

Вибрационный метод диагностики подшипников качения

А.А.Хакимзянова, И.Р.Садиков

Руководитель И.А.Савин

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева-КАИ» г.Набережные Челны, Россия

Аннотация: Неотъемлемыми компонентами крупных машинных агрегатов малых и средних мощностей являются, главным образом подшипники качения, которые достаточно хорошо выдерживают колебания температуры, взаимозаменяемы и просты в использовании. Для исключения поломок и обеспечения стабильной работы оборудования содержащего подшипники качения, необходим своевременный мониторинг технического состояния и диагностика образующихся дефектов. Для получения информации о техническом состоянии устройства и выявления причин, приводящих к поломке, необходимо воспользоваться спектральной вибродиагностикой, которая позволит исследовать техническое состояние механизмов с полной детализацией характера повреждений.

Ключевые слова: подшипник, дефект, вибрационный метод, диагностика.

Подшипники находят применение в различных отраслях промышленности, в том числе автомобильной, где используются во вращательных устройствах. Подшипники, составляют важный и сложный узел, где не исключено появление серьезных дефектов, приводящих к поломке, возникающих по причине таких факторов, как неправильная конструкция подшипника, плохое смазывание, низкое качество масла, недостаточная фильтрация масла от механических примесей и т.д. Поэтому для исключения поломок и обеспечения стабильной работы оборудования содержащего подшипники качения, необходим своевременный мониторинг технического состояния и диагностика образующихся дефектов.

За состоянием подшипников возможен контроль на всех этапах жизненного цикла, т.е. в процессе производства, сборке, в процессе монтажа, во время эксплуатации механизмов и т.д. Контролю подлежат свойства, а так же состав используемых материалов и смазки, форма и размер зазоров, шум, температура и т.д.. В контролируемом оборудовании состояние подшипников качения оценивается по температуре, вибрации, а так же по количеству продуктов износа.

Рассмотрим вибрационный метод диагностики, осуществляемый с помощью специальных приборов. Контроль интенсивности вибрации статорных элементов является достаточно мало затратной и простой технологией вибродиагностики. Метод вибродиагностики имеет множество преимуществ, позволяет достаточно эффективно на ранних этапах выявлять скрытые дефекты, обнаружение неисправностей происходит с минимальными

время затратами, а так же данный метод позволяет контролировать техническое состояние компонентов, без сборки и разборки подшипника.

Данный метод диагностики позволяет получить большое количество информации о подшипнике качения, в особенности, когда возможен контроль вибрации при контакте датчика с неподвижными составляющими подшипника и единственным контролируемым процессом в подшипнике становится его вибрация. Значительной проблемой, данного метода диагностики подшипников качения является разделение составляющих вибрации, вызванных контролируемым подшипником и другими компонентами устройства, в составе которой работает этот подшипник.

Имеется большое количество дефектов, уменьшающих ресурс подшипников качения, а так же способствующих возникновению аварийной ситуации. Дефекты можно разделить на три группы в зависимости от времени их возникновения, к ним относятся дефекты изготовления, использования и монтажа. По элементам подшипника их деление происходит на дефекты поверхностей качения, поверхностей трения скольжения и смазки.[1]

Для диагностики используется специализированное оборудование, в зависимости от типа подшипников, которое позволяет получить вибрационные данные при различных частотах вращения и нагрузках, в результате чего становится возможным выявление дефектов и неисправностей тел качения, наружных и внутренних колец подшипников и так далее. Так же использование дополнительных модулей в процессе диагностики подшипников, дает возможность измерить, к примеру, величины радиальных зазоров.

Данный метод диагностирования имеет трудности, которые заключаются в отсутствии надежных признаков распознавания конкретных дефектов, а так же при значительном увеличении некоторой диагностической информативной гармоникой вибрации общий уровень интенсивности вибрации может меняться незначительно, однако определенные дефекты имеют признаки, которые в определенной ситуации дают возможность распознать дефект, как более вероятный.

Основные методы, применяемые при обработке вибрационных сигналов, можно условно разделить на две группы. К первой группе относятся так называемые метрические методы, основанные на измерении тех или иных параметров вибрации и сравнении их с эталонными или предельными значениями характерными для исправного или предельно допустимого состояния. В зависимости от спектрального состава, распределения уровней вибрации во всем диапазоне частот и во времени, а также от нормирования допустимого уровня измеряют амплитудные, средние или среднеквадратические значения. Основным преимуществом измерения среднеквадратических значений является независимость этих значений от сдвигов фаз между отдельными составляющими спектров измеряемой вибрации[1], [3].

