

УДК 669.02./09:658.58

А.Л. Сотников, Н.А. Родионов

Донецкий национальный технический университет
кафедра Механического оборудования заводов черной металлургии

А.И. Божко,

Донецкое представительство "IFM Electronic GmbH"

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация

Сотников А.Л., Родионов Н.А., Божко А.И. Мониторинг технического состояния механического оборудования. Проведен анализ вопроса необходимости контроля технологического состояния механического оборудования, базирующегося на основе мониторинга параметров вибрации его отдельных узлов. На базе стационарной системы контроля параметров вибрации рассмотрен способ непрерывного мониторинга работоспособности высокотехнологичных линий промышленного оборудования, основанный на разграничении отдельных стадий его технического состояния.

***Ключевые слова:** механическое оборудование, техническая диагностика, вибрация, датчики, систем контроля, диагностические параметр, подшипник.*

Постановка проблемы

При эксплуатации масштабных высокотехнологичных линий промышленного оборудования особые требования предъявляются к отдельным узлами и механизмам оборудования, от работоспособности которых зависит эффективность и качество функционирования всей линии. Примером такой линии и механизма, в контексте металлургического оборудования, может служить механизм качания кристаллизатора, функционирующий в комплексе технологической линии машины непрерывного литья заготовки (МНЛЗ), от функционирования которого напрямую зависит качество получаемой непрерывнолитой заготовки. Еще одним примером являются технологические линии прокатных станов, в которых, выход из строя даже одного подшипникового узла прокатной клетки влечет за собой остановку работы всей линии. В виду этого актуальным является вопрос осуществления непрерывного контроля работоспособного состояния таких узлов и механизмов в процессе работы оборудования и оптимизации выбора времени проведения его текущих ремонтов. Осуществляться это может с помощью применения методов технической диагностики, основывающиеся на мониторинге параметров вибрации таких механических узлов и механизмов.

Анализ последних публикаций

Вопросу контроля технического состояния технологических линий оборудования посвящено много научно-технических работ. Так в работах [1-3] обосновывается необходимость контроля технического состояния механизмов металлургического оборудования на основе мониторинга параметров вибрации их подшипниковых узлов и рабочих органов. Осуществляется такой мониторинг с помощью различной вибродиагностической техники [4], применяемой при диагностике оборудования в режимах, как холостого хода, так и технологического нагружения [5-6]. При этом слабо распространенным остается использование стационарных систем контроля параметров вибрации механического оборудования, позволяющих производить непрерывный мониторинг его технического состояния. Таким образом, целью данной работы ставится рассмотрение возможности применения таких систем в контексте высокотехнологичных промышленных линий.

Основной материал

В качестве примера стационарной системы контроля параметров вибрации рассмотрим аппаратно-программный диагностический комплекс VSE Efactor Octavis (далее VSE) производства фирмы "IFM Electronic GmbH" (Германия) (рисунок 1). Комплекс предназначен для непрерывной регистрации и автоматизированного анализа параметров вибрации с помощью датчиков вибрации и частоты вращения роторов посредством оптических датчиков.

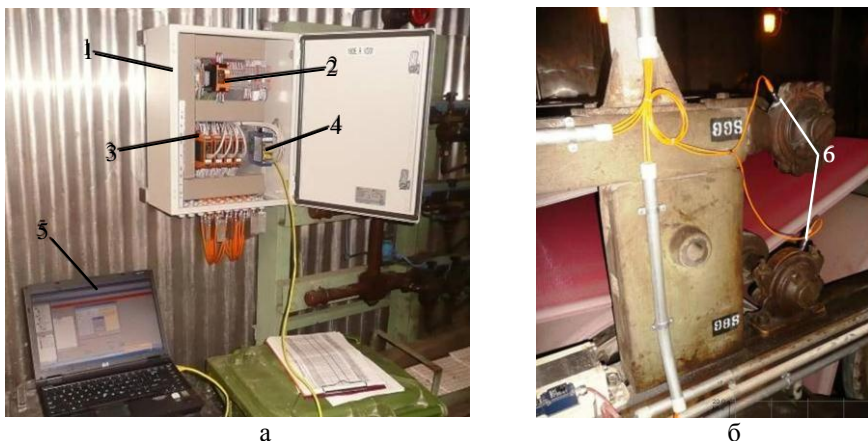


Рисунок 1 – Общий вид стационарного диагностического комплекса VSE (а) и способ установки акселерометров на подшипниковые узлы диагностируемого оборудования (б)

