

АЛГОРИТМ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗА

Киселев А.Ю., группа АТ-01а

Руководитель доц. каф. АТ Дегтяренко И.В.

Современные тенденции развития компрессоростроения в Украине и за рубежом свидетельствуют о все более частом применении систем контроля технического состояния в процессе производства и эксплуатации. Это является основным способом обеспечения безотказности работы машины и повышения надежности на эксплуатационном уровне. Как показывают исследования, в мировой структуре производства 40–50% общей потребности приходится на поршневые компрессоры. Однако в Украине и странах СНГ их доля существенно выше — она составляет около 80%.

В машинах такого типа вследствие возвратно-поступательного движения поршня, возникает нестационарность динамических воздействий, что характеризуется более сложным, в отличие от роторных машин, характером вибрационного состояния. Это приводит к возникновению нестационарных компонент в сигналах вибрации. [1]

Одним из методов оценки нестационарных сигналов является метод вейвлет анализа. Он позволяет получать информацию не только о частотных составляющих сигнала, но и об их временной локализации. Для анализа сигналов на практике применяют обычно быстрое вейвлет преобразование или алгоритм Малла. Оно дает возможность вычислять вейвлет-коэффициенты без интегрирования, используя алгебраические операции на основе свертки. Еще один плюс такого подхода заключается в том, что сигналы в этом случае представляются в дискретном виде, т.е. удобном для работы с ними на ЭВМ. Вейвлет-коэффициенты вычисляются по формуле [2]:

$$a_{j-1,k} = \sum_n \bar{h}_n a_{j,n+2k}, \quad d_{j-1,k} = \sum_n \bar{g}_n a_{j,n+2k}, \quad (1)$$

где a — аппроксимирующие коэффициенты, d — детализирующие коэффициенты, h и g — фильтры вейвлета, n — длина сигнала.

Для реализации вейвлет анализа необходимо решить задачу привязки вибросигнала к рабочему циклу компрессора. Работа поршневого компрессора имеет циклический характер, соответственно и сигналы вибрации имеют циклически повторяющиеся локальные особенности. В частности, открытие выпускного клапана вызывает появление затухающего высокочастотного импульса в сигнале вибрации. Т.е. можно предположить, что в сигнале вибрации такие импульсы будут периодически повторяться, причем временной интервал между ними будет соответствовать одному циклу работы компрессора.

Таким образом, для определения длительности периода работы поршневого компрессора необходимо в сигнале его вибрации выделить моменты времени соответствующие моменту открытия выпускного клапана. Сделать это позволяет детектор, схема которого изображена на рис. 1.

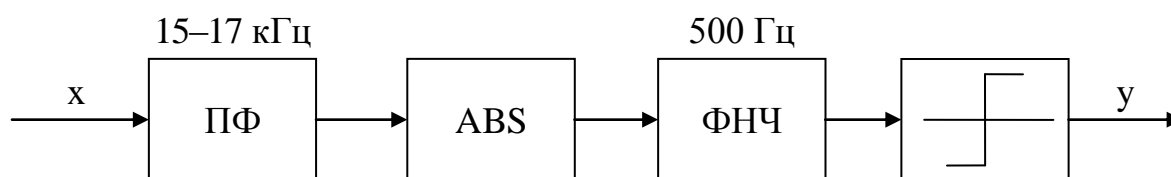


Рисунок 1 — Схема детектора высокочастотных импульсов
в сигнале вибрации

Рассмотрим принцип работы детектора. Для обнаружения высокочастотных импульсов в сигнале вибрации используется полосовой фильтр с полосой пропускания 15–17 кГц. На выходе фильтра получаются высокочастотные составляющие сигнала. Далее находится модуль этого

сигнала и пропускается через фильтр низкой частоты. На выходе фильтра получается огибающая сигнала. Затем сигнал поступает на пороговое устройство, которое срабатывает при достижении сигналом определенного уровня. Таким образом, на выходе детектора имеется массив временных отсчетов, соответствующих моментам открытия выпускного клапана.

