

ДИАГНОСТИКА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Еськова Ю.П., студентка, Яценко А.Ф., канд. техн. наук, доц.,
Донецкий национальный технический университет

В данной работе предложены методы безразборной диагностики подшипников качения шахтных подъемных машин с использованием вибросигнала. Проанализированы различные методы вибродиагностики подшипников качения.

В настоящее время применяемая технология отработки угольных пластов требует использования значительного количества стационарного и электротехнического оборудования, от безаварийной работы которого во многом зависит обеспечение добычи планируемого объема угля. Различные условия эксплуатации и технического обслуживания приводят к тому, что при одной и той же продолжительности работы узлы шахтных подъемных машин имеют различное техническое состояние. В процессе эксплуатации это может привести к недоиспользованию индивидуальных ресурсов элементов или всей машины, или, того хуже, к созданию аварийной обстановки.

Подшипники качения являются, самыми распространенными и наиболее уязвимыми элементами любого роторного механизма. Они осуществляют пространственную фиксацию вращающихся роторов и воспринимают основную часть статических и динамических усилий, возникающих в механизме. Поэтому техническое состояние подшипников является важнейшей составляющей определяющей работоспособность механизма в целом. [1]

Состояние подшипника качения от идеального до полного разрушения можно разделить на пять стадий. На рис. 1 по вертикальной оси отложены значения амплитуды виброскорости (мм/с), по горизонтальной – стадии развития дефектов. Ломаная линия «1» соответствует уровню фона вибрации, линия «2» – уровню пиков вибрации. От отметки «0» до «1» считаем, что общее состояние подшипника «идеальное». На этом нулевом этапе уровень фона (линия 1) и уровень пика (линия 2) отличаются незначительно друг от друга, а сам фон вибрации значительно меньше нормируемого.

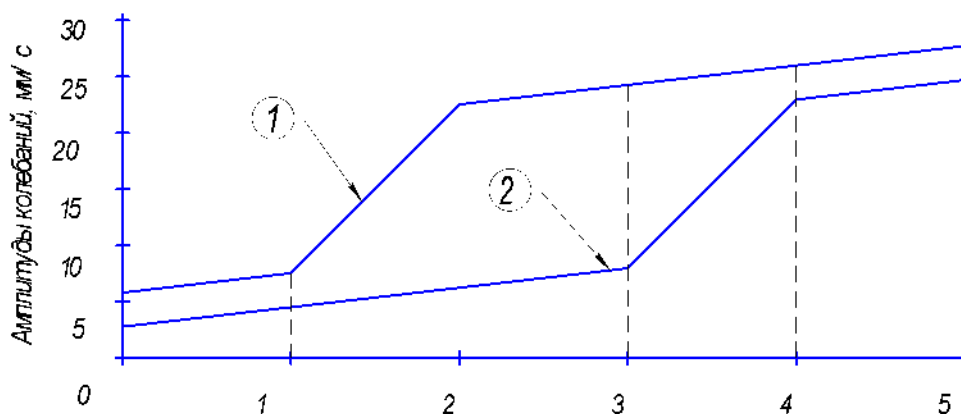


Рис. 1 - Стадии развития дефектов подшипников качения

Стадия 1. Это стадия возникновения дефекта в процессе эксплуатации. Начиная с отметки "1" в подшипнике появляется и начинает развиваться какой-либо дефект, возникают ударные виброимпульсы, растущие по величине. Энергия импульсов затрачивается на «углубление» дефекта, в результате чего происходит ещё большее увеличение энергии импульсов. Уровень фона вибрации по своей величине при этом остаётся неизменным, т.к. дефект носит локальный характер и на общем состоянии подшипника пока не сказывается.

Стадия 2. Начиная с точки «2» на рис. - 1 ударные импульсы в подшипнике достигают по своей энергии практически максимального значения. Выделяющаяся в подшипнике энергия импульсов уже столь велика, что её достаточно для расширения зоны дефекта. На данной стадии остановить дальнейшее развитие дефекта невозможно, началось его саморазвитие. Величина пиков вибрации на временном вибросигнале уже практически не растёт, но и уровень фона тоже меняется мало. Дефект «набирает силу, готовится к решающему нападению».

Стадия 3. Начинается с точки «3». Зона развития дефекта столь велика, что подшипник начинает «терять» своё основное назначение – обеспечивать вращение валов с минимальным трением. Увеличиваются затраты энергии на вращение ротора и, как результат, увеличивается энергия, выделяющаяся в подшипнике, растёт уровень фона. Это уже стадия саморазрушения подшипника.

Стадия 4. Начинается с точки «4» и является последней в развитии дефекта, охватившего весь подшипник, вернее всё то, что от него осталось. Уровень фона вибрации практически сравнялся с

уровнем пиков, иначе говоря, вся вибрация состоит из пиков. Работа подшипников в этой зоне недопустима.

