

УДК 62-83

Кравченко В.М.¹, Борисенко В.Ф.², Сидоров В.А.³

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ МНОГОМЕРНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрены методы оценки технического состояния электромеханической системы. Определены диагностические параметры: вибрации, температуры и тока статора двигателя при экспериментальных пусках электропривода.

Ключевые слова: контроль технического состояния, диагностика, электромеханическая система.

Кравченко В.М., Борисенко В.Ф., Сидоров В.А., Використання принципів багатомірності для оцінки технічного стану електромеханічних систем. Розглянуто методи оцінки технічного стану електромеханічної системи. Визначені діагностичні параметри: вібрації, температури і току статора двигуна при експериментальних пусках електропривода.

Ключові слова: контроль технічного стану, діагностика, електромеханічна система.

V.M. Kravchenko, V.F. Borisenko, V.A. Sidorov. Multidimensionality principles in the estimation of the technical state of electromechanical systems. Methods of an estimation of a technical condition electromechanical system are considered. Diagnostic parameters are determined: vibrations, temperatures and a current stator the engine at experimental start-up of the electric drive.

Keywords: control of the technical state, diagnostics, electromechanic system.

Постановка проблемы. Состояние электромеханической системы, включающей двигатель – соединительный элемент – исполнительный механизм, характеризуется значительным количеством диагностических параметров. Постоянный контроль диагностических параметров и оценка технического состояния требуют разработки многомерных диагностических моделей. Постановка диагноза в многомерном пространстве диагностических признаков может быть адекватна при учете всех влияющих факторов. Увеличение числа элементов приводит к снижению параметров надежности системы диагностирования. Возможное решение проблемы – разработка диагностических принципов многомерности используемых при оценке технического состояния электромеханических систем. Практическое использование – повышение надежности и точности диагноза систем контроля технического состояния.

Анализ последних исследований и публикаций. Результаты исследований, приведенные в работах [1-5] показывают, что основным направлением поиска решения диагностических задач является увеличение числа диагностических параметров и усложнение диагностических моделей. Вопросы уменьшения числа диагностических параметров на основе диагностических принципов многомерности не рассматривались.

Цель статьи – разработать диагностические принципы многомерности позволяющие минимизировать объемы обрабатываемой информации при функционировании систем контроля за состоянием оборудования электромеханических систем.

Изложение основного материала. Первоначально основная задача технической диагностики сформулирована в работе [1] как распознавание технического состояния объектов при условиях ограниченного объема информации. Увеличение объема информации позволяло локализовать повреждение и уточнить диагноз. Одновременно с увеличением числа рассматриваемых диагностических параметров увеличивалось число датчиков в диагностических системах. Это снижает надежность функционирования диагностической системы и усложняет об-

¹ д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² канд. техн. наук, профессор, ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

³ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

служивание оборудования контроля.

В тоже время контроль состояния отдельных элементов не всегда позволяет судить о состоянии электромеханической системы в целом. Сложное взаимовлияние элементов должно быть учтено многомерной диагностической моделью. В наиболее общем виде оценка технического состояния электромеханической системы должна содержать 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. Многовекторное пространство состояний должно включать векторы состояний каждого элемента, степень ответственности узла и характер взаимовлияния. Практическое решение задачи усложняется различной реализацией диагностических факторов элементов системы, включающих как дискретные, так и непрерывные значения.

Впервые систематические методы выявления неисправностей понадобились для диагностирования электрических схем. Состояние оборудования электрических схем в большей степени характеризуется логическими способами распознавания типа «да», «нет». Поэтому для решения задачи был использован метод минимизации булевых функций на основании безвариантных решений характера «если...то».

Особенностью диагностирования механических систем является преобладание процедур измерения над процедурами контроля. Наиболее характерным диагностическим параметром для механического оборудования является измерение вибрационного сигнала, имеющего непрерывное значение. В виброметрии задача диагностирования заключается в определении границ различения технических состояний.

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.

