

УДК 62-251-047.36

СРАВНЕНИЕ РЕЗОНОГРАММЫ И СКЕЙЛОГРАММЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА РОТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ТОЛКАЧ Р. В., КОСМАЧ Н. В., ДАВЫДОВ И. Г.

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

E-mail: tolkach.rom@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрен сравнительный анализ резонансной и скейлограммы вибрационных сигналов, как инструментов для мониторинга роторного оборудования. В статье представлены результаты тестирования методов на вибрационных сигналах, снятых с промышленного роторного оборудования.

Abstract. This article discusses a comparative analysis of the resonance and scalegram of vibration signals as tools for monitoring rotary equipment. The article presents the results of testing methods on vibration signals taken from industrial rotor equipment.

В настоящее время актуальность проблемы виброакустической диагностики диктуется острой необходимостью организации оперативного безразборного контроля технического состояния машин и механизмов на всех стадиях их жизненного цикла. Автоматические системы вибрационной диагностики и мониторинга состояния, решающие задачу оценки технического состояния роторного оборудования без привлечения экспертов, способны в значительной мере продлить срок службы диагностируемого оборудования и повысить эффективность производства [1].

Для проверки эффективности использования резонансной как инструмента мониторинга технического состояния оборудования проводится сравнительный анализ нормированной скейлограммы и резонансной.

Для сравнения используется набор сигналов, снятых с промышленного оборудования. На рис. 1. приведены нормированные скейлограммы и резонансные для дефектного (“case1_1.wav”) и нормального (“case2_1.wav”) состояний. Для анализа прироста энергии отдельных компонент рассчитывается разностная нормированная скейлограмма (рис. 1. с)

$$\Delta \overline{Sc}(f) = \overline{Sc}^{case1-1}(f) - \overline{Sc}^{case2-1}(f). \quad (1)$$

Одним из способов анализа разностной нормированной скейлограммы $\Delta \overline{Sc}(f)$ может быть установка некоторого порогового значения прироста энергетического вклада (“Threshold” на рис. 1. с), превышение которого указывало бы на целевую область частот для фильтрации. Фильтрация же всей области положительных коэффициентов $\Delta \overline{Sc}(f)$ может быть неэффективным для разделения дефектов различных элементов при высокой сложности анализируемого оборудования.

Использование комбинированного метода для анализа разностной скейлограммы осложняется необходимостью использования двух пороговых значений: выраженности и энергетического вклада.

Аналогично рассчитывается разница резонансных $\Delta R(f)$ для двух представленных сигналов (рис. 1. d). При этом, в отличие от разностной скейлограммы $\Delta \overline{Sc}(f)$, разностная резонансная $\Delta R(f)$ предоставляет возможность анализа не только резонансных областей, значительно увеличивших свой энергетический вклад, но и новых (появившихся) резонансных областей [2].

При этом следует отметить, что коэффициенты разностной скейлограммы $\Delta \overline{Sc}(f)$ обеспечивают менее корректную оценку прироста энергетического вклада, чем разностной резонансной $\Delta R(f)$, ввиду перекрытия Фурье-образов вейвлетов и, как следствие, взаимного влияния рядом стоящих компонент.

