



УДК 669.18

Поступила 24.11.2017

ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ И ВИБРАЦИОННЫЙ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»

IR IMAGING AND VIBRATORY METHODS OF CONTROL AND DIAGNOSTICS OF THE EQUIPMENT AT OJSC «BSW – MANAGEMENT COMPANY OF HOLDING «BMC»

А. С. ШИНКАРЕВ, Е. В. ГАПЕЕНКО, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: as.shinkaryov@bmz.iron

A. S. SHINKAREV, E. V. GAPEENKO, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: as.shinkaryov@bmz.iron

В статье рассматриваются основные методы диагностики оборудования, используемые на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Представлены результаты диагностики различного оборудования с описанием приборов, непосредственно используемых для диагностики оборудования, которые позволяют выявить различные дефекты узлов оборудования еще на стадии их зарождения. Описаны преимущества рассматриваемых методов по сравнению с другими методами контроля и диагностики.

The article discusses the main methods of diagnostics of the equipment of OJSC «BSW – management company of holding «BMC». Presents results of diagnostics of various equipment with the description of the devices directly used for the diagnostic that can detect various defects of the equipment at the stage of their origination. Describes the advantages of these methods compared to other methods of control and diagnostics.

Ключевые слова. Вибродиагностика, тепловидение, дефекты, оборудование.

Keywords. Vibration – based diagnostics, IR imaging, defects, equipment.

Одной из наиболее важных и актуальных проблем современности является обеспечение надежности механизмов, машин и оборудования в любой отрасли промышленности. Это вызвано постоянным ростом объемов производства и повышением требований к качеству выпускаемой продукции.

Безопасная эксплуатация оборудования, повышение надежности и значительное увеличение ресурса машин, механизмов и оборудования невозможны в настоящее время без широкого применения методов и средств технической диагностики – области науки и техники, изучающей и разрабатывающей методы и средства определения и прогнозирования технического состояния механизмов, агрегатов, машин и оборудования без их разборки.

Среди множеств методов диагностики оборудования, широко используемых на практике, важное место занимают тепловизионный (термографический) и вибрационный методы контроля. Главное преимущество указанных методов состоит в том, что они позволяют выполнять проверку оборудования в процессе его эксплуатации. В действительности работа установки в режиме нормальной эксплуатации является предпосылкой для выполнения точных измерений, таким образом, не требуется остановка производственного процесса [1].

Тепловидение – метод анализа пространственного и временного распределения тепловой энергии (температуры) в физических объектах, сопровождающийся построением термограмм.

Термографическая диагностика позволяет обнаруживать дефекты футеровки, труб, теплоизоляции зданий и сооружений, электродвигателей, контактных соединений, участки перегрузки кабелей, произвести оценку теплового состояния трансформаторов различного назначения, подшипниковых узлов, их уплотнений и т. д. в процессе эксплуатации. Данная диагностика очень удобна, информативна и экономична.



Рис. 1. Тепловизор Flir ThermoCAM P65

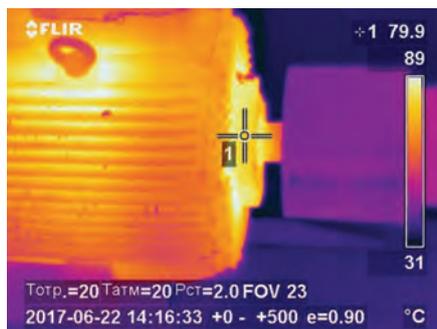


Рис. 2. Контроль температуры подшипников электродвигателя



Суть тепловизионного метода диагностики заключается в бесконтактной регистрации температурного поля на поверхности объекта измерительной аппаратурой, построении и анализе термограмм с использованием ЭВМ для обнаружения дефекта, его классификации и последующего принятия решения. Наличие дефекта при такой диагностике характеризуется резким повышением температуры в дефектной зоне по сравнению с качественными областями.

Методика тепловизионной диагностики:

- 1) для определения начальных условий диагностики измеряются параметры окружающей среды;
- 2) методом бесконтактного измерения температуры поверхности диагностируемого оборудования с помощью тепловизора FLIRThermoCAM P65 (рис. 1) производится регистрация температурных полей на термограмме;
- 3) на основе технической документации на диагностируемое оборудование и приведенных значений измерений производится сравнение термограмм с конструктивными особенностями и техническими характеристиками оборудования;
- 4) в результате анализа обнаруженных тепловых аномалий на поверхности диагностируемого оборудования определяются степень его дефектности и характеристики выявленных дефектов (рис. 2).

