

ОБНАРУЖЕНИЕ ВСПЛЕСКОВ-ВОЗМУЩЕНИЙ НА ДЛИННЫХ РЕАЛИЗАЦИЯХ ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». Минск, Республика Беларусь. branc@bsuir.edu.by, branc@tut.by

Современные компьютерные или встраиваемые системы позволяют получать длинные (десятки секунд, минуты, часы, сутки) реализации вибрационных сигналов, которые непрерывно отражают вибрационное состояние исследуемого механизма в разных режимах работы. Визуальный анализ ряда таких вибрационных сигналов показал наличие в них редких вибрационных всплесков-возмущений, которые практически не выявляются ни по параметрам вибросигнала, ни спектральным анализом. Представлен способ обработки вибрационных сигналов, основанный на их разложении на периодическую и шумоподобную составляющие и вейвлет-анализе, ориентированный на обнаружение редко возникающих вибрационных всплесков-возмущений.

Обеспечение комфортных условий жизнедеятельности человека во многом достигается надежной, безаварийной, экономически эффективной работой разнопрофильных, сложных, материалоемких, энергопотребляющих, большеразмерных технических объектов и производств. Их функционирование и решение конкретных производственных задач требует безотказной эксплуатации дорогостоящего оборудования, что предполагает, в свою очередь, осуществление контроля разнообразных технических параметров, по которым можно судить об его исправности и работоспособности. Для контроля целесообразно выбирать те параметры, которые достаточно хорошо отражают функциональное состояние объектов и не требуют слишком больших затрат на их измерение. В этом плане, для механизмов роторного типа (турбины, генераторы, двигатели, редукторы, насосы, компрессоры, вентиляторы и т.д.) такими являются параметры вибрации [1].

Системы непрерывного контроля (мониторинга), являющиеся обязательными для энергетического оборудования, определяют параметры вибрации в точках установки датчиков через небольшие промежутки времени (от нескольких секунд до долей секунды) и реагируют на возникновение аномальных ситуаций, проявляющихся в изменении вибрационного состояния, путем выработки сигналов управления устройствами сигнализации и защитного отключения. В качестве основных параметров вибрации для принятия таких решений используется среднее квадратическое значение (СКЗ) виброскорости и амплитуды ряда частотных составляющих вибросигнала, кратных частоте вращения вала (ротора) [2].

В результате функционирования компьютерных комплексов вибрационного контроля и мониторинга накапливаются большие объемы данных, содержащих информацию об изменении во времени различных вибрационных параметров для всех точек контроля [3]. Они позволяют выявить изменение технического состояния контролируемого объекта или провести анализ причин, приведших к неисправности или отказу оборудования.

Однако, гораздо более полную информацию об эксплуатируемых механизмах содержат непрерывные вибрационные сигналы, регистрируемые на протяжении длительных временных интервалах и в разных режимах работы. В результате исследований таких сигналов были выявлены кратковременные вибрационные всплески-возмущения [4]. Изучение таких возмущений представляет собой достаточно большую проблему, так как они носят случайный характер, а временные интервалы между ними могут составлять от нескольких минут до нескольких часов.

Необходимость обнаружения редких кратковременных изменений структуры вибрационных сигналов и последующее выявление причинно-следственных связей между их появлением и развитием дефектов, требует создания систем, способных накапливать и обрабатывать непрерывные вибрационные сигналы, отражающие вибрационное состояние объекта, на протяжении длительных временных интервалов. Разработан прототип подобной системы на базе микроконтроллера ATmega фирмы Atmel с накопителем данных SDCard [5].

Проводя анализ формы вибрационных сигналов, отражающий интенсивность механических колебаний корпусных элементов механизмов роторного типа, функционирование которых предполагает вращательное движение, и их амплитудных спектров, можно заметить, что в большинстве случаев такие вибрационные сигналы содержат периодическую компоненту, состоящую из гармоник, кратных частоте вращения, и некоторую шумоподобную составляющую. Поэтому, с целью более детального исследования, предлагается представить исходный вибросигнал в виде суммы периодической и шумоподобной составляющих [4].

После разделения вибрационного сигнала на полигармоническую и шумоподобную составляющие, определяются параметры каждой из составляющих в отдельности. При этом можно предположить, что изменения параметров периодической составляющей – следствие достаточно существенного изменения технического состояния объекта, а локальные изменения шумоподобной составляющей – это проявление зарождающихся дефектов.