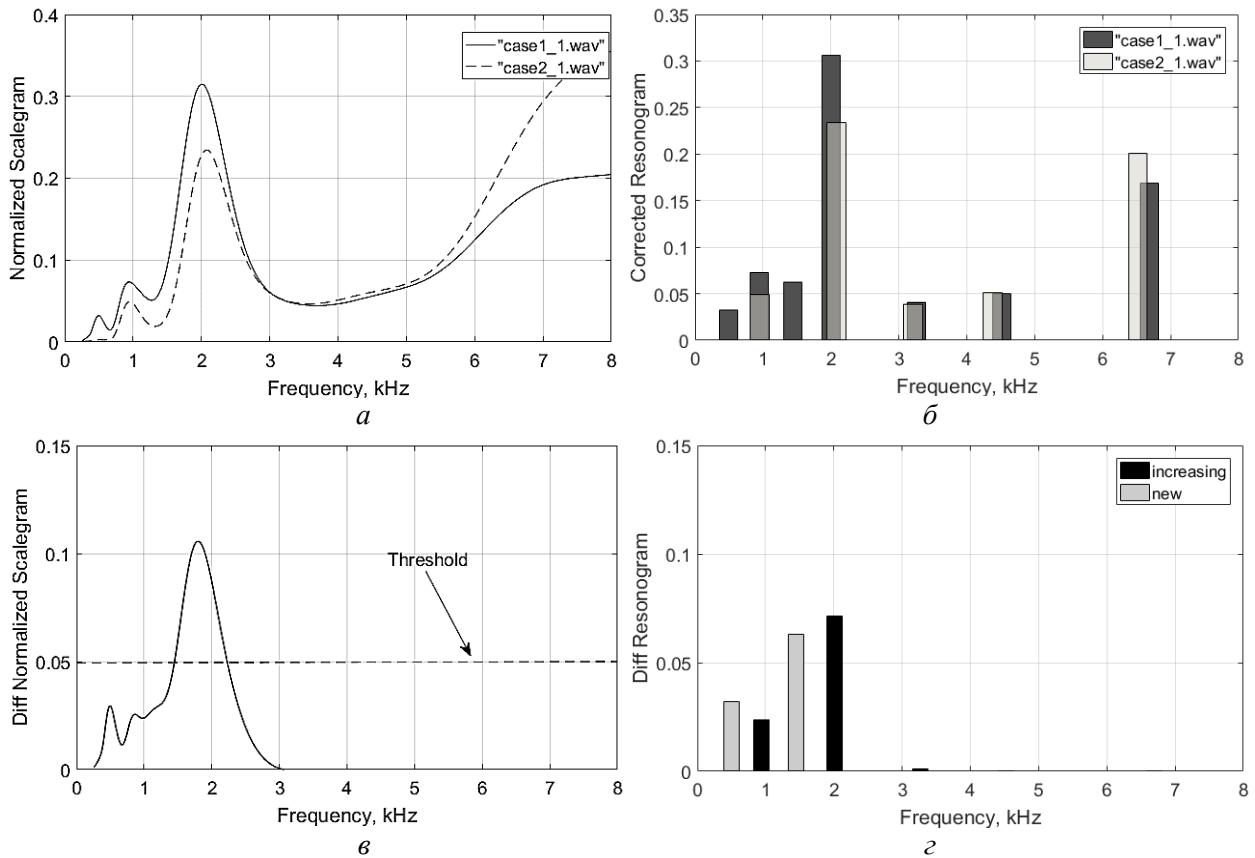


Рис. 1. Сравнение скейлограммы и резонограммы
 а – нормированные скейлограммы сигналов; б – резонограммы сигналов;
 с – разностная скейлограмма; д – разностная резонограмма.

Для определения быстро растущих частотных областей сигнала по разностной резонограмме $\Delta R(f)$ требуется только одно пороговое значение энергетического вклада. В этом случае каждый i -ый частотный диапазон может, например, определяться формулой

$$\Delta F_i = \left[Fr_i \left(1 - \frac{\Pi_0}{2} \right); Fr_i \left(1 + \frac{\Pi_0}{2} \right) \right]. \quad (2)$$

где $\Pi_0 = 0.33$ – относительная полоса пропускания вейвлета MORL; Fr_i – резонансная (собственная) частота, выделенная из резонограммы.

Существенным недостатком резонограммы является так называемый «краевой эффект». Под данным термином понимается зависимость характера декомпозиции скейлограммы от выбранной верхней граничной частоты вейвлетного базиса F . Вследствие того, что алгоритм построения резонограммы основан на поисках максимумов скейлограммы без учета их выраженности, то результаты декомпозиции для 2-ух различных граничных частот могут значительно различаться. Так сдвиг найденных частот в резонограммах достигает 12%. В результате экспериментов было установлено, что более стабильная резонограмма со сдвигами резонансных частот от эксперимента к эксперименту не превышающими 1-2% может быть получена при избыточной верхней частоте скейлограммы F .

При этом скейлограмма нормируется по дисперсии сигнала в линейной полосе частот акселерометра. Так в приведенном примере линейная полоса частот акселерометра, пригодная для измерений, составляет [0;8] кГц, так как на частотах близких к 10 кГц наблюдается собственный резонанс датчика вибрации [4].

В ходе сравнения выявлено, что резонограмма имеет ряд преимуществ перед скейлограммой, а самым важным из них является возможность обнаруживать новые (появившиеся) собственные частоты оборудования, которые могут служить индикатором деградации технического состояния

оборудования, что непосредственно позволяет своевременно осуществить ремонт оборудования и сэкономить время и иные ресурсы.

Список использованных источников

1. Барков, А. В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. / А. В. Барков, Н. А. Баркова, А. Ю. Азовцев. – СПб. : Изд. центр СПбГМТУ, 2000. – 169 с.
2. Mallat S.G. A Wavelet Tour of Signal Processing. The Sparse Way / Academic Press, 2009 – 805 p.
3. Асламов Ю. П., Асламов А. П., Давыдов И.Г., Цурко А. В. Эффективность использования скалограммы для оценки технического состояния роторного оборудования. Доклады БГУИР. 2018;(2):12-17.
4. Разреженная декомпозиция скейлограммы для мониторинга технического состояния роторного оборудования /Ю. П. Асламов, И. Г. Давыдов, Н. В. Космач, Р. В. Толкач // Доклады БГУИР – 2019.