

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

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

Рачковский Т.С.

Давыдов И.Г. – к.т.н., доцент

При возникновении дефектов в подшипниках качения наблюдаются такие явления, как чрезмерная вибрация и/или шум. Концепция заключается в постоянном или периодическом мониторинге этих динамических явлений. Мониторинг обычно приводит к большому количеству сложных сигналов с ценной диагностической информацией. Наиболее действенный и прогрессивный метод извлечения диагностической информации, или так называемых информативных признаков, является вейвлет-преобразование, и как частный его случай – пакетное вейвлет-преобразование.

В течение многих лет и в то же время с несколькими прорывами в области обработки сигналов, инженеры и исследователи поняли, что традиционное быстрое преобразование Фурье (БПФ) не подходит для обработки сигналов сложной, динамической природы, таких как сигналы от вибрации оборудования. Среди других недостатков БПФ испытывает недостаток во временной локализации. Для решения этой проблемы были найдены и разработаны временные представления.

Было представлено оконное преобразование Фурье (ОПФ), а также нелинейные распределения, такие как распределение Вигнера-Вилле. ОПФ имеет недостаток в том, что он обеспечивает постоянное разрешение для всех частот, поскольку он использует одно и то же окно для анализа всего сигнала. Распределение Вигнера-Вилле и псевдо-случайное распределение Вигнера-Вилле являются билинейными по своей природе, а в результатах декомпозиции появляются искусственные перекрёстные члены, что делает истолкование функции проблематичной. Их главный недостаток заключается в том, что они, как правило, являются необратимыми преобразованиями. Вейвлет-преобразование (ВП) решает указанные проблемы [1].

Вейвлет - это волнообразное колебание, которое вместо постоянного колебания, подобно гармоническим волнам, быстро падает до нуля. Вейвлет-преобразование разбивает функцию на сдвинутые и масштабированные версии материнского вейвлета. Это можно определить, как свёртку входной последовательности данных с набором функций, генерируемых материнским вейвлетом. ВП является время-масштабным методом, поскольку он преобразует функцию из временной области во время-масштабную область. Масштаб косвенно связан с частотой. Более того вейвлет-преобразование является обратимым преобразованием, что делает возможным реконструкцию или оценку определённых компонентов сигнала.

В алгоритме быстрого вейвлет-преобразования (БВП) при переходе с масштабного уровня m на уровень $m+1$ функция аппроксимирующих коэффициентов ($c_{m,k}$) разделяется на низкочастотную ($c_{m+1,k}$) и высокочастотную ($d_{m+1,k}$) части спектрального диапазона, и при дальнейшем увеличении масштабных уровней аналогичному разложению последовательно подвергаются только низкочастотные функции (аппроксимирующие). В пакетном алгоритме БВП операция последовательного частотного расщепления применяется как для низкочастотных, так и для высокочастотных (детализирующих) коэффициентов. В результате возникает дерево расщепления, пример которого показан на рисунке 1.

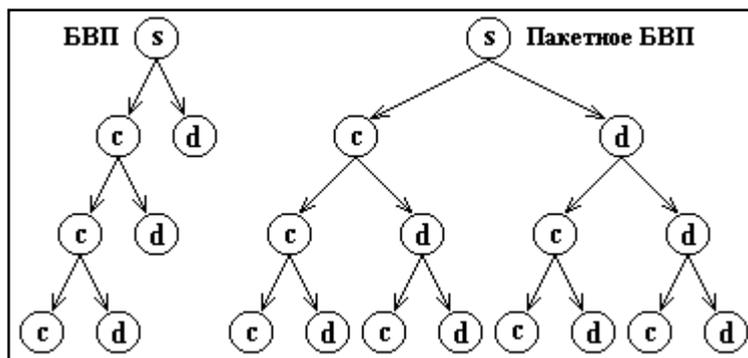


Рис. 1 – Сравнение деревьев разложения БВП и пакетного БВП

При таком расщеплении вейвлеты каждого последующего уровня образуются из вейвлета предыдущего уровня разделением на два новых вейвлета:

$$\psi_1(t) = \sum_n h_n \psi(t-n), \quad \psi_2(t) = \sum_n g_n \psi(t-n). \quad (1)$$

Новые вейвлеты также локализованы в пространстве, но на вдвое более широком интервале. Полный набор вейвлетных функций разложения называют вейвлет-пакетом.

