

УДК 621.313

АНАЛИЗ ВИБРОХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Черный А.П., д.т.н., проф., Лашко Ю.В., к.т.н., доц., Стеценко М.А., асп.

*Кременчугский государственный политехнический университет имени Михаила Остроградского
39614, г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20,*

E-mail: arch@polytech.poltava.ua

Осадчук Ю.Г., к.т.н., доц.

Криворожский технический университет

50050, г. Кривой Рог, ул. XXII партсъезда, 11

В роботі розглянуто застосування вейвлет-перетворень для аналізу віброхарактеристик електродвигунів компресорного агрегату. Виконаний порівняльний аналіз спектрів сигналів віброприскорення і його спектрів вейвлет-коефіцієнтів. Показані характерні особливості досліджуваного процесу.

Ключові слова: електропривод, віброхарактеристики, вейвлет-перетворення.

An application of wavelet transformations for the analysis of vibration descriptions of electric motors of compressor aggregate is considered in this work. A comparative analysis of spectrums of signals of vibration acceleration and its spectrums of wavelet coefficients is executed. Character features of explored process are shown.

Key words: electric drive, vibration descriptions, wavelet transformation.

Введение. Повышение надежности оборудования, установленного на компрессорных станциях, и стремление к оптимизации расходов, связанных с ремонтно-восстановительными работами, в условиях, когда оборудование почти выработало назначенный ресурс, привело к развитию систем технического обслуживания, основанных на комплексном контроле технического состояния с использованием различных средств диагностики. Для высокоскоростных электродвигателей важным показателем технического состояния являются характеристики виброскорости и виброускорения [1].

Анализ предыдущих исследований. В настоящее время теория оценивания состояния электрооборудования по параметрам его виброхарактеристик находит применение в различных прикладных разработках. Созданные приборы позволяют по спектру вибраций определять дефекты и неисправности [2]. Сегодня одной из наиболее перспективных технологий анализа данных является вейвлет-преобразование. В отличие от преобразования Фурье, которое описывает поведение сигнала в частотной области, но оставляет открытым вопрос относительно локализации во времени разных компонент сигнала, результаты, полученные с помощью

вейвлет-анализа, как правило, обладают большей информативностью и отражают такие особенности данных, анализ которых при применении традиционных подходов вызывает определенные трудности, а именно, исследование временных (пространственных) рядов с выраженной неоднородностью. Такие свойства вейвлет-анализа, как выделение из сигнала компонентов разного масштаба - разделение сигнала на составляющие, его динамических свойств - определение и устранение статистических колебаний, явились предпосылкой исследований [3].

Цель работы – анализ виброхарактеристик электродвигателей компрессорных агрегатов на основе вейвлет-преобразований.

Материал и результаты исследований. Наличие нагрузки, присоединенной к валу, существенно искажает спектр вибраций двигателя. Поэтому окончательный вывод о состоянии электродвигателя может быть выполнен с учетом данных по всем подшипниковым узлам агрегата.

Для исследований использована группа компрессорных агрегатов кислородного цеха № 2 КМК «Митал-Стилл»: ТК №3, ТК №16, ТК №19, ТК №25. Кинематическая схема агрегата приведена на рис. 1.

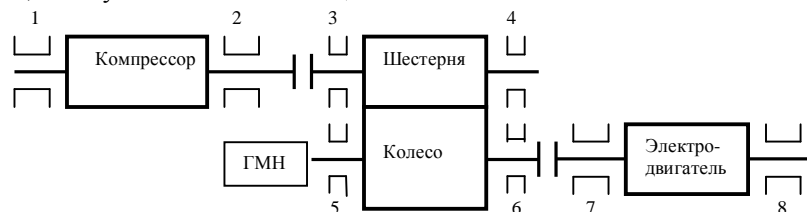


Рисунок 1 – Кинематическая схема компрессорного агрегата

Замеры вибрации проводились с помощью прибора СД-12М в вертикальном направлении. Данные, полученные с использованием виброизмерительной аппаратуры, позволили измерить сигналы виброускорения подшипниковых узлов компрессора (№1 и №2) и двигателя (№7 и №8).

