

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ В МОДОВОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ

Бондарева Т.О., Деменковец Д.В., Леванцевич В.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Бранцевич П.Ю. – канд. тех. наук

Описан метод представления сигналов в виде их модовой декомпозиции. В качестве основных информативных признаков метода выбираются амплитуда, мгновенная частота и фаза отдельных мод. Разработан алгоритм и реализовано программное средство модовой декомпозиции. Показана применимость метода для анализа нестационарных вибрационных сигналов, полученных с реальных технических объектов.

Одним из важнейших показателей оценки технического состояния машин и агрегатов являются параметры вибрации [1]. При этом для исследования структуры вибросигнала, как правило, используются методы, основанные на преобразовании Фурье. Необходимым условием для применения Фурье-анализа является требование стационарности исследуемых сигналов, что на практике не всегда реализуемо, так как большинство вибросигналов, получаемых с реальных объектов, являются нестационарными [2].

В настоящее время широкое распространение получил метод исследования, нестационарных сигналов, основанный на эмпирической модовой декомпозиции, в результате которой исходный сигнал разлагается на ряд компонент, которые называются эмпирическими модами [3].

Эмпирическая мода - это такая функция, в которой количество экстремумов функции (максимумов и минимумов) и количество пересечений нуля не должны отличаться более чем на единицу.

Схема-алгоритма представления сигналов в модовой декомпозиции приведена на рисунке 1.

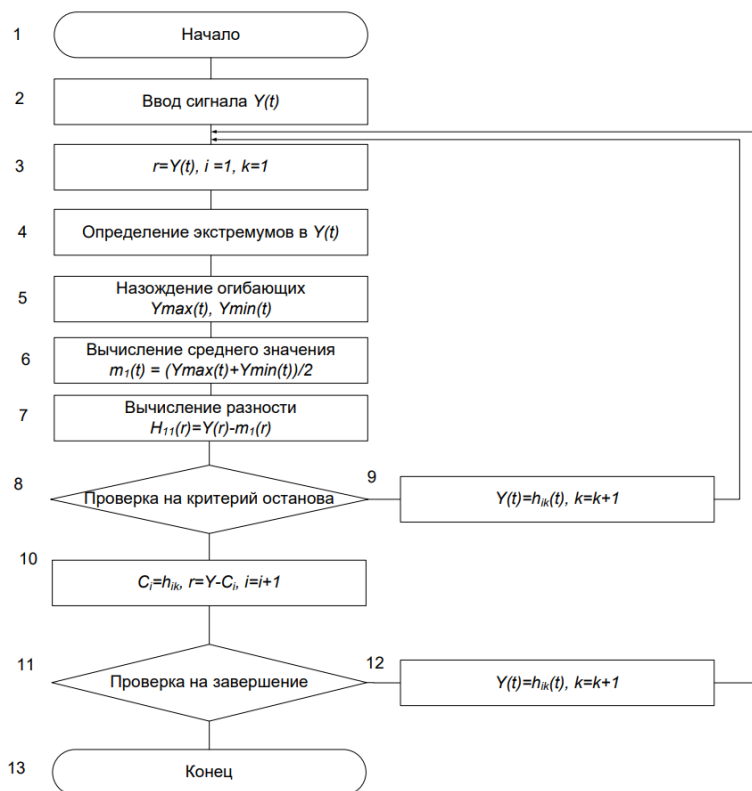


Рисунок 1 – Схема-алгоритма представления сигналов в модовой декомпозиции

Декомпозиция на модовые функции представляет собой итерационную процедуру. После открытия файла дискретных значений оцифрованного вибросигнала $Y(t)$ в блоке 4 определяются все его максимальные и минимальные значения. В блоке 5 по полученным минимальным и максимальным значениям строится верхняя и нижняя огибающие $Y_{max}(t)$ и $Y_{min}(t)$. Для построения огибающей, на интервале между двумя экстремумами как правило, применяется интерполяция

В блоке 6 вычисляется среднее значение огибающих. Первое приближение h_{11} к первой функции эмпирической моды сигнала $Y(t)$ определяется в блоке 7.

Принимая вместо функции $Y(t)$ функцию h_{11} (блок 9) и повторяя шаги с первого по четвертый, находим второе приближение к первой функции моды $h_{12}(t)$. Аналогичным образом находим и следующие приближения $h_{1k}(t)$ функции моды $C_1(t)$. Итерации продолжаются до тех пор, пока нормализованная квадратичная разность между двумя приближениями $h_{1k}(t)$ и $h_{1k-1}(t)$ Вычисляемая в блоке 8, не станет меньше некоторого предельного значения:

$$\alpha \geq \sum_{i=0}^T \left(\frac{(h_{ik-1}(t) - h_{ik}(t))^2}{h_{i-1}^2(t)} \right)$$

(1).