Регистрируемый суммарный вибросигнал обычно представляют в виде отдельных гармонических составляющих, амплитуда и частота каждой из которых рассчитывается методом быстрого преобразования Фурье. Каждая

составляющая изображается на двумерном графике вертикальной линией, высота которой равна амплитуде составляющей, а положение на горизонтальной оси — ее частоте. Схематический пример спектрального разложения суммарного вибросигнала приведен на рис.1 [1].

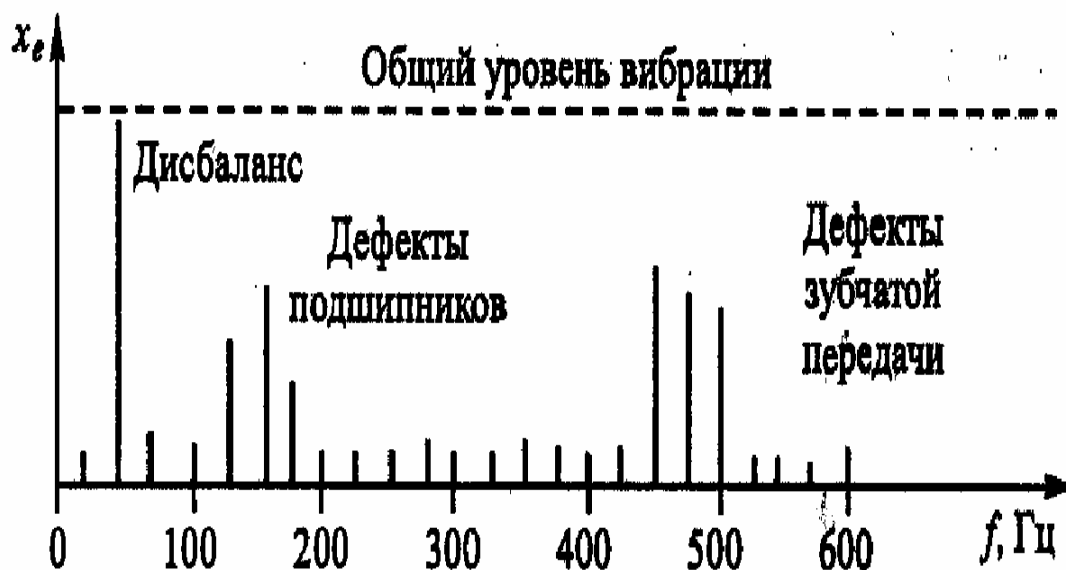


Рисунок 1. Схема спектрального разложения вибросигнала, [1]

Ко второй группе относятся методы, основанные на тонком вибрационном анализе метод анализа параметров модуляции высокочастотной вибрации, метод ударных импульсов, метод Кепстра и др. Выбор конкретного метода определяется необходимой глубиной диагностики.[2], [4].

Задачами диагностики во время эксплуатации подшипников является прогноз их надежной работы и заблаговременное выявление дефектов. Выявление дефектов подшипников включает в себя обнаружение и мониторинг состояния возникающих дефектов, а так же выявление их предаварийного состояния.

Непрерывное отслеживание и контроль параметров вибрации оборудования называется вибрационным мониторингом. Практически все системы вибромониторинга позволяют контролировать общий уровень вибраций, который оценивается максимальным значением измеряемого параметра вибрации [1].

Автоматизация диагностики подшипников подразумевает использование программ для обработки результатов измерения в автоматическом режиме, составления заключения о техническом состоянии подшипника, а так же предписания по ремонту. Автоматически решения принимаются в процессе сравнения контролируемой величины с пороговым значением, которое может быть установлено пользователем или определено по результатам контроля, а так же установлено в соответствии с технической документацией.[5]

Таким образом, подшипники, составляют важный и сложный узел, где не исключено появление серьезных дефектов, приводящих к поломке, поэтому для исключения поломок и обеспечения стабильной работы оборудования

содержащего подшипники качения, необходим своевременный мониторинг технического состояния и диагностика образующихся дефектов.