Тесная взаимосвязь электрических, электромеханических, механических устройств и элементов при решении задач диагностирования в работе [5] предлагается моделировать с использованием абстрактной динамической системы. Предлагается описание процесса функционирования электропривода под воздействием внешних и внутренних причин:

$$(T, X, Z, S, S_0, F^*, F, L^*, L),$$

где T – множество моментов времени;

X, Z – множества входных x и выходных z сигналов системы;

S – множество состояний s системы;

S_0 – замкнутая область состояний системы, ограничивающая возможные перемещения s в процессе функционирования системы;

$F^*(T, X, S)=Sc^*$, $F(T, X, S)=Sc$ – операторы переходов, отражающие изменения состояния системы под действием внутренних и внешних возмущений;

$L^*(T, X, S)=Zc^*$, $L(T, X, S)=Zc$ – операторы выходов, описывающие формирование выходного сигнала под действием внутренних и внешних возмущений.

Индекс * принадлежит операторам, учитывающим действие внутренних возмущений.

Такой подход вполне оправдан в случае известных значений параметров и известных закономерностях изменения и взаимодействия. Решение практических задач требует ограничения рассматриваемых состояний возможными реализациями ремонтных воздействий. Это позволяет оперативно и успешно решать задачу эксплуатации электропривода при отсутствии известного решения диагностической задачи.

Поэтому, вначале следует рассмотреть весь комплекс работ по поддержанию и восстановлению работоспособного состояния электромеханической системы, определить ремонтные

воздействия и признаки ликвидируемых неисправностей. Предварительным решением должно быть определение изменения работоспособного состояния в диагностическом пространстве комбинированных параметров. Предлагается определить границу работоспособного состояния, вместо формирования бесконечного пространства проявления неисправных состояний.

Предлагается для определения границ исправных состояний использовать эталонные образцы реализации диагностических параметров. В основе формирования эталонов должно стать соблюдение физических зависимостей. Это позволит расширить диагностические возможности системы контроля используя преимущества тестового диагностирования.

При пуске происходят изменение частоты питающего силового напряжения и частоты вращения двигателя. Наблюдается увеличение тока статора и возникновение колебательного затухающего процесса (рисунок 1). Это позволяет оценить состояние привода во время переходного процесса при воздействии переменной нагрузки.

Известный эталон колебаний токовых характеристик заведомо исправного механизма при запуске может стать частью системы раннего диагностирования повреждений.

В случае изменения нагрузки (на рисунке 2 приведена зависимость тока статора электродвигателя от угла открытия заслонки) признаки повреждения - изменение угла наклона линейной зависимости, появление нелинейности.