Пример исследования вибросигнала, иллюстрирующий данный подход, приведен на рисунке 1.

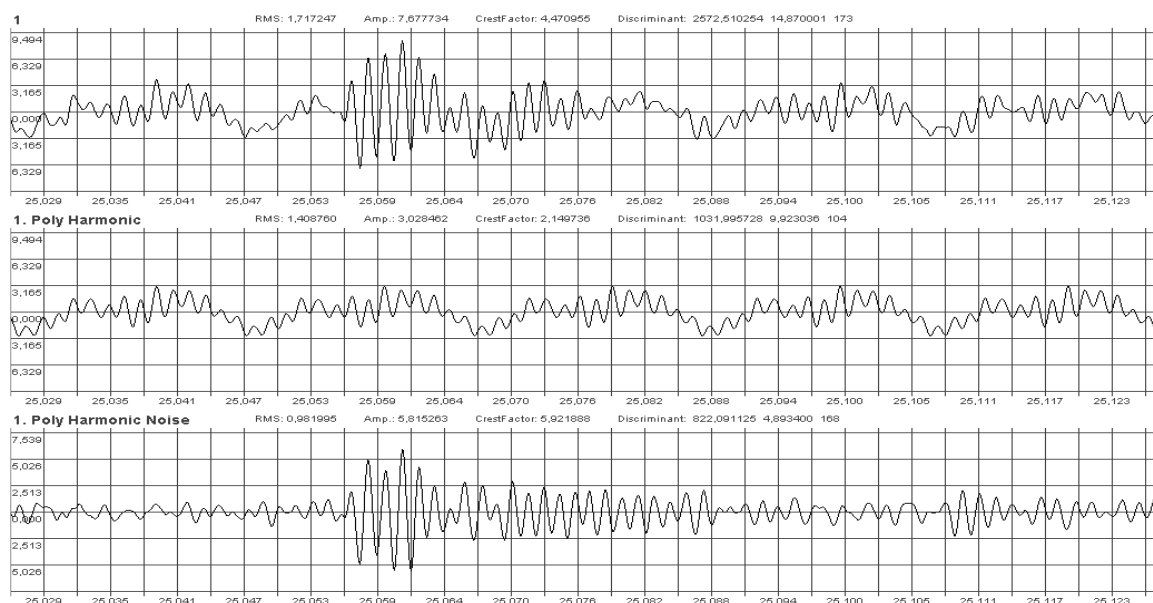


Рисунок 1 – Форма исходного вибрационного сигнала, его периодической и шумоподобной составляющих в единицах виброускорения при локализации вибрационных возмущений

В качестве вибрационного всплеска или возмущения можно признать превышение шумоподобной составляющей вибрационного сигнала по абсолютной величине некоторого порогового уровня a_p . Уровень a_p определяется для нормального вибрационного состояния контролируемого объекта на временном интервале, соответствующем 4-8 оборотам ротора.

В ряде случаев для выявления вибрационных аномалий можно применить вейвлет-преобразование исходного вибросигнала или его шумоподобной составляющей. Вейвлет-преобразование представляет собой вариант цифровой полосовой фильтрации и каждый вейвлет имеет свою амплитудно-частотную характеристику. Если выбрать ширину вейвлетных функций таким образом, чтобы в частотной области они выделяли некоторые информативные полосы, то составляющие вибросигнала, являющиеся результатом вейвлет-преобразования, можно использовать для выявления локальных вибрационных всплесков в этих полосах [6]. В примере, изображенном на рисунке 2, амплитуда сигнала, выделенного вейвлетом Морле, в зоне аномального изменения вибрации примерно в 3-4 раза больше, чем в нормальном состоянии, что позволяет легко локализовать вибрационный всплеск.

Выводы. Разложение исходных вибрационных сигналов, отражающих состояние механизмов и агрегатов с вращательным движением, на периодическую и шумоподобную составляющие, с последующим их отдельным анализом, позволяет на шумоподобной составляющей выявлять редко возникающие аномальные вибрационные всплески.