В процессе математического моделирования, изменяя значения выражений, соответствующих систематическим и случайным погрешностям, получим множество векторов $\{r'_{zi}\}$, соответствующих реальным изготовленным поверхностям и, соответственно, множества погрешностей размеров $\{\Delta_{pi}\}$, формы $\{\Delta_{fi}\}$ и расположения $\{\Delta_{ni}\}$. Отдельные элементы этих множеств характеризуют точность обрабатываемой поверхности в различные моменты времени.

Точность технологического процесса оценивается индексом воспроизводимости [5]:

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma} \quad (1)$$

где ES (для валов es) – верхнее предельное отклонение, EI (для валов ei) – нижнее предельное отклонение, σ - среднее квадратичное отклонение выборки, состоящей из N элементов, выбранных из множества $\{\Delta_{pi}\}$ или $\{\Delta_{fi}\}$ или $\{\Delta_{ni}\}$.

Для оценки смещения получаемого размера от настроенного определяется индекс [5]:

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl}) \quad (2),$$

где C_{pu} - верхний показатель воспроизводимости:

$$C_{pu} = \frac{ES - \bar{\Delta}}{6\sigma} \quad (3),$$

C_{pl} - нижний показатель воспроизводимости:

$$C_{pl} = \frac{\bar{\Delta} - EI}{6\sigma} \quad (4),$$

$\bar{\Delta}$ - среднее значение в выборке, состоящей из N элементов, выбранных из множеств $\{\Delta_{pi}\}$, $\{\Delta_{fi}\}$, $\{\Delta_{ni}\}$.

Индексы могут быть определены для любого из показателей точности размера, формы и расположения обрабатываемой поверхности.

Вопрос об объеме и периодичности выборки N необходимо рассматривать, исходя из того, с какой целью производится исследование:

- Если необходимо исследовать технологическую надежность производства, то рассматривается последовательная выборка из изделий в оперативном плане, то есть в периоде, примерно сопоставимом со стойкостью инструмента. Внимание при этом обращается на стабильность обеспечения размера, зависящего от множества $\{\Delta_{pi}\}$.
- Если исследуется влияние показателей технологического оборудования и оснастки на точность выпускаемых изделий, то выбираются равномерно элементы множеств $\{\Delta_{pi}\}$, $\{\Delta_{fi}\}$, $\{\Delta_{ni}\}$ в среднесрочном плане, то есть, на

протяжении периода времени, равного нескольким месяцам или году. В этом случае, главным образом рассматриваются отклонения формы и взаимного расположения поверхностей. [5]

С помощью вибромониторинга возможно выявить различные нарушения работы механизма, но с помощью данного метода невозможно установить причины повышенной вибрации. Для получения информации о техническом состоянии устройства и выявления причин, приводящих к поломке, необходимо воспользоваться спектральной вибродиагностикой, которая позволит исследовать техническое состояние механизмов с полной детализацией характера повреждений. Данный метод позволит сделать вывод о состоянии элементов подшипника качения, также проанализировать качество смазки.

Библиографический список:

1. Основы технической диагностики нефтегазового оборудования: Учеб. пособие для вузов / Е.А. Богданов. – М.: Высш. шк., 2006. – 279 с., ил.
2. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник [Текст] / В.В. Ключев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев и др.; Под ред. В.В. Ключева. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. 656 с., ил.
3. Khakimzyanova A.A., Sadikov I.R., Savin I.A. Heat of combustion engines. analysis of the application // Modern scientific researches and innovations. 2015. № 10 [Electronic journal]. URL: <http://web.snauka.ru/en/issues/2015/10/58160>
4. Savin I.A. Los rasgos las elecciones del material de la parte que corta del instrumento al diseñado del tratamiento por el corte [Текст] // Modern scientific researches and innovations. 2015. №1 p.222-225 [Electronic journal]. URL: <http://web.snauka.ru/en/issues/2015/01/46088>
5. Савин И.А. Оценка точности технологического процесса на основе учета погрешностей технологического оборудования [Текст]/ И.А.Савин, Р.М.Хусаинов, Г.Р.Мавзутова // Профессиональные коммуникации в научной среде – фактор обеспечения качества исследований. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Казань: ООО «Издательство Молодой ученый»,-108с. С.68-71