Как правило, монтаж диагностического комплекса VSE выполняется в электротехническом шкафу 1. Комплекс VSE включает в себя блок питания 2, подключаемый к электросети предприятия, набора аналого-цифровых

преобразователей и контролеров 3, коммутатор 4 и персональный компьютер 5 с предустановленным специализированным программным обеспечением (рисунок 1а). Контроллер 3 имеет четыре входа для подключения датчиков вибрации 6 (рисунок 1б); два входа для получения фактического значения частоты вращения роторов диагностируемого оборудования (аналоговый и импульсный); выход для подключения к персональному компьютеру (по протоколу локальной сети); дополнительную индикацию функций (5 светодиодов на корпусе контроллера, оповещающих о состоянии оборудования).

С помощью вышеописанного диагностического комплекса возможно проведение непрерывного контроля виброускорения, виброскорости и виброперемещения на заданных информативных частотах дефектов, таких как частоты повреждения внутреннего и внешнего колец, а также тел качения подшипника или на частоте, соответствующей дисбалансу ротора. Контроль проводится по следующим параметрам вибрации:

- пиковое значение виброускорения на определенной частоте либо интервале частот;
- среднеквадратичное значение виброускорения, виброскорости либо виброперемещения на определенной частоте;
- спектральный анализ в широком диапазоне частот, включая фильтры FFT (линейный спектр необработанного сигнала – Быстрое Преобразование Фурье) и H-FFT (линейный спектр демодулированной кривой сигналов – Преобразование Гильберта);
- изменение определенного параметра вибрации за продолжительное время (недели, месяцы);
- контроль критических значений частот вращения отдельных элементов машин.

В качестве примера использования VSE на рисунке 2 приведены результаты контроля технического состояния четырех подшипников качения бумагоделательной технологической линии, производимого в режиме реального времени для частот повреждения внутреннего и наружного колец, а также тел качения. Результаты контроля графически реализуются в виде динамической столбчатой диаграммы (3 столбца для каждого подшипника).

Для каждой частоты повреждения опытным путем установлено несколько уровней виброускорения, характеризующих техническое состояние диагностируемых узлов. Так, нормальному техническому состоянию соответствует зона зеленого цвета, развитию износа и появления не критических повреждений – зона желтого цвета, аварийному состоянию оборудования – зона красного цвета. В отдельном окне справа приведены аналогичные диагностические показатели, показывающие пиковые значения виброускорения для каждого из диагностируемых подшипников.

Как видно из диаграмм на рисунке 2, все подшипники находятся в хорошем и удовлетворительном работоспособном состоянии. В первом

подшипники наблюдается начало процесса износа (зона желтого цвета), который со временем может привести к аварийному состоянию.

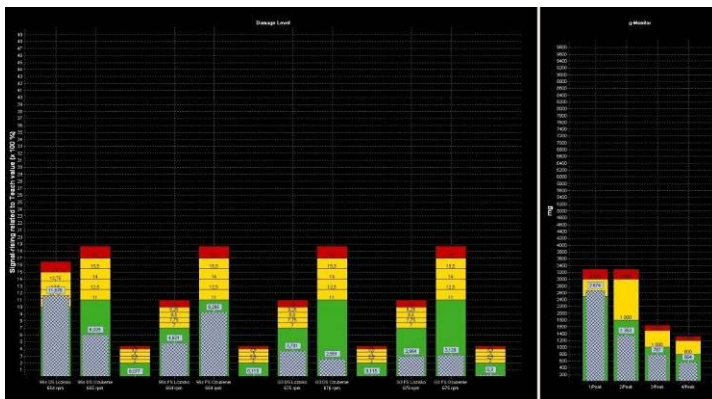


Рисунок 2 – Результаты мониторинга технического состояния четырех подшипников технологического оборудования в режиме реального времени по заданным информативным частотам вибрации