После разбиения сигнала на отдельные периоды можно приступить к его обработке. Принимается длина окна примерно равная трем периодам сигнала и производится вейвлет разложение выборки охватываемой этим окном. Затем окно смещается на величину одного периода и повторяется процедура разложения. В результате получается $n-3$ результатов разложения, где n — количество периодов в исходном сигнале. Полученные результаты разложения следует усреднить, чтобы устранить влияние шумов и увеличить амплитуду информативных компонент в сигнале. После усреднения результатов можно производить их анализ и делать выводы о техническом состоянии поршневого компрессора.

Процедура анализа состоит в сравнении коэффициентов разложения текущего сигнала (d_{2i}) с эталонными коэффициентами (d_{1i}), полученными при известных параметрах технического состояния агрегата. Критерий подобия рассчитывается по формуле:

$$Y = \sum_{i=1}^n (d_{1i}^2 - d_{2i}^2). \quad (2)$$

Возведение в квадрат необходимо с одной стороны для приведения компонент к одному знаку, а с другой для усиления влияния информативных компонент и устранения влияния малозначащих. В результате получаем критерий подобия различных состояний компрессора. По уровню данной величины можно судить о близости технического состояния машины к одному из «эталонных» состояний.

Исследование эффективности предложенного критерия производилось на основе сравнения сигналов вибрации компрессора записанных при различных

нагрузках (0,2,4,6,8 и 10 атмосфер). Было произведено вейвлет разложение сигналов до 6 уровня, в качестве материнского вейвлета использован вейвлет db2. Затем были получены попарные разности квадратов результатов разложения и просуммированы все вейвлет коэффициенты. Результаты представлены на рис. 2.

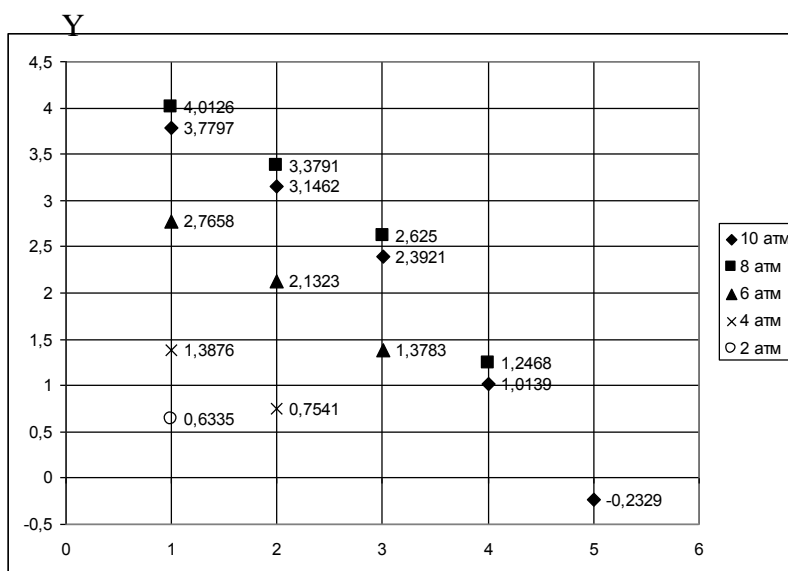


Рисунок 2 — Результаты анализа вибросигналов поршневого компрессора при различных нагрузках

На графике метка 1 по оси абсцисс соответствует «разности» между исследуемой нагрузкой и 0 атмосфер, метка 2 — между исследуемой нагрузкой и 2 атмосферами, и т.д. Из графика также видно, что характер этих зависимостей линейный, соответственно данный критерий может быть использован для оценки технического состояния компрессора.

Перечень ссылок

1. Давыдов В.М., Жуков Р.В. Особенности технической диагностики поршневых компрессорных машин. — По материалам XVI Российской научно-технической конференции "Неразрушающий контроль и диагностика", 2002. / Электронный ресурс. Способ доступа: URL: <http://www.vibration.ru/>.

2. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов. — М.: ДМК Пресс, 2005. — 304 с., ил.