Вейвлет-преобразование очень привлекательно для операций над двумя основными задачами с сигналами сложной (переходной или нестационарной) природы: подавление шума и извлечение информативных признаков. Подавление шума проводится чтобы уменьшить флуктуации и выявить скрытую или слабую диагностическую информацию. Функция извлечения информативных признаков, как правило, обеспечивает входными данными экспертную систему, связанную с автоматическим мониторингом за ухудшением состояния. Общая картина, наблюдаемая во многих исследованиях в области мониторинга состояния, основанных на вейвлетах, представлена на рисунке 2 [2].

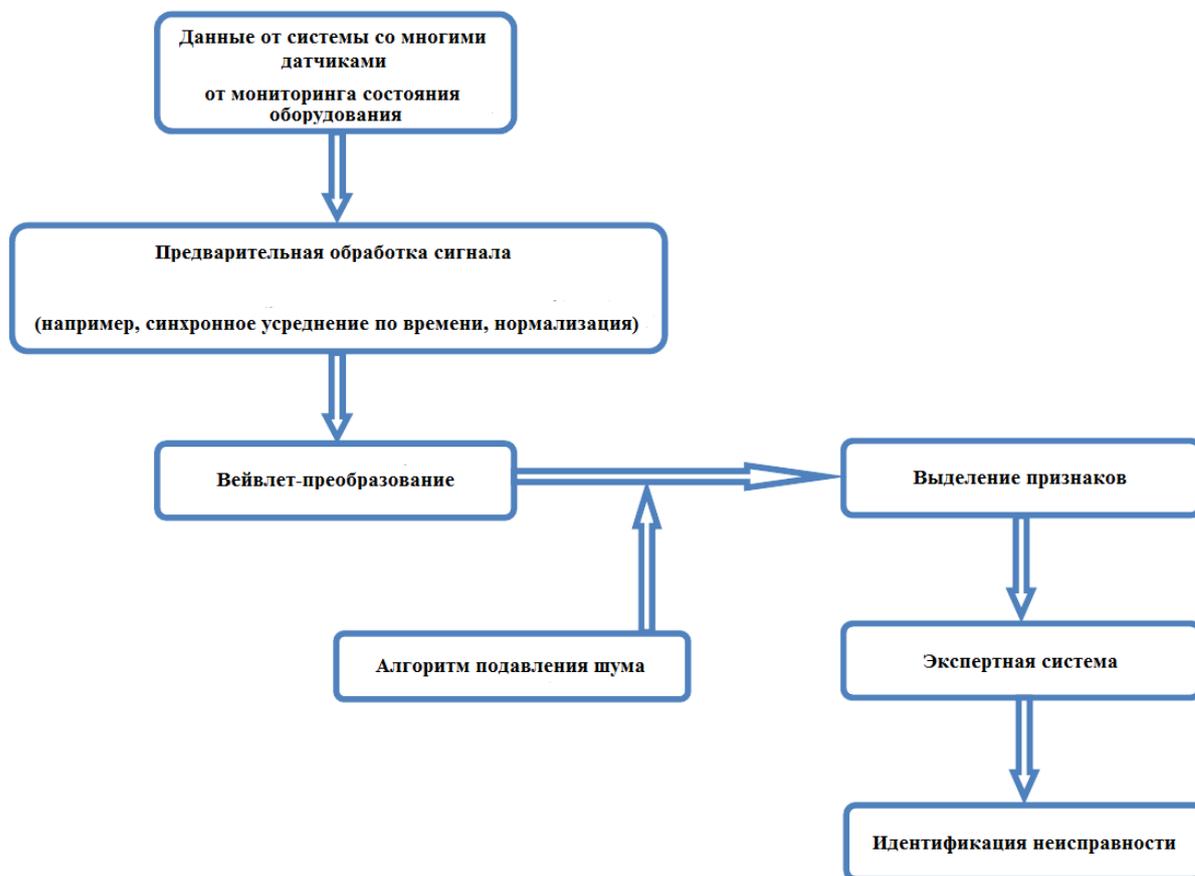


Рис. 2 – Схематическое представление принципа мониторинга состояния оборудования, основанного на вейвлет-преобразовании

Таким образом в работе проведён анализ методов вейвлет-преобразования и пакетного-вейвлет преобразования. Проверена работоспособность алгоритмов для оценки состояния подшипников качения. В дальнейшей работе планируется собрать набор данных с различными состояниями дефектов подшипников и определить информативные признаки, которые будут применены в качестве входных данных для экспертной системы.

Список использованных источников:

31. Mallat S.G. A Wavelet Tour of Signal Processing. The Sparse Way / Academic Press, 2009 – 805 p.
32. Theodoros Loutas and Vassilis Kostopoulos. "Utilising the Wavelet Transform in Condition-Based Maintenance: A Review with Applications", InTech, DOI: 10.5772/36166, 2012, 273-313.