В случае эксплуатации технологических линий оборудования в одних и тех же режимах (на одинаковых скоростях работы и при одинаковых уровнях нагрузки их составных частей) определенный интерес представляет интенсивность износа узлов трения, от которой напрямую зависит организация и проведение планового технического обслуживания и ремонта, а также обеспечения безотказности всего комплекса оборудования. Для определения интенсивности износа диагностический комплекс VSE позволяет вести непрерывную регистрацию определенных диагностических параметров в свою память в течение длительного времени (до нескольких месяцев).

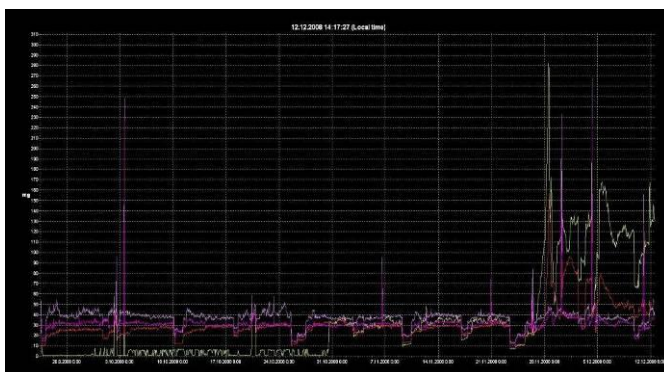


Рисунок 3 – Изменения уровня вибрации подшипников за 3 месяца эксплуатации оборудования

Так, на рисунке 3 приведено изменение пикового значения виброускорения для четырех подшипниковых узлов бумагоделательной технологической линии в течение 3 месяцев.

Как видно из полученных зависимостей (см. рис. 3), значительное ухудшение технического состояния диагностируемых объектов наступает примерно в один и тот же период, выраженный многократным повышением пикового значения виброускорения. Накопление таких статистических данных позволяет получить усредненную зависимость развития повреждений, и после дифференцирования по времени, соответствующую ей интенсивность износа.

Выводы

Таким образом, использование в производственной и научной практике диагностических комплексов, подобных вышеописанному, позволяет реализовать следующий алгоритм диагностики и контроля оборудования: в течение одного либо нескольких интервалов работы машины между ее ремонтами производится мониторинг и запись в память прибора параметров вибрации в широком диапазоне частот; при последующем анализе полученной диагностической информации определяются граничные значения контролируемых параметров, соответствующих началу развития повреждения и аварийному состоянию. Ориентация в дальнейшем на такие параметры, при определении срока проведения плановых ремонтов, позволяет существенно повысить безотказность оборудования.

Список литературы

1. Паршута Е.А., Каимов Е.В. Возможные формы изменения динамического состояния виброзащитных систем / *Металлургические процессы и оборудование*. №1, 2013. – С. 55-59.
2. Сотников А.Л., Нагорный В.М., Оробцев А.Ю. Нормирование режимов работы и уровня вибрации механизма качания кристаллизатора МНЛЗ / *Металлургические процессы и оборудование*. – 2013. – №1. – С. 44-53.
3. Сотников А.Л., Шоломицкий А.А., Якобсон П.П. Диагностирование технического состояния вращающихся агрегатов / *Металлургические процессы и оборудование*. – 2013. – №3. – С. 77-88.
4. Кравченко В.М., Сидоров В.А., Седуш В.Я. Техническое диагностирование механического оборудования. Учебник. – Донецк: ООО "Юго-Восток, Лтд", 2009. – 459 с.
5. Сидоров В.А. Определение границ работоспособного состояния столов качания сортовых МНЛЗ / *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2011. – №1. – С. 98-102.
6. Сидоров В.А., Сотников А.Л. Анализ систем контроля и диагностирования механизмов качания МНЛЗ / *Наукові праці ДонНТУ. Металургія*. Вип.102 / Редкол. : Мінаєв О.А. (голова) та інші. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – С. 46-55.