Стадия 5. Ожидание аварии, чаще всего с большими последствиями.

Все перечисленные стадии состояния свойственны всем типам подшипников и видам дефектов. В зависимости от конструктивных и эксплуатационных параметров имеются некоторые различия в их продолжительности, но общая картина разрушения одна и та же. [2, 3]

Для оценки технического состояния и диагностики дефектов подшипников качения разработаны методы:

- диагностика по общему уровню вибрации;
- диагностика по СКЗ виброскорости;
- диагностика по спектру вибросигнала;
- диагностика по соотношению пик/фон вибросигнала;
- диагностика по спектру огибающей сигнала.

Самым эффективным методом обнаружения дефектов на ранних стадиях является метод по спектрам огибающей. Кроме того, он менее остальных подвержен различным помехам, и, как следствие, имеет большую достоверность. Этот метод также позволяет проводить полный анализ состояния оборудования, что делает его универсальным. В этом случае набор технических средств диагностики оборудования будет минимальным по объёму и затратам. [4]

Суть метода огибающей состоит в следующем. Силы трения, возбуждающие высокочастотную случайную вибрацию, стационарны только при отсутствии дефектов. В бездефектных узлах трения стационарна и случайная высокочастотная вибрация. Ее мощность постоянна во времени. При появлении дефектов (см. рис.2), приводящих даже к частичному "продавливанию" смазки, изменяются периодически во времени силы трения или возникают удары, возбуждающие высокочастотную вибрацию. Так же удары могут появиться, если смазка не очень хорошая и ее слой легко "рвется".

Таким образом, при наличии дефектов величина сил трения и мощность вибрации изменяется во времени, т.е. появляется модуляция мощности высокочастотной вибрации.

Глубину модуляции m случайного амплитудно-модулированного сигнала вибрации $x(t)$ можно определить в процентах, используя среднее значение огибающей $\bar{X}(t)$,

$$m = \frac{\bar{X}_{\max}(t) - \bar{X}_{\min}(t)}{\bar{X}_{\max}(t) + \bar{X}_{\min}(t)} \cdot 100\%$$

где $\bar{X}_{\max}(t)$, $\bar{X}_{\min}(t)$ - максимальное и минимальное значение огибающей сигнала, соответственно.

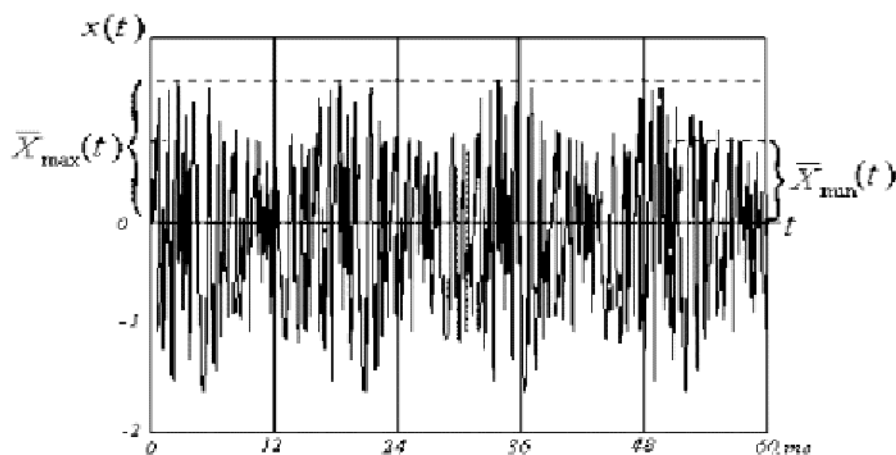


Рис.2. - Высокочастотный случайный амплитудно-модулированный сигнал

В спектре огибающей высокочастотной вибрации можно наблюдать за развитием одновременно всех имеющихся дефектов по величинам превышения гармонических составляющих на определенных частотах над фоном. Имеется возможность прогнозировать состояние диагностируемого узла, т.к. каждый вид дефекта имеет свою скорость развития. [5]

При изменении вида дефекта частота модуляции изменяется. Чем больше степень развития дефекта, тем больше становится глубина модуляции. Следовательно, частота модуляции определяет вид дефекта, а глубина модуляции - степень его развития. В качестве примера на рис.3 (слева) приведены временные сигналы вибрации подшипника исправного а), с износом б) и с раковиной на поверхности трения в). Таким образом, наиболее полная информация содержится в *огибающей* высокочастотного сигнала. Спектры огибающей вибрации подшипника исправного а), с износом б) и с раковиной на поверхности трения в) представлены на правой стороне рисунка 3.

