

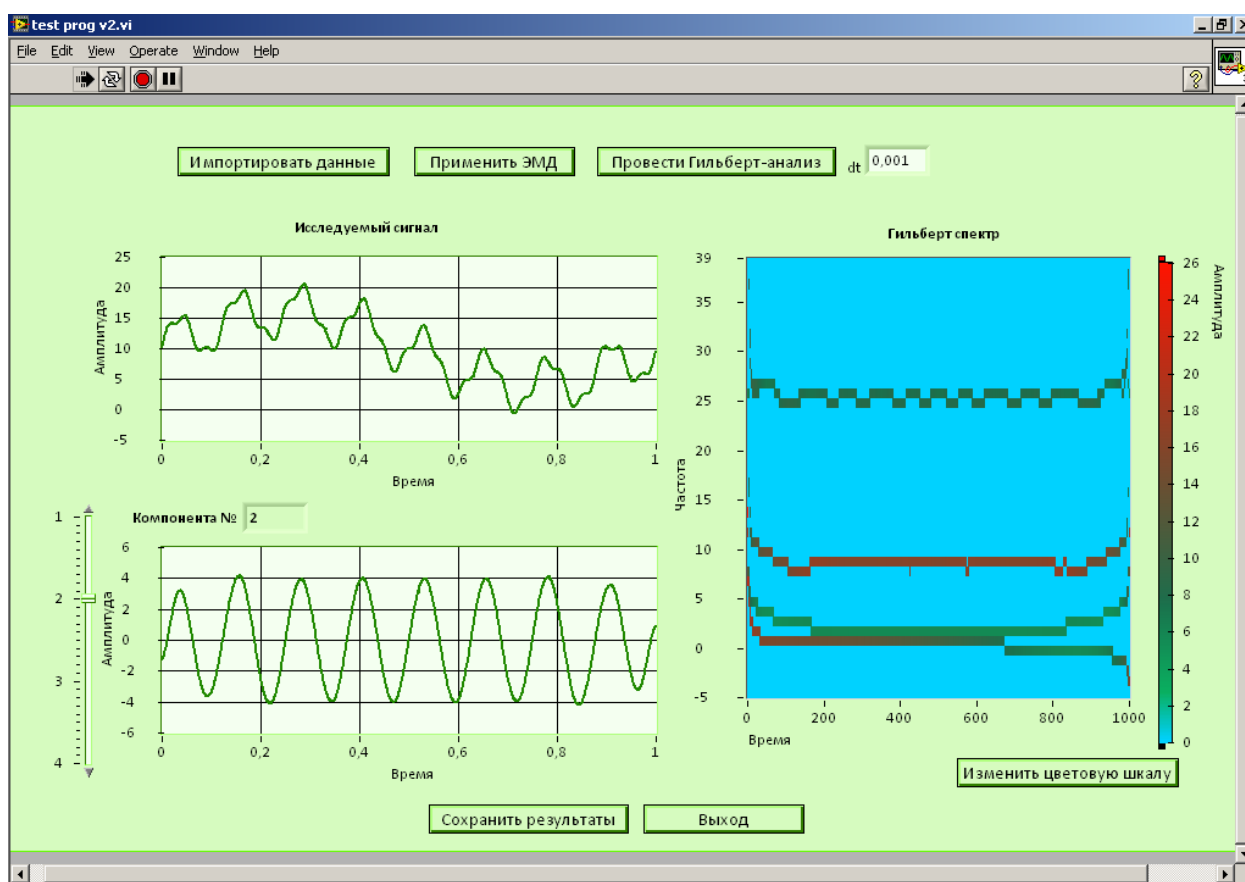
Преобразование Гильберта-Хуанга

Дергунов Алексей

Преобразование Гильберта — Хуанга (англ. *HHT*) — это преобразование, которое представляет собой разложение сигнала на эмпирические моды, с последующим применением к полученным компонентам разложения преобразования Гильберта и получения целостной информации о амплитудно-частотно-временных параметрах сигнала.

Впервые было предложено Норденом Хуангом в 1995 году в ходе его работ в NASA для изучения поверхностных волн тайфунов. В 1998 г. метод был обобщен на анализ произвольных временных. Первоначально назывался англ. «*EMD-HSA*» — метод эмпирической модовой декомпозиции (англ. *EMD*) нелинейных и нестационарных процессов с последующим Гильбертовым спектральным анализом (англ. *HSA*). В последующие годы, по мере расширения применения *EMD-HSA* для других отраслей науки и техники, вместо термина *EMD-HSA* был принят более короткий термин преобразования *HHT*.