Последнее значение $h_{ik}(t)$ итераций принимается за первую, наиболее высокочастотную моду $C_1(k) = h_{ik}(k)$ семейства модовых функций, которая непосредственно входит в состав исходного сигнала $Y(t)$. Это позволяет вычистить $C_1(k)$ из состава сигнала и оставить в нем более низкочастотные составляющие (блок 10).

Для получения второй эмпирической моды $C_2(t)$ в блоке 12 функции $Y(t)$ присваивается значение остатка $r_1(t)$ и далее повторяются те же преобразования, что и для получения первой моды $C_1(k)$.

Просуммировав полученные значения мод $C_i(t)$ и последний полученный остаток r_n , который может быть трендом или постоянной составляющей сигнала, получим разложение сигнала согласно формулы:

$$y(t) = \sum_{i=1}^n c_i(t) + r_n \quad (2).$$

Процесс декомпозиции может быть остановлен, когда остаток $r_n(t)$ не содержит точек экстремумов, т.е. становится либо константой, либо монотонной функцией, из которой больше не могут быть извлечены модовые функции.

На рисунке 2 приведен пример декомпозиции сигнала, содержащего кратковременные возмущения, на две моды. Можно заметить, что первая мода выделяет сигнал возмущений из исходного сигнала. Определив амплитуду и частотный спектр первой моды, можно оценить характеристики сигнала возмущений.

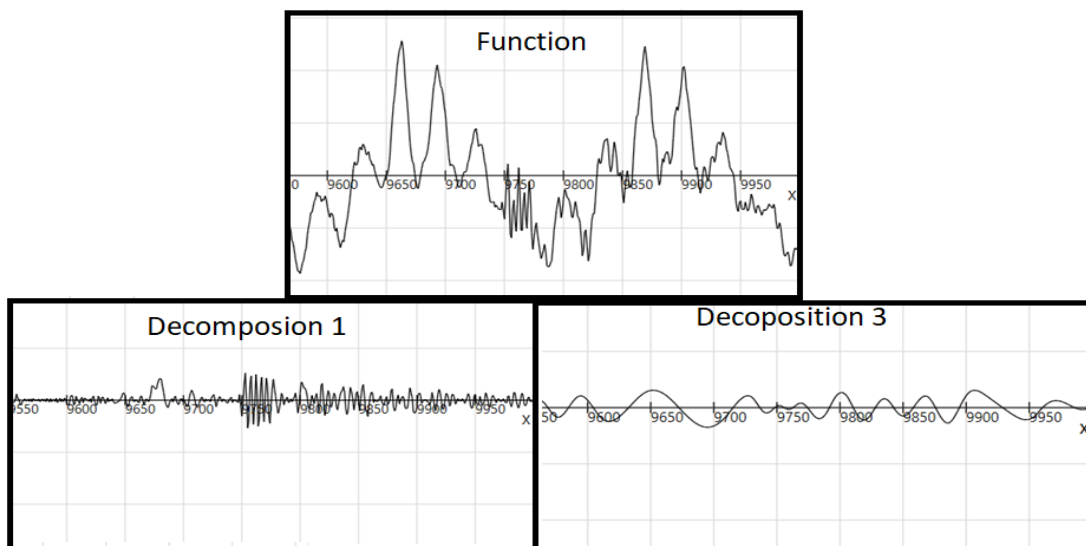


Рисунок 2 – Представление кратковременного возмущения сигнала в модовой декомпозиции

Выводы: Модовая декомпозиция сигналов может быть использована для анализа нестационарных вибрационных сигналов при оценке технического состояния машин и агрегатов.

Список использованных источников:

1. Балицкий, Ф.Я. *Неразрушающий контроль. Справочник. Том 7. Книга Вибродиагностика* / Ф.Я. Балицкий, А.В. Барков, Н.А. Баркова // М.: Машиностроение, 2005. – 829с.
2. Кан, Ш.Ч. *Анализ нестационарных сигналов на основе преобразования Гильберта-Хуанга* / Ш.Ч. Кан, А.В. Микулович, В.И. Микулович // Информатика – 2010. – №2 – С. 36-47.
3. *The empirical mode decomposition method and the Hilbert spectrum for non-stationary timeseries analysis* / N.E. Huang [et al.] // Proc. R. Soc. Lond. – 1998. – P. 903-995