Полученные спектрограммы (рис. 2) позволяют выделить характерные частоты оборотной и сопутствующих частот. Анализируя спектрограммы можно сделать следующие замечания:

- на спектрах рис. 2, в) и г) выраженными являются частоты электромагнитного характера: 100, 200, 300 Гц, а также дробные гармоники, которые указывают на наличие дефектов в стали двигателя;
- характерен спектр, указывающий на небаланс ротора, ему соответствуют гармоники оборотной частоты ротора, а также присутствуют вторая гармоника от оборотной частоты ротора и несколько гармоник в низкочастотной части спектра, но все они по амплитуде много меньше оборотной гармоники. Обычно картина небаланса проявляется одновременно на двух подшипниках. Только на одном из подшипников

небаланс диагностируется достаточно редко, только в тех случаях, когда он полностью сосредоточен непосредственно в районе подшипника (рис. 2, г));

- возможно наличие вибрации «масляного клина» или эллипсности шейки вала, для которых характерным является проявление в спектре вибросигнала увеличения амплитуды субгармоники с частотой 0,42 - 0,48 от оборотной частоты вала (рис. 2, г));
- возможен дефект зубчатой пары редуктора со стороны компрессора. В спектре вибрации характерным является появление боковых боковых гармоник (4-6), причем по мере удаления от центрального пика гармоники зубозацепления их амплитуда будет, примерно, монотонно убывать (рис. 2, б))

В целом, анализ спектрограмм показывает, что существуют дополнительные факторы, влияющие на амплитуды и периодические составляющие, что затрудняет гармонический анализ с использованием Фурье преобразований, и установление взаимосвязей параметров вибрации на компрессоре и электродвигателе.

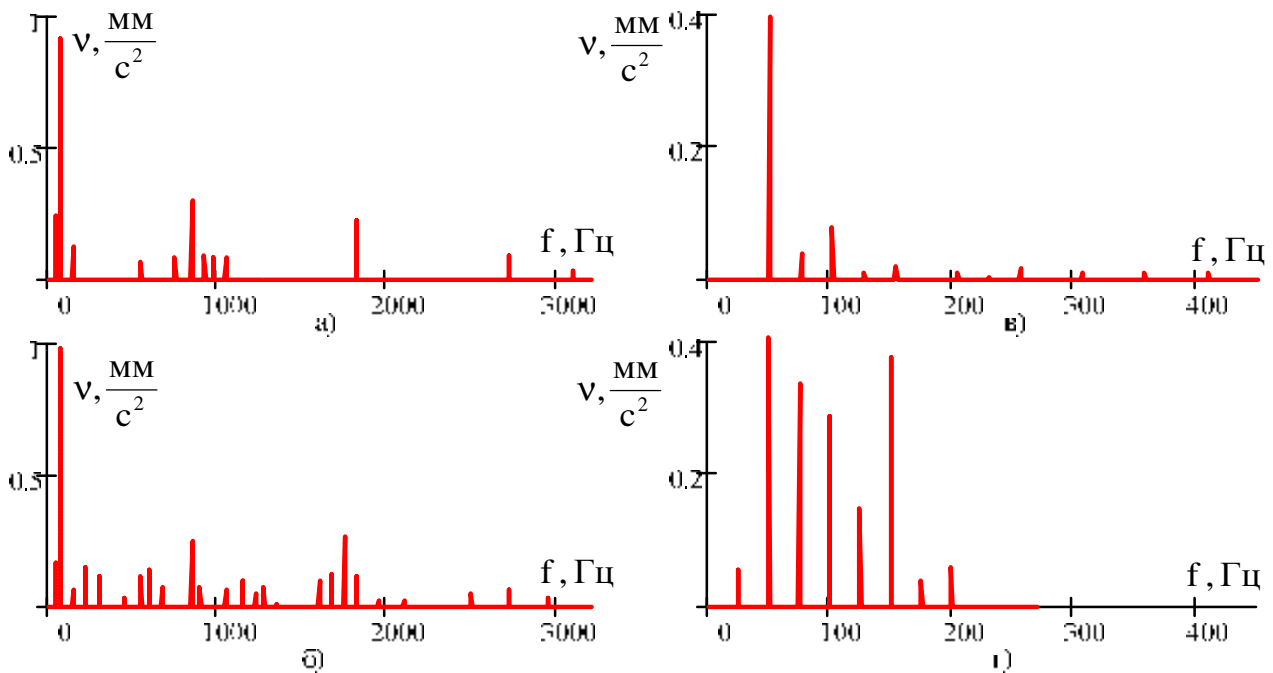


Рисунок 2 – Спектры виброускорения подшипниковых узлов компрессорного агрегата: №1 – а), №2 – б), №7 – в), №8 – г)

Дополнительный анализ может быть выполнен с использованием непрерывного вейвлет-преобразования как аппарата для анализа дискретных значений числовых последовательностей. К спектрам, которые содержат дискретные значения

частот виброускорения (рис.2), применено непрерывное вейвлет-преобразование с вейвлетом МНАТ. Полученные спектры вейвлет-коэффициентов представлены на рис. 3.

