,11155	0,994548
28	0,122187	1,86011	0,99577
30	0,118128	1,57941	0,996952
4	0,091213	1,32252	0,997864
7	0,050881	1,15464	0,998373
6	0,047174	0,973472	0,998844
27	0,043757	0,768127	0,999282
8	0,018536	0,662208	0,999467

На рисунке 3 изображён график зависимости Δ_E от δ_{CKO} (смотри рис.3).


 Рисунок 3. График зависимости δ_{CKO} от Δ_E

Проведя анализ зависимости, что для достаточно точного восстановления сигнала можно использовать шесть энергетически наибольших спектральных составляющих.

На рисунке 4 приведены примеры восстановления сигнала по четырех спектральных составляющих и по шести. Белым цветом выделен исходный сигнал, красным – восстановленный.

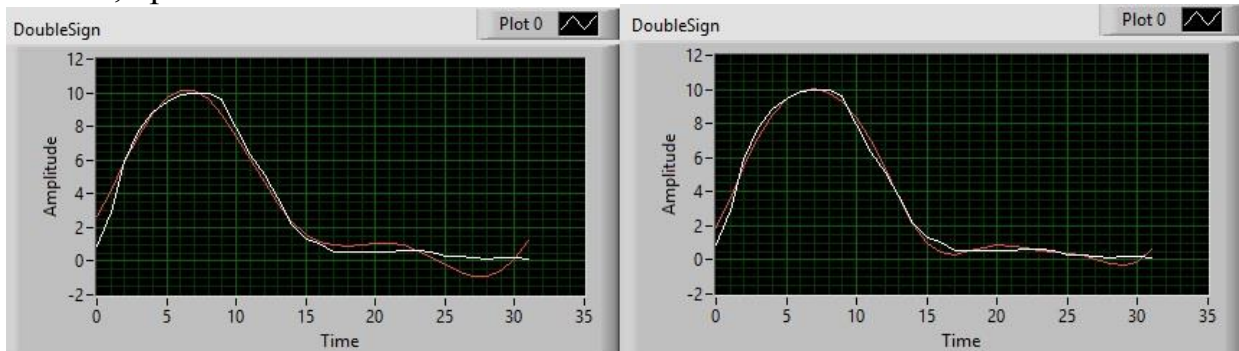


Рисунок 4. Сигнал, восстановленный по 4 спектральных составляющих (с лево) и по 6 спектральных составляющих (с право)

ВЫВОДЫ

Проведено исследование возможности спектрального анализа моноимпульсного сигнала в базисе преобразования Хартли. Был разработан программный инструмент, позволяющий произвести моделирование моноимпульсного сигнала по базису Хартли. В отличие от преобразований Фурье, преобразование Хартли использует вещественные функции.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Брейсуэлл, Р. Преобразование Хартли. Теория и приложения / Р. Брейсуэлл; пер. з англ. А. И. Папкова. — М.: Мир, 1990. — 175с.
2. Свиридов, Е. В. Разработка прикладного программного обеспечения в среде LabVIEW / Е.В.Свиридов, Я.И.Листратов, Н.А.Виноградова. — М.: МЭИ, 2005. — 50 с.
3. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий: Батоврин В. К., Бессонов А. С., Мошкин В. В., Папуловский В. Ф. / под ред. В. К. Батоврина. 2-е изд, переработ. и доп. — М.: Д М К Пресс. - 232 с.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Еременко В.С.