Измерение вибрации стало основой контроля технического состояния оборудования. Для этого вначале использовали механические виброметры, измеряющие амплитудное значение виброперемещения, в дальнейшем большое значение получил контроль виброскорости на базе электронных приборов.

Вибродиагностика, так же как и тепловизионный метод, является важным эффективным способом неразрушающего контроля технического состояния узлов роторного типа, позволяет выявить явно выраженные (дисбаланс, расцентровку, не достаточную жесткость опор), зарождающиеся дефекты подшипниковых узлов, дефекты электромагнитной системы электрической машины и др.

Для оценки технического состояния и диагностики оборудования используются следующие методы вибродиагностики: метод ПИК-фактора; метод по спектру вибросигнала; метод спектра огибающей; метод ударных импульсов [1].

Метод ПИК-фактора

Метод ПИК-фактора используется для контроля за техническим состоянием подшипников, по данному методу применяется простой виброметр, позволяющий измерять два параметра вибросигнала: среднеквадратичное значение уровня (СКЗ) вибрации, т. е. энергию вибрации, и пиковую амплитуду (ПИК) вибрации. Отношение двух этих параметров ПИК/СКЗ называется ПИК-фактором.

В осциллограмме нового, хорошо смазанного подшипника присутствует стационарный шумового характера. С течением времени по мере появления дефектов на деталях подшипника в сигнале начнут появляться отдельные, короткие амплитудные пики, соответствующие моментам соударения дефектов.

В дальнейшем с развитием дефекта сначала увеличиваются амплитуды пиков, потом постепенно увеличивается и их количество. Например, дефект, появившись на одном из шариков, создает впоследствии раковину на кольце, с него она переносится на другой шарик, дефекты шариков начинают вырабатывать сепаратор и т. д. до полного разрушения.

Результаты измерений по методу ПИК-фактора показаны на рис. 3. Сначала, по мере появления и развития дефекта, нарастает функция ПИК, а СКЗ меняется очень мало, поскольку отдельные, очень

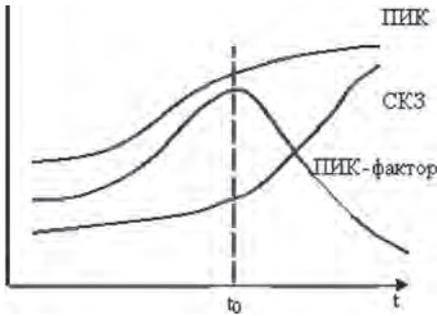


Рис. 3. Результаты измерений по методу ПИК-фактора

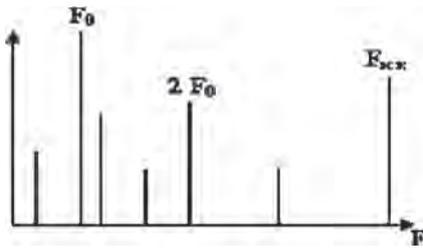


Рис. 4. Частотный состав спектра метода по спектру вибросигнала



Рис. 5. Прибор СД-12

короткие амплитудные пики практически не меняют энергетические характеристики сигнала. В дальнейшем по мере увеличения амплитуд и количества пиков начинает увеличиваться энергия сигнала, возрастает СКЗ вибрации.

Отношение ПИК/СКЗ из-за временного сдвига между ними имеет явно выраженный максимум на временной оси. На этом и основывается метод ПИК-фактора.

Метод по спектру вибросигнала

Метод по спектру вибросигнала базируется на анализе спектра вибрации – выявлении периодичности (частоты) появления амплитуды сигнала и по частотному составу спектра (рис. 4) можно идентифицировать возникновение и развитие дефектов подшипника. Каждому дефекту на элементах подшипника (тела качения, внутреннее и наружное кольцо, сепаратор) соответствуют свои частоты, которые зависят от кинематики подшипника и скорости его вращения.

Наличие той или иной частотной составляющей в спектре сигнала свидетельствует о возникновении соответствующего дефекта, а амплитуда этой составляющей – о глубине дефекта [2].

Метод спектра огибающей

Для контроля за техническим состоянием подшипников по методу спектра огибающей используется анализатор спектра вибрации с функцией анализа спектра огибающей высокочастотной вибрации. Метод базируется на анализе высокочастотной составляющей вибрации и выявлении модулирующих ее низкочастотных сигналов. Высокочастотная часть сигнала изменяет свою амплитуду во времени, т. е. она модулируется каким-то более низкочастотным сигналом. Выявление и обработка этой информации и составляют основу метода.