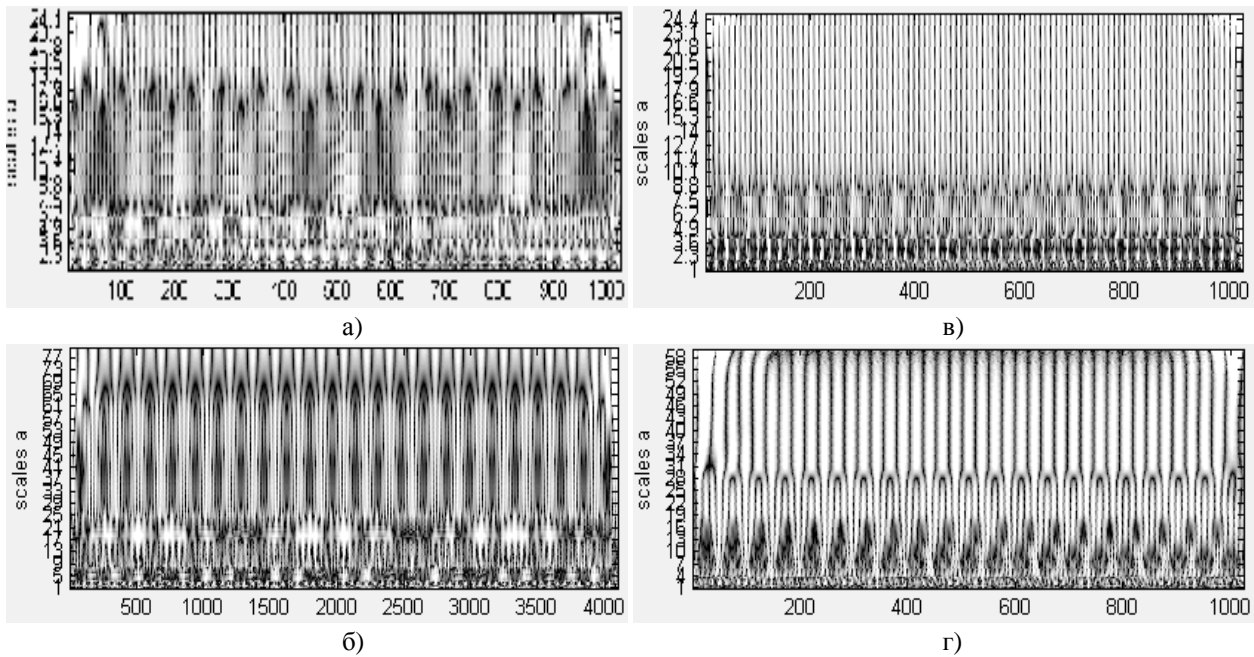


Рисунок 3 – Вейвлет-преобразование сигналов виброускорения подшипников:
№1 – а), №2 – б), №7 – в), №8 – г)

Из анализа вейвлет-коэффициентов (рис. 3) видно, что сигналы виброускорения подшипников на анализируемом интервале имеют стационарную (несущую) низкочастотную составляющую. Интерес представляют высокочастотные составляющие, (рис. 3а, 3г), которые могут указывать на дефекты зубчатых пар редукторов или дефекты, связанные с ослаблением крепления механических конструкций и появления явления «затирания». Второе более вероятно, так как анализируемые сигналы получены со сторон противоположных редуктору. Более точная идентификация высокочастотных составляющих требует высокой разрешающей способности измерительной аппаратуры. Перспективным просматривается подход получения информации о высокочастотных гармониках исследуемого сигнала с высокой разрешающей способностью во времени с извлечением ее из коротких временных интервалов, а не из всего сигнала.

При этом необходимо учитывать, что выбор анализирующего материнского вейвлета определяется тем, какую информацию необходимо извлечь из сигнала, каждая базовая вейвлет-функция характеризуется различными свойствами, что позволяет, используя различные вейвлет-функции, выявить все особенности анализируемого сигнала, в том числе вейвлеты m -го порядка, которые позволяют анализировать мелкомасштабные флуктуации и особенности высокого порядка, игнорируя при этом наиболее регулярные (полиномиальные) составляющие

сигнала. В этом случае коэффициенты вейвлет-преобразования будут малы в областях, где функция имеет гладкость до порядка обращающих в ноль моментов, и вейвлет-преобразование будет реагировать только на изменения функции высокого порядка.

Результаты вейвлет-преобразования отличаются для различных базисных функций. Это необходимо учитывать при интерпретации результатов в случае использования различных материнских вейвлетов.

Выводы. Использование различных алгоритмов вейвлет-преобразования позволяет повысить эффективность диагностики электрических машин путем введения характерных особенностей исследуемого процесса: масштаба и интенсивности периодических изменений, направления и величины трендов, наличия, расположения и длительности скачков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руссов В.А. Спектральная вибродиагностика.- Пермь, 1996.
2. www.vibration.ru
3. Лашко Ю.В., Чорний О.П. Вейвлет-анализ в задачах контролю режимів роботи асинхронного двигуна та його захисту // Вісник КДПУ: Зб. наук. праць КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 2/2004 (25) – С. 161-164.

Стаття надійшла 17.04.2008 р.