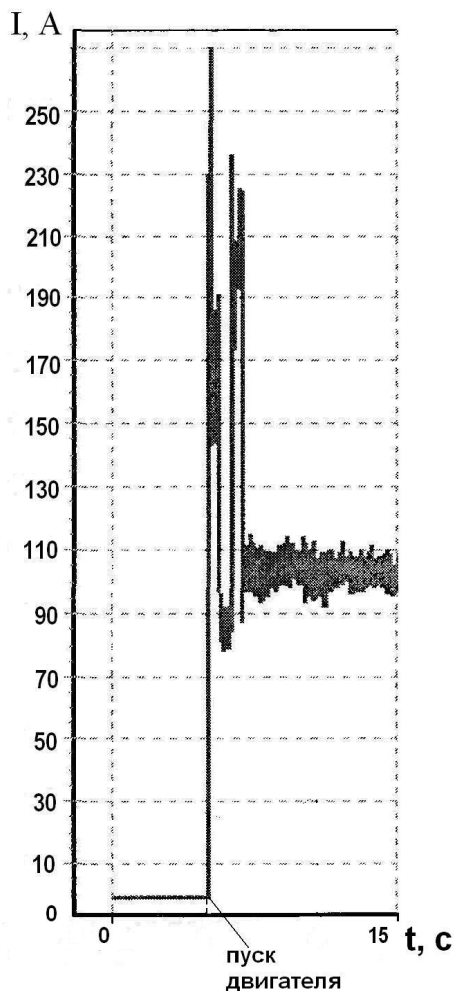


Рис.1 - Изменение силы тока I статора электродвигателя при пуске

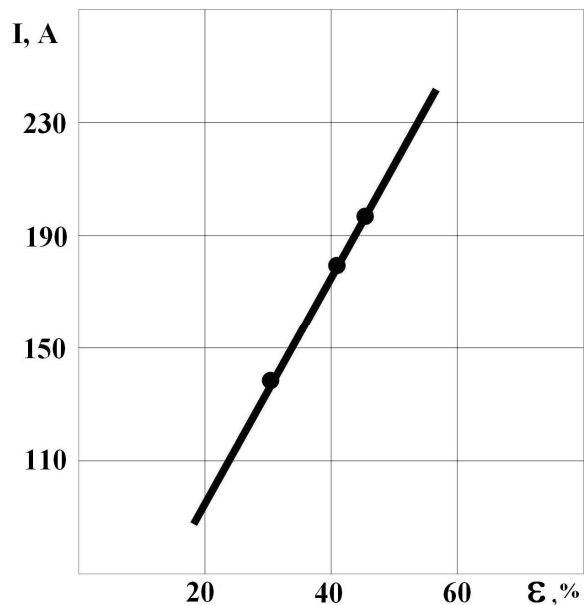


Рис.2 - Зависимость силы тока I статора электродвигателя от степени открытия заслонки ϵ

Диагностическими признаками являются: характер, скорость изменения температуры подшипниковых узлов, тока статора электродвигателя при запуске или в случае изменения нагрузки (рисунок 3).

Каждому этапу нагружения привода электромеханической системы соответствует опре-

деленный темп нарастания температур. Для работоспособного механизма характерна зависимость близкая к логарифмической. Решение задач диагностирования требует определения допустимых границ изменения температуры.

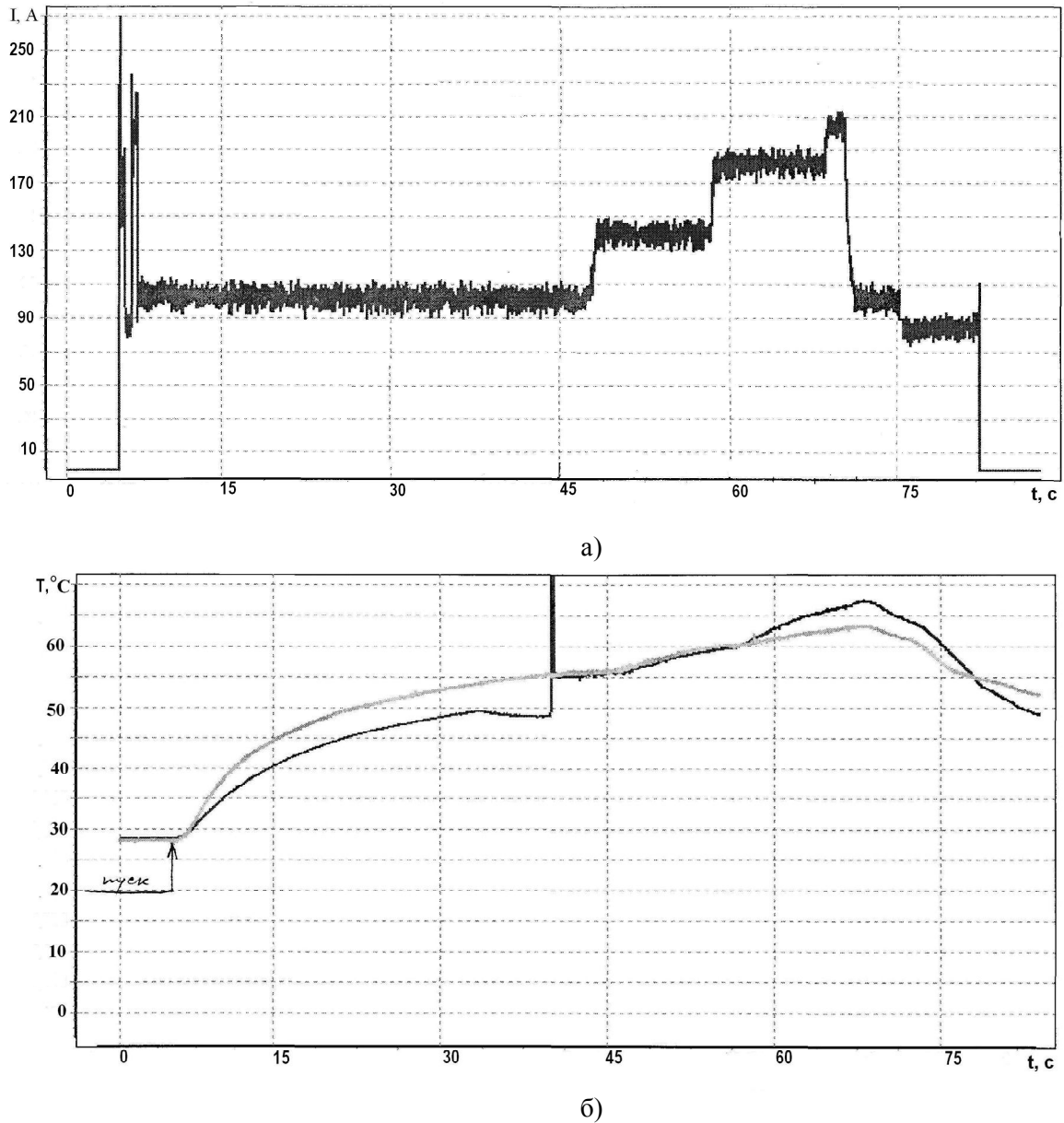
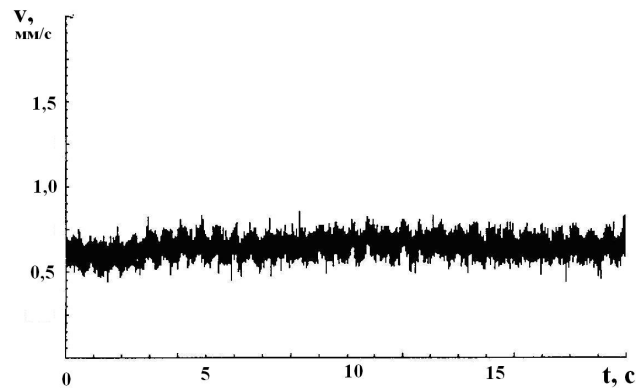