Распространенным прибором, имеющим функцию анализа спектра огибающей высокочастотной вибрации, используемым на предприятии, является СД-12 (рис. 5).

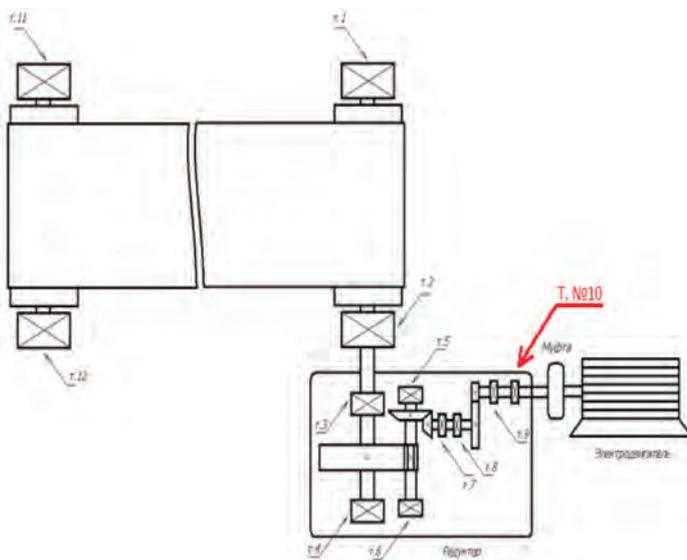


Рис. 6. Схема расположения точек контроля

Установлено, что наилучшие результаты метод дает в том случае, если анализировать модуляцию не широкополосного сигнала, получаемого от акселерометра, а предварительно осуществить узкополосную фильтрацию сигнала. Для этого отфильтрованный сигнал детектируется, т. е. выделяется модулирующий сигнал (огибающая сигнала), который подается на узкополосный виброанализатор и мы получаем спектр интересующего нас модулирующего сигнала или спектр огибающей. Что и дало название методу.

С помощью прибора СД-12 при анализе спектра огибающей в точке замера № 10 редуктора привода барабана (рис. 6) на конвейере № 0104 УОИ-1 копрового цеха был выявлен износ дорожки тел качения внутреннего кольца подшипника 6308 (рис. 7).

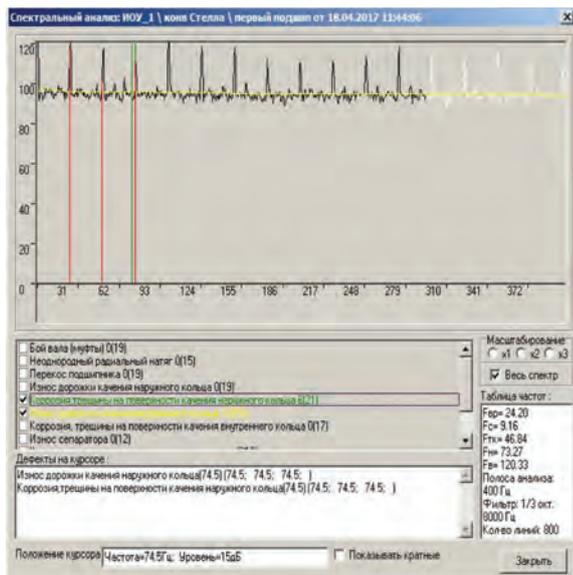


Рис. 7. Спектральный анализ

колебания в датчике (преобразователе).

Пиковое значение амплитуды этого затухающего колебания прямо пропорционально скорости удара v . Поскольку затухающий переходный процесс очень хорошо определяется и имеет постоянную величину затухания, его можно отфильтровать от других сигналов, т.е. от сигналов вибрации. Изменение и анализ затухающего переходного процесса – основа метода ударных импульсов. Частота соударения дефектов практически всегда лежит в диапазоне 28–32 кГц и эти колебания очень быстро затухают, поэтому на осциллограммах они выглядят практически как импульсы, что и дало название методу – метод ударных импульсов. Одним из основных приборов, позволяющих производить виброконтроль методом ударных импульсов, является «Leonova infiniti» (рис. 8).

С помощью метода ударных импульсов был обнаружен дефект внутренней обоймы подшипника FAG 6234 электродвигателя 5E1KG02 мощностью 1600 кВт дымососа № 2 участка ПГУ-3 электростале-плавильного цеха № 2 (рис. 9).

Очень часто возникает вопрос, «как долго прослужит подшипник?» Вопрос о предполагаемом сроке службы подшипника решается на основе рассмотрения нескольких аспектов. Одни из них – это история подшипника, его текущее состояние, как многочисленны и насколько развиты имеющиеся дефекты?