Как видно из рисунка, в спектре огибающей случайной вибрации бездефектного подшипника отсутствуют гармонические составляющие. В спектре огибающей вибрации подшипника с износом видна одна сильная гармоническая составляющая,

указывающая на плавное и периодическое изменение мощности сигнала вибрации. В подшипнике с ударными импульсами мощность высокочастотной вибрации изменяется скачками и в спектре ее огибающей присутствует уже ряд кратных по частоте гармонических составляющих.

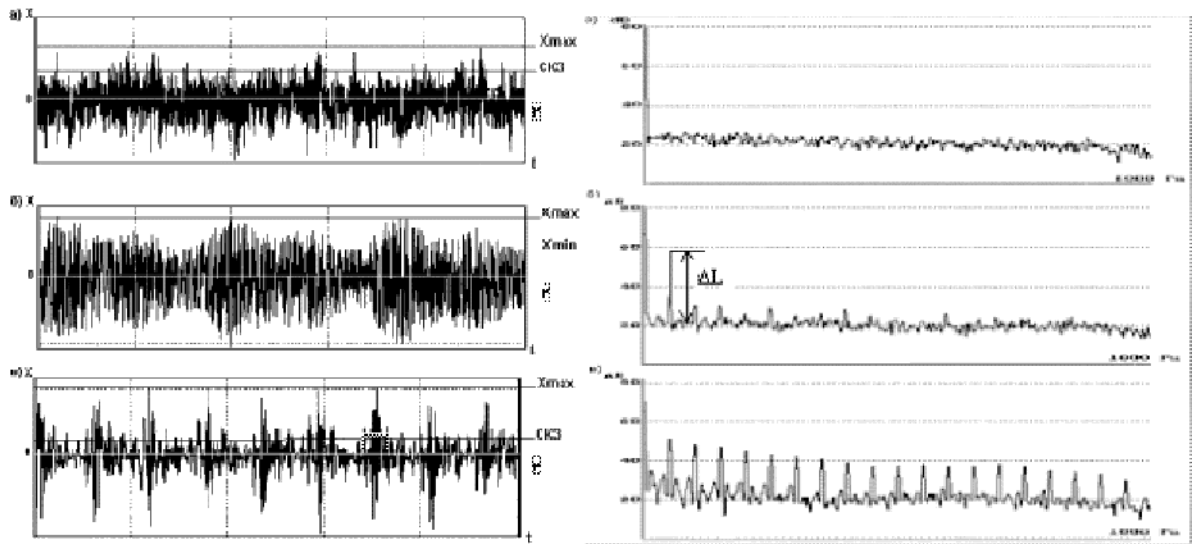


Рис. 3 - Временные сигналы высокочастотной вибрации подшипника качения и спектры ее огибающей:

- а) исправный подшипник, б) подшипник с износом поверхности трения, в) подшипник с раковинной на поверхности качения

Максимальная скорость развития разных дефектов различна, поэтому контролировать следует развитие всех возможных дефектов, даже когда один из них только что зародился, а другой уже достаточно развит. Никогда нельзя заранее сказать, какой из дефектов раньше всех разовьётся до недопустимого уровня и послужит причиной смены подшипника качения при ремонте.

Осуществляя мониторинг можно продлить срок эксплуатации ШПМ и самое главное обеспечить безопасность. [6]

Список использованных источников

1. Неразрушающий контроль и диагностика : справочник / под ред. В.В. Клюева. – М. : Машиностроение, 2005. – 490
2. Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации.- Ассоциация ВАСТ, Россия, С-Петербург, 2000.
3. Русов В.А. Спектральная вибродиагностика. – Пермь: Виброцентр, 1996. – Вып.1. – 176с.
4. Пристром В.А., Трибухин В.А., Рубан В.Ф., Яценко В.А. Особенности определения технического состояния подшипников качения коренных валов многоканатных подъемных машин.- Сборник научных трудов ВНИИГМ имени М.М.Федорова №99 «Проблемы эксплуатации оборудования шахтных стационарных установок». - Донецк, 2005. - С.140-154.
5. Яценко В.А., Пристром В.А., Трибухин В.А., Рубан В.Ф., Особенности определения технического состояния подшипников качения редукторов шахтных подъемных машин. -

Сборник научных трудов ВНИИГМ имени М.М.Федорова №99 « Проблемы эксплуатации оборудования шахтных стационарных установок». - Донецк, 2005. - С. 98 - 108.

6. Яценко В.А., Федоров Е.Е. Создание методики анализа энергетического спектра вибросигнала / Наукові праці ДонНТУ. - Сер. «Гірнич електромеханіка». – Вип. 13 (123). – Донецьк, 2007. - С. 168 – 176.