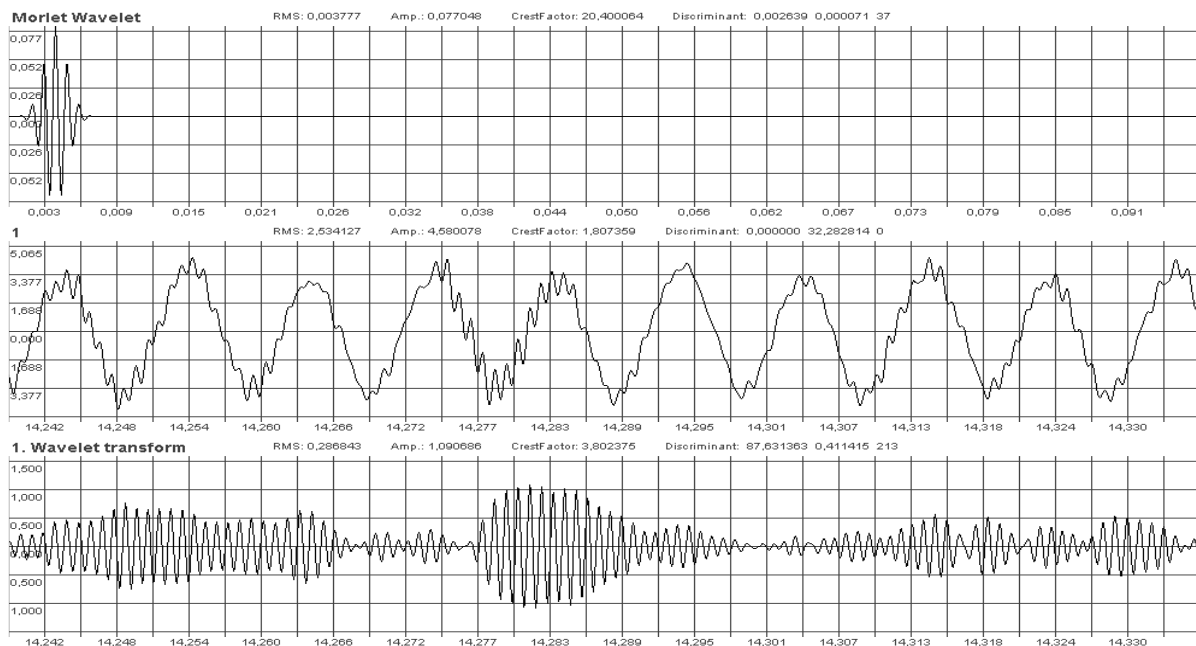


Рисунок 2. Форма вейвлета, вибрационный сигнал и результат вейвлет-преобразования

Вейвлетную функцию можно использовать при обработке длинных реализаций вибрационных сигналов для выявления редких вибрационных всплесков в частотной полосе, выделяемой вейвлетом. Непрерывный анализ вибрационного состояния сложного производственного оборудования создает предпосылки для разработки новых способов решения задач оценки технического состояния и диагностики.

Список литературы

1. Неразрушающий контроль. Справочник. Том 7. Книга 2. Вибродиагностика /Ф.Я. Балицкий и др. М.: Машиностроение, 2005. – 485 с.
2. Гольдин, А.С. Вибрация роторных машин / А.С. Гольдин. М.: Машиностроение, 1999. – 344 с.
3. Бранцевич, П.Ю. Компьютерный вибрационный мониторинг механизмов и турбоагрегатов/ П.Ю. Бранцевич, С.Ф. Костюк, Е.Н. Базылев // Доклады БГУИР. – 2015. – № 7 (93). – С. 5-10.
4. Бранцевич, П.Ю. Большие данные в системах вибрационного контроля, мониторинга, диагностики / П.Ю. Бранцевич, Е.Н. Базылев // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2016. – № 3. – С. 28-41.
5. Базылев, Е.Н. Применение встроенных систем и мобильных технологий в виброизмерительных системах / Е.Н. Базылев, П.Ю. Бранцевич, С.Ф. Костюк // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС-2016): материалы междунар. науч. конф. – Минск: БГУИР, 2016. – С. 260–261.
6. Бранцевич, П.Ю. Анализ вибрационных сигналов с использованием вейвлетов / П.Ю. Бранцевич // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2016): сб. статей VI международной заочной научно-технической конференции. Ч. 1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2016. – С. 80-86.