Рис. 3 – Изменение силы тока I статора электродвигателя (а) и температуры T подшипниковых узлов (б) в процессе работы привода

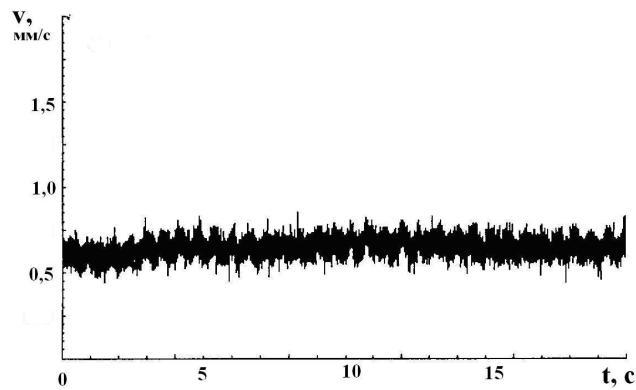
Использование вибрационных характеристик - это преобладающий метод, при взаимной оценке временных реализаций вибрационного сигнала однотипных подшипниковых узлов механизма (рисунок 4). Подшипниковые узлы: точки 1 и 2 – подшипниковые узлы механизма; точки 3 и 4 – подшипниковые узлы двигателя.

Сопоставление характеристик виброскорости позволяет сделать вывод о наиболее нагруженном и возможно поврежденном узле – подшипник скольжения №3 электродвигателя. Необходимо отметить, что рост колебаний (вибрации) в точке 2 связан с вибрацией в точке 3. Отмеченные низкочастотные колебания вибрационного сигнала в точках 3 и 4 являются следствием повреждений фундамента.