Об этом можно судить по характерным особенностям в спектре и форме сигнала вибрации. В спектре будет наблюдаться размытие пиков и появление большой широкополосной области высокого уровня.

Как долго подшипнику осталось работать по сравнению с тем временем, что он уже был в эксплуатации? Когда появился первый дефект? Ответы на эти вопросы зависят от частоты вращения машины. Если она равна 1500 об/мин и выше, развитие дефекта пройдет все стадии до разрушения достаточно быстро. Если же она равна 300 об/мин и ниже, это может занять и несколько месяцев, особенно если дефект наблюдается на внешней дорожке. Выкрашивание и расслоение металлической поверхности дорожек могут наблюдаться в течение длительного периода времени и быть вполне допустимыми, так как частота вращения вала низкая [3].

Подшипники очень быстро будут выходить из строя, если нагрузка на них будет превышать установленные техническими условиями. Фактором, определяющим срок службы, является частота вращения. На срок жизни подшипника существенно влияет вибрация. Из практики следует, что повышение вибрации машины от 5 до 10 мм/с может сократить срок службы подшипника почти на 70 %.

Преимуществами тепловизионной и вибрационной диагностики по сравнению с другими методами контроля и диагно-

Метод ударных импульсов

Метод ударных импульсов широко используется для диагностики электродвигателей, насосного оборудования. Данный метод основан на измерении и регистрации механических ударных волн, вызванных столкновением двух тел. Ускорение частиц материала в точке удара вызывает волну сжатия, которая распределяется в виде ультразвуковых колебаний. Ускорение частиц материала в начальной фазе удара зависит только от скорости столкновения и не зависит от соотношения размеров тел. Период времени мал и заметной деформации не происходит. Величина фронта волны является мерой скорости столкновения (удара) двух тел. Во второй фазе удара поверхности двух тел деформируются, энергия движения отклонит тело и вызовет в нем колебания [2].

Для измерения ударных импульсов используется пьезоэлектрический датчик, на который не оказывают влияние фон вибрации и шум. Вызванная механическим ударом фронтальная волна сжатия возбуждает затухающие



Рис. 8. Прибор Leonova infiniti



Рис. 9. Дефект внутренней обоймы подшипника FAG 6234

стики являются: обследование объектов в процессе эксплуатации без снятия напряжения; дистанционное обследование объектов в процессе эксплуатации без нарушения технологического процесса; возможность классификации дефектов по степени их опасности; возможность выявления в оборудовании дефектов на начальной стадии их развития.

Постоянный и своевременный контроль за техническим состоянием оборудования с помощью современных методов и средств технической диагностики позволяет проводить плано-предупредительные ремонты с высокой степенью эффективности, обеспечивать надежную, безаварийную работу оборудования, а также значительно сокращает его внеплановые простои. Использование данных методов на практике позволило сохранить в работоспособном состоянии оборудование участка ПГУ-3 электросталеплавильного цеха № 2, чем обеспечили плановые показатели выпуска продукции и предотвратили опасные выбросы продуктов горения в окружающую среду. За 2016 г. и первое полугодие 2017 г. на предприятии был проведен тепловизионный контроль 147 объектов, при проведении вибродиагностики было выявлено и устранено около 6500 замечаний. Накопленный многолетний опыт по диагностике оборудования, типовых дефектах, сроках их возникновения позволяет определить критический срок службы узлов, механизмов и их остаточный ресурс, что дает возможность не только спланировать сроки проведения ремонтов, но и разработать цикл их проведения с учетом статистических данных. Применение данных методов позволяет ежегодно экономить предприятию денежные средства на закупку и ремонт технологического оборудования, что также положительно сказывается на рентабельности предприятия и работе организации в целом.



Рис. 10. Выполнение контроля состояния подшипников входного вала редуктора КА-90 прибором Leonova infinity инженером бюро МиТД сталеплавильного производства УОриТД ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»

Литература

1. Гольдин, А. С. Вибрация роторных машин / А. С. Гольдин. М.: Машиностроение, 1999. 344 с.
2. Радчик, И. И. Комплексный подход к вопросам повышения надежности работы основного и вспомогательного оборудования современного металлургического производства / И. И. Радчик, В. М. Рябков, А. Е. Сушко // Оборудование. Технический альманах. 2006. № 1. С. 24–28.
3. Сидоров, В. А. Выбор диагностических параметров стационарных систем контроля технического состояния металлургических машин / В. А. Сидоров, А.Е. Сушко // Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 2010. № 4, С.46–50.