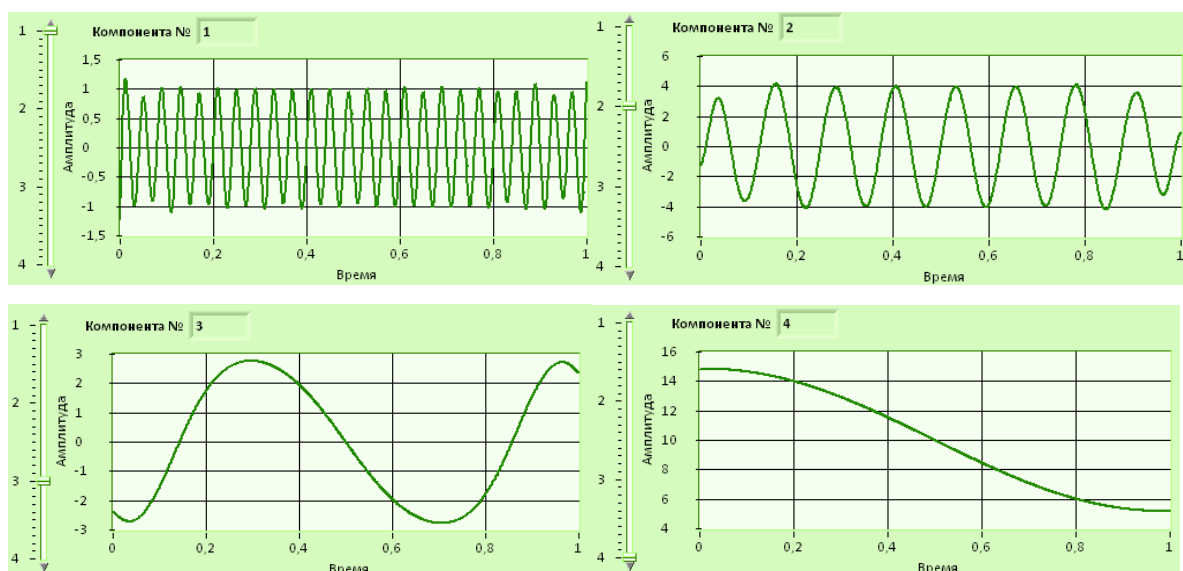
Преобразование Гильберта-Хуанга в LabVIEW



Вся основная суть преобразования понятна из следующего примера.

Проведем анализ простого полигармонического сигнала (3 гармоники + постоянная составляющая).

Результатом декомпозиции будут 4 компоненты (просмотр компонент в программе реализуется прокручиванием ползунка сбоку от графика с компонентой):



Как видим, с небольшой натяжкой можно признать, что полученные компоненты (называемые собственные модовые функции – *intrinsic mode functions*) соответствуют изначально заданным гармоникам. Применив к полученным компонентам преобразование Гильберта можно получить информацию о фазовой и амплитудной характеристиках каждой из компонент. Затем полученные характеристики можно свести в один графический спектр, показанный на первом рисунке. При корректной реализации спектра мы увидим на заданной частоте (ось Y) прямые линии вдоль все оси времени (X), а цвет будет отображать амплитуду данной частоты в данный момент времени.

По спектру сразу видны недостатки декомпозиции. Возьмем, к примеру, наиболее высокочастотную гармонику с частотой 25 Гц. На спектре видна ломаная линия на 25-26 Гц. Это вызвано неточным выделением гармоники декомпозицией – если присмотреться к графику самой компоненты, то

можно предположить, основываясь на спектр, что декомпозиция вызвала ложные частотные модуляции в пределах 0,5-1 Гц. Полученные компоненты будут отличаться от заданных на небольшие величины и могут присутствовать ложные ЧМ колебания. Также, постоянная составляющая была выделена в виде монотонно убывающей функции. Если останавливаться исключительно на этапе декомпозиции, то процент ложных выводов о характере процесса будет относительно высоким. Однако если применить Гильберт анализ и получить спектр, то качество интерпретации, по моему мнению, улучшится, а учитывая особенности декомпозиции, можно аналитически не учитывать ложную информацию.

Метод хорош тем, что нет привязки ни к каким априорно заданным базисам, он подходит для нестационарных процессов и может обрабатывать нелинейные сигналы, не требует никаких априорных данных про сигнал (только частоту его дискретизации – для корректного определения частоты).