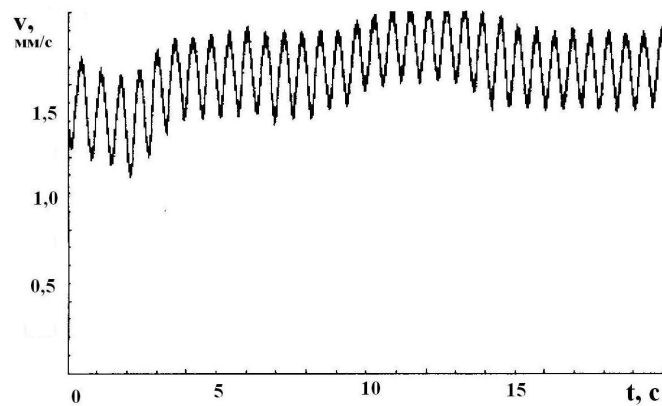
Одним из возможных вариантов диагностирования может служить оценка изменения характера колебаний при изменении нагрузки. Например – открытия заслонки или изменения частоты вращения. Поведение исправных узлов (подшипников скольжения) при увеличении нагрузки показано на рисунке 5. Этот характер изменения виброскорости может служить эталонным.



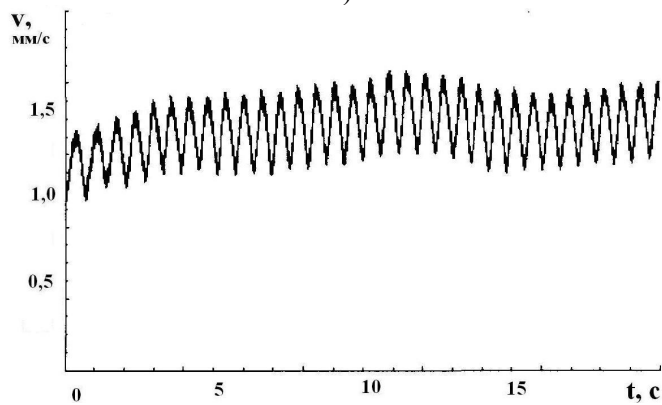
а)



б)



в)



г)

Рис. 4 - Временные реализации вибрационного сигнала – виброскорости v , подшипников механизма: а) – 1-го; б) – 2-го; в) – 3-го; г) – 4-го

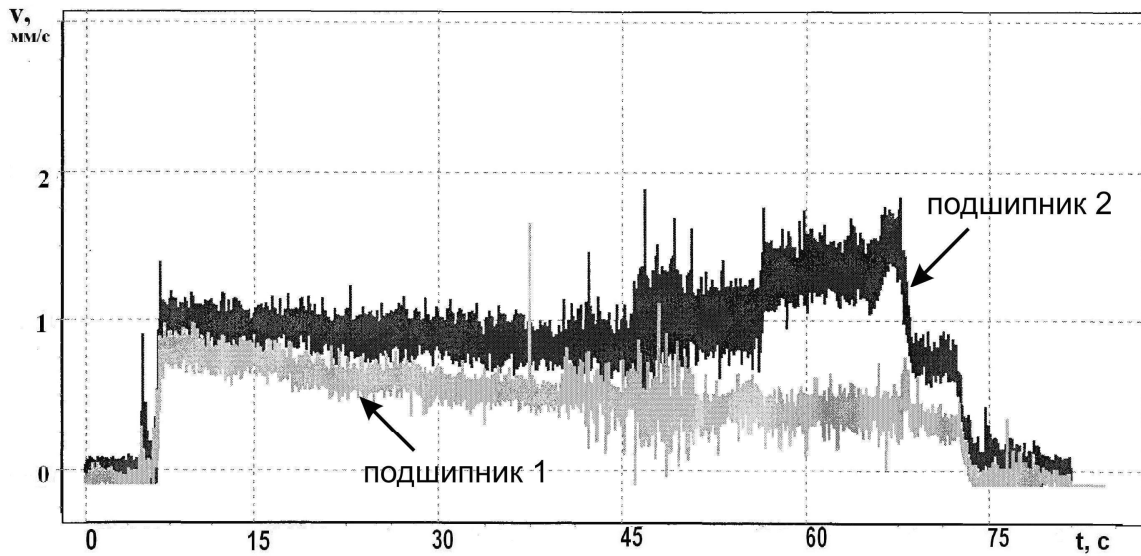


Рис. 5 – Изменение виброскорости V исправных подшипников в процессе работы привода

Интересным наблюдением является то, что изменение виброскорости неисправных узлов почти идентично изменению токовых характеристик (рисунок 6).

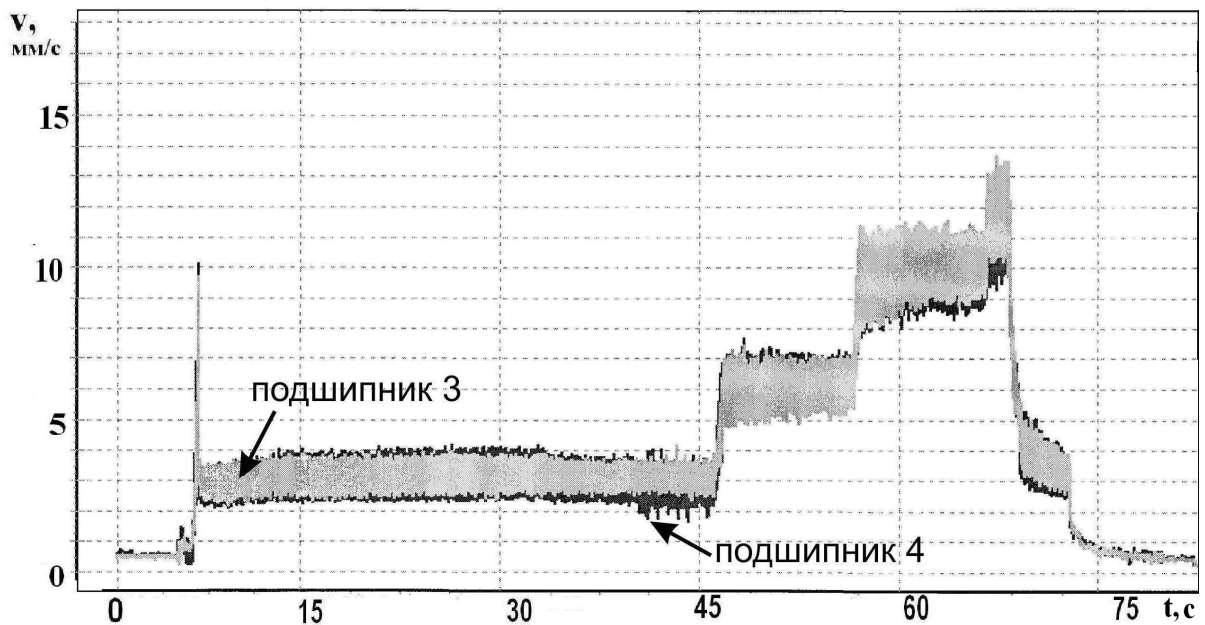


Рис. 6 – Изменение виброскорости V неисправных подшипников в процессе работы привода

Изменение временной формы вибрационного сигнала в процессе работы указывает на изменение упруго-демпфирующих свойств фундамента. Как пример на рисунке 7 представлена качественная картина изменения форм вибрационного сигнала из-за переменной жесткости фундамента.

Характер изменения вибрации в период остановки механизма указывает на возможность проявления повреждений по электрическим причинам (рисунок 8). Признаком – резкое уменьшение вибрации подшипников №3 и №4 после внезапного отключения частотного преобразователя.

Рост характеристик параметров вибрации в квадратичной зависимости, при увеличении частоты вращения – один из признаков дисбаланса. В данном случае увеличение вибрации

подшипников №3 и №4 (рисунок 9) имеет отличную от квадратичной функции зависимость.

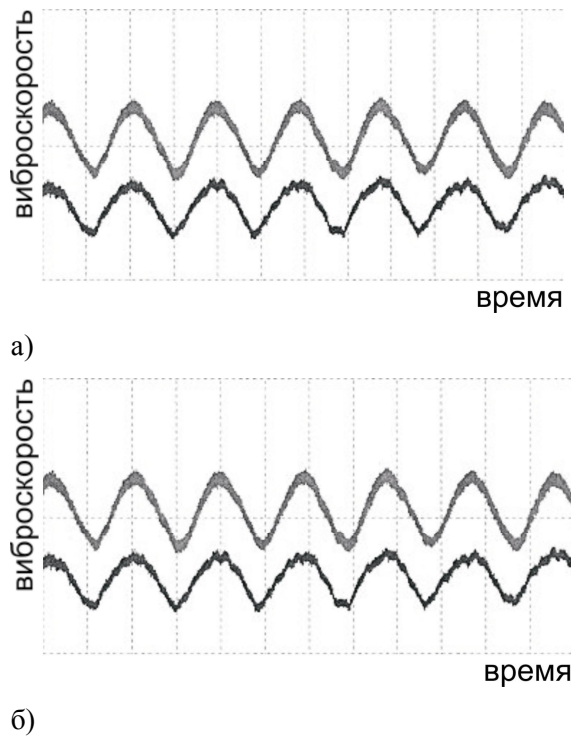


Рис. 7 – Качественная картина изменения формы вибрационного сигнала подшипников №3 (верхний), №4 (нижний) в различных временных диапазонах (а) и (б)

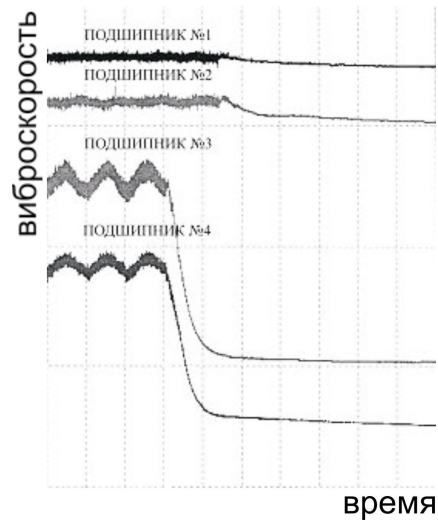


Рис. 8 – Качественная картина изменения вибрации подшипников механизма при внезапном отключении частотного преобразователя

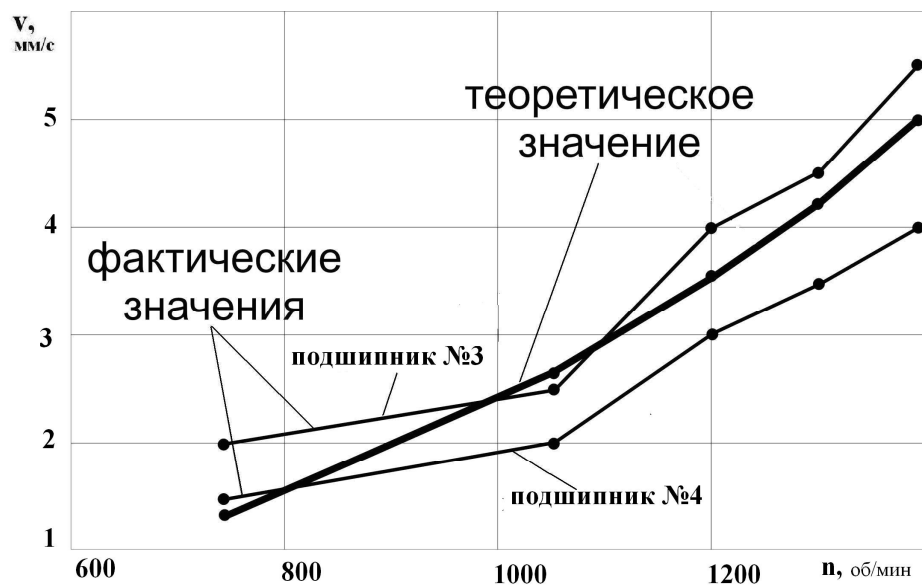


Рис. 9 – Изменение виброскорости V при изменении частоты вращения n электродвигателя

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.

Список использованных источников:

1. Биргер И.А. Техническая диагностика. / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
2. Витязев В.В. Спектрально-корреляционный анализ временных рядов / В.В. Витязев. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2001. – 48 с.
3. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. / И. Добеши. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. - 464 с.
4. Электромеханические системы автоматизации стