

*д.т.н. Кравченко В.М.
(ПГТУ, г. Мариуполь, Украина),
к.т.н. Сидоров В.А.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Розглянуто методи оцінки технічного стану електромеханічної системи. Визначені діагностичні параметри: вібрації, електричних параметрів, частоти обертання двигуна.

Ключові слова: *електромеханічні системи, діагностичні параметри, вібрація, електричні параметри, частота обертання двигуна.*

Рассмотрены методы оценки технического состояния электро-механической системы. Определены диагностические параметры: вибрации, электрические параметры, частота вращения двигателя.

Ключевые слова: *электро-механические системы, диагностические параметры, вибрация, электрические параметры, частота вращения двигателя.*

Большая часть машин и механизмов промышленных предприятия относится к электро-механическим системам. Эффективная эксплуатация данного оборудования невозможна без знания фактического состояния. Проблема диагностирования электро-механических систем решает задачи: распознавания технического состояния сложных систем, выбор диагностических параметров для оценки технического состояния, минимизация диагностических параметров. В практическом аспекте результаты диагностирования позволяют определить оптимальные сроки и виды ремонтных воздействий, увеличить долговечность оборудования, повысить безотказность и снизить энергопотребление.

Результаты исследований работ [1...4] показывают, что основным направлением решения диагностических задач является увеличение диагностических параметров, усложнение диагностических моделей и преобладание вопросов поиска неисправностей при диагностировании. Вопросы распознавания исправного состояния, уменьшения числа диагностических параметров на основе диагностических принципов в достаточном объеме не рассматривались. Необходимо разработать принци-

пы формирования диагностических параметров оценки технического состояния электромеханических систем.

Решение любой диагностической задачи начинается с изучения объекта диагностирования. Рассматривая электромеханическую систему, как объект диагностирования следует выделить основные составляющие: электрическую и механическую части. Взаимосвязь между ними осуществляется электромагнитным полем при преобразовании электрической энергии в механическую. Несмотря на многообразие конструктивного исполнения, электромеханические системы в основном реализуют вращательное движение и содержат двигатель – соединительный элемент – исполнительный механизм.

Принципиального различия при диагностировании технического состояния электрической и механической частей электромеханической системы не существует. Для механической части более характерным является преобладание процедур измерения над процедурами контроля, для электрической части элементы контроля содержит схема управления. В общем виде, оценка технического состояния электромеханической системы содержит оценки: состояния питающих кабелей, состояние сети питающей трансформатор, состояние элементной базы преобразователя, состояние преобразователя, состояние двигателя, состояние звена преобразующего характер движения (редуктор), состояние соединительных элементов (муфт), состояние механических элементов (валов, подшипников, резьбовых соединений).

Контроль состояния отдельных элементов не всегда позволяет судить о состоянии электромеханической системы в целом. Небольшие отклонения в функционировании отдельных элементов, приводят к значительным повреждениям и отказу системы. Например, повышенная вибрация двигателя приводит к ускоренному износу изоляции и короткому замыканию в обмотке статора.

Формирование диагностического пространства является основой решения задач распознавания. Для электромеханической системы диагностическое пространство не может быть единым из-за разнообразия функциональных особенностей составляющих элементов. Коммутирующая аппаратура, элементы системы управления имеют диагностические признаки отличные от признаков повреждений двигателя и механической части привода. Единичными признаками повреждений электрических систем являются повышение температуры элементов и искрение контактирующих деталей. Периодическое тепловизионное обследование и ультразвуковое акустическое сканирование позволит обнаружить большее число возможных повреждений.

Целью технического обслуживания и ремонта электромеханического оборудования является поддержание и восстановление работоспо-

собного состояния системы. Проведение ремонтов после отказа, нецелесообразно из-за значительных затрат на ликвидацию последствий отказа и неплановую остановку технологических линий. Принудительная замена деталей и элементов оборудования также не оправдывает значительных затрат сопровождающих данную стратегию. Начальная стадия работы вновь установленного элемента характеризуется повышением вероятности отказа из-за вероятности ошибок монтажа и возможности реализации скрытых дефектов узла. Разноресурсность в работе однотипных элементов [5...6], является главной причиной отказа от стратегии принудительных замен.

Ремонт оборудования по состоянию позволяет минимизировать объемы ремонта, проводить ремонт своевременно, предупреждая возникновение аварийных ситуаций. Однако, не способствует равномерной загрузке ремонтного персонала и может приводить к повышению общего времени восстановления технологической системы. Наиболее обоснованным является своевременное выявление повреждений на ранней стадии зарождения и предупредительное устранение причин возможных неисправностей в планируемые сроки ремонта и технического обслуживания. Задача ремонтных служб меняется – происходит переход от ликвидации последствий повреждений к предупреждению их появления.

Диагностирование технического состояния, является частью ремонтной стратегии промышленного предприятия. Поэтому, предварительно следует определить возможные воздействия на элементы оборудования. Для механической части электромеханической системы необходимо выделить следующие ремонтные воздействия: затяжка резьбовых соединений, регулировка, смазка, замена быстроизнашивающихся деталей и восстановление корпусных деталей. Для электрической части возможны ремонтные воздействия: замена узлов, наладка оборудования, восстановление проводимости системы, восстановление диэлектрических свойств системы. Появляется возможность сократить бесконечное множество проявлений неисправных состояний до конечного множества диагностических признаков ремонтных воздействий.

Традиционный подход к определению технического состояния механизма, в общем аспекте решения задач технической диагностики, предполагает поиск неисправностей как различение состояний в подмножестве неисправных состояний [7]. Для этого строится диагностическая модель, составляется словарь неисправностей, определяются диагностические признаки и границы технических состояний. Поиск неисправностей ведется по выбранным диагностическим признакам в зоне предполагаемых значений. Определяющим становится количество возможных проявлений неисправностей. Увеличивается число диагности-

ческих параметров, усложняются диагностические модели, растет количество обрабатываемой информации.

Практический аспект технического диагностирования требует не только постановки диагноза, а выдачи четких рекомендаций по техническому обслуживанию и ремонтным воздействиям. Более целесообразным, решение данной задачи может быть найдено путем различения состояний в подмножестве исправных состояний. Следует получить критерии для оценки работоспособности объекта диагностики, заменив бесконечное множество исправных состояний конечным множеством различных состояний, соответствующих ремонтным воздействиям.

Необходимость каждого воздействия, возможно, определить несколькими решающими правилами, сопоставив их с ограниченным числом диагностических признаков. Соответственно, отсутствие проявлений признаков определит критерии (аксиомы) работоспособности.

Работоспособное состояние механической части электромеханической системы характеризуется следующими признаками: низким уровнем вибрации и шума; плавностью работы, отсутствием толчков и ударов при изменении направления вращения; температурой корпуса не превышающих предельных значений; отсутствием ударных процессов протекающих в механизме, затянутыми резьбовыми соединениями; отсутствием подтекания масла и трещин корпусных деталей.

Работоспособное состояние электрической части электромеханической системы характеризуется: параметрами проводимости и изолирующих свойств системы; параметрами электрических величин (тока, напряжения), выполнением задач регулирования, отсутствием искрения, определенной температурой узлов.

Практический опыт эксплуатации и технического обслуживания указывает на значительное взаимное влияние электрической и механической частей привода. Это требует рассмотрения технического состояния электромеханической системы с единых теоретических позиций. В данном аспекте наиболее перспективным является рассмотрение переходных процессов запуска, остановки, изменения нагрузки в работе механизма. Информативность переходных процессов является известным фактом. Сложность заключается в идентификации зафиксированных изменений диагностических параметров и технического состояния. Формирование диагностического пространства, являющегося частью многомерной диагностической модели позволит выполнять раннее диагностирование неисправностей в начальной стадии зарождения.

Для определения границ исправных состояний следует использовать эталонные образцы реализации диагностических параметров. В основе формирования эталонов должно стать соблюдение физических за-

висимостей. Это позволит расширить диагностические возможности используя преимущества тестового диагностирования.

В случае изменения нагрузки (на рисунке 1 приведена зависимость тока статора электродвигателя от угла открытия заслонки) признаки повреждения - изменение угла наклона линейной зависимости, появление нелинейности.

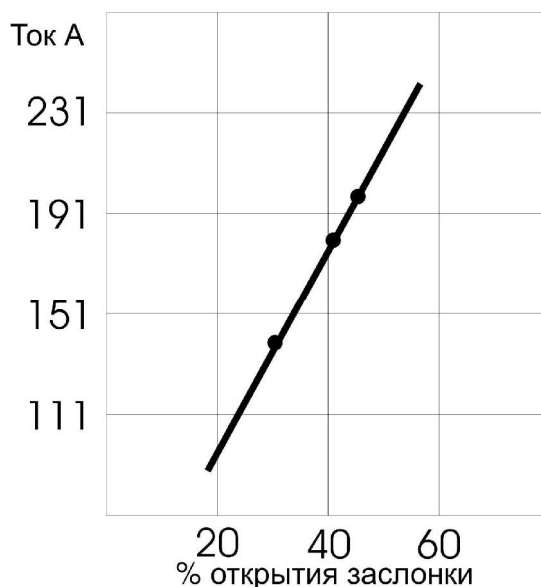
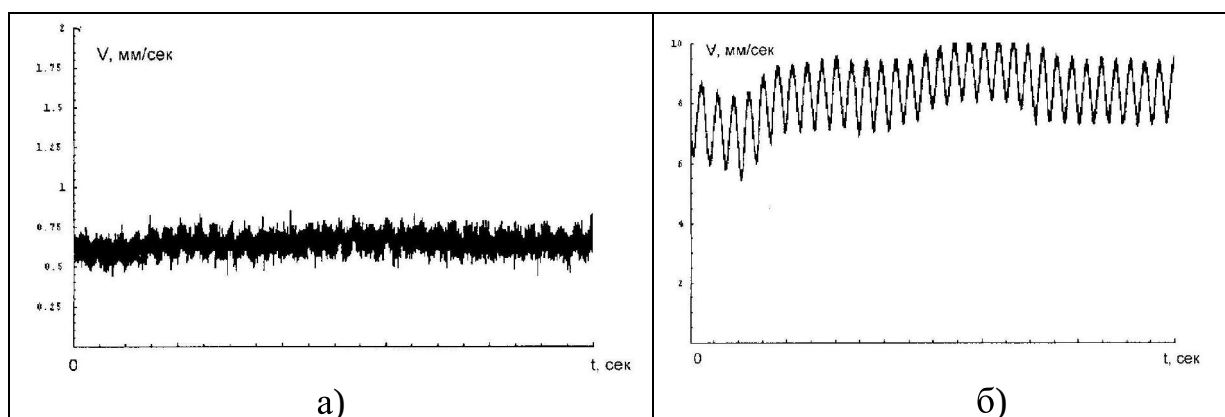


Рисунок 1 - Зависимость тока статора электродвигателя от степени открытия заслонки

Использование вибрационных характеристик - это преобладающий метод, при взаимной оценке временных реализаций вибрационного сигнала однотипных подшипниковых узлов механизма (рисунок 2).



а) – исправного; б) – неисправного

Рисунок 2 - Временные реализации вибрационного сигнала подшипников механизма

Одним из возможных вариантов диагностирования может служить оценка изменения характера колебаний при изменении нагрузки. Например – изменения частоты вращения. Поведение исправных узлов (подшипников скольжения) при увеличении нагрузки показано на рисунке 3. Этот характер изменения виброскорости может служить эталонным.

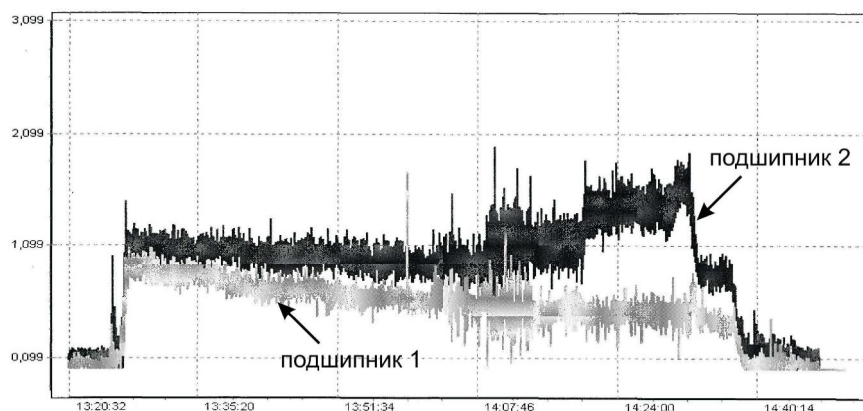


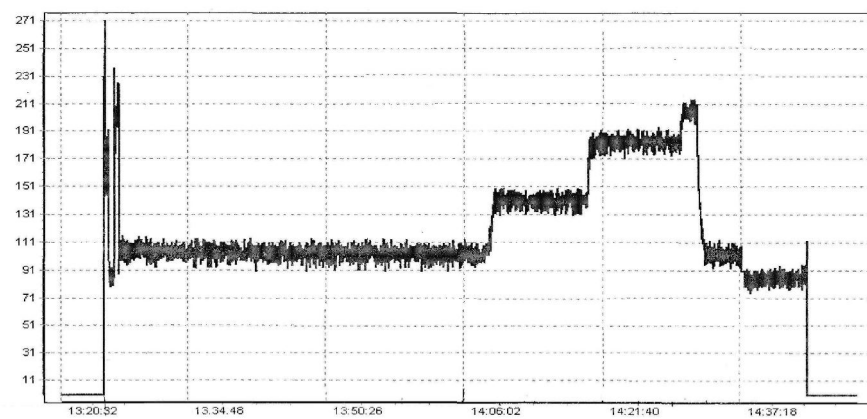
Рисунок 3 – Изменение виброскорости исправных подшипников при изменении нагрузки (степени открытия заслонки)

Интересным наблюдением является то, что изменение виброскорости неисправных узлов почти идентично изменению токовых характеристик (рисунок 4).

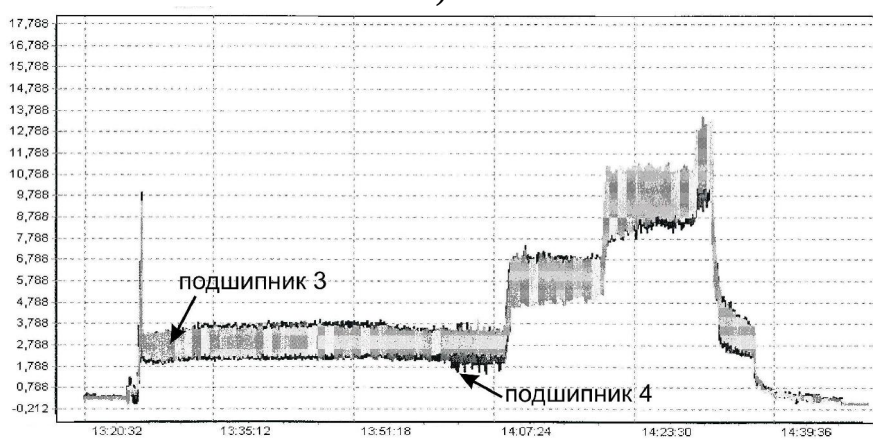
Постоянство упругих и демпфирующих свойств системы во время переходных процессов будет являться признаком неизменности технического состояния. Изменение временной формы вибрационного сигнала в процессе работы указывает на изменение упруго-демпфирующих свойств фундамента.

Каждому этапу нагружения привода электромеханической системы соответствует определенный темп нарастания температур. Для работоспособного механизма характерна зависимость близкая к логарифмической. Решение задач диагностирования требует определения допустимых границ изменения температуры.

Характер изменения вибрации в период остановки механизма указывает на возможность проявления повреждений по электрическим причинам (рисунок 5). Признак – резкое уменьшение вибрации подшипников №3 и №4 после внезапного отключения частотного преобразователя.



а)



б)

Рисунок 4 – Зависимость тока статора электродвигателя (а) и виброскорости неисправных подшипников (б) при изменении нагрузки

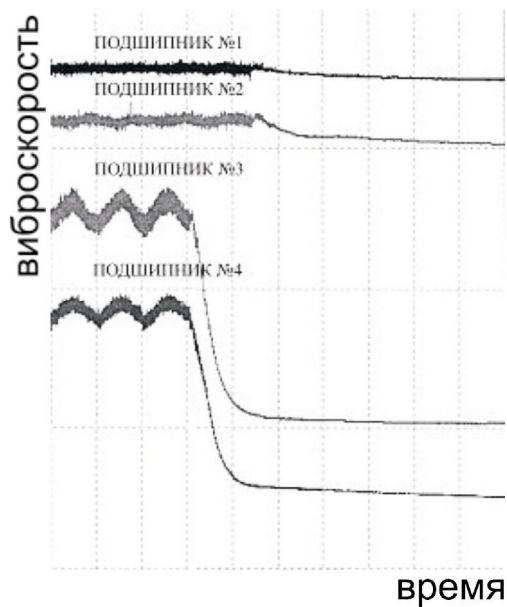


Рисунок 5 – Изменение вибрации подшипников механизма при внезапном отключении частотного преобразователя

Рост характеристик параметров вибрации в квадратичной зависимости, при увеличении частоты вращения – один из признаков дисбаланса. В данном случае увеличение вибрации подшипников (рисунок 6) имеет отличную от квадратичной функции зависимость.

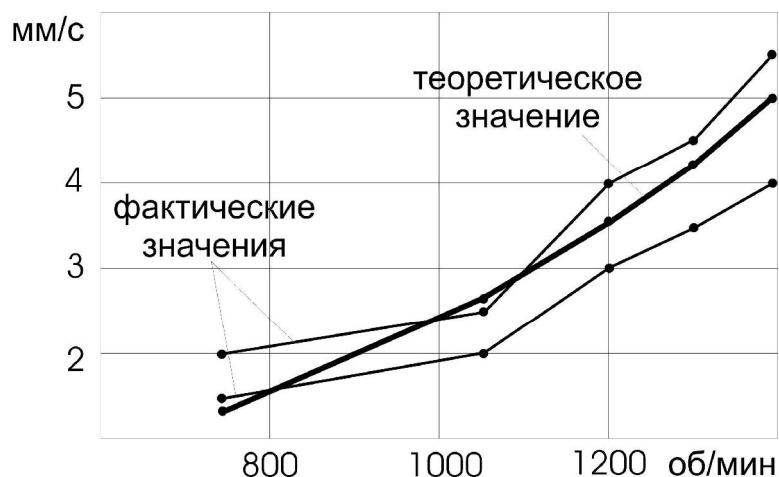


Рисунок 6 – Изменение вибрации при изменении частоты вращения

Выводы

1. Выполненные исследования указывают на возможность использования эталонов соблюдения физических зависимостей для диагностировании состояния электромеханических систем.
2. При оценке технического состояния электромеханических систем необходимо учитывать весь комплекс диагностических параметров: ток, вибрация, время, температура, нагрузка.
3. Практическая реализация результатов исследования возможна при разработке экспертной программы раннего диагностирования.

Библиографический список

1. Якубович Н.А. Оценка вибросостояния электромеханического оборудования. М.: Изд-во РАО «Газпром», 1997. – 240 с.
2. Баркова Н.А. Введение в виброакустическую диагностику роторных машин и оборудования.–СПб.: Изд. центр СПбМТУ, 2003.-248с.
3. Гольдин А.С. Вибрация роторных машин. – М.: Машиностроение, 1999. - 464 с.
4. Математичне моделювання в електротехніці і енергетиці: Навч. посібник/В.Ф. Сивокобиленко–Донецьк:РВА ДонНТУ,2005.–350 с.

5. Гребеник В.М., Цапко В.К. Надежность металлургического оборудования (оценка эксплуатационной надежности и долговечности): Справочник. - М.: Металлургия, 1989. - 592 с.

6. Кравченко В.М. Техническое обслуживание и диагностика промышленного оборудования: Учебник. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2004. – 504 с.

7. Введение в техническую диагностику / Под ред. К.Б. Карандеева. -М.: Энергия, 1968. - 224 с.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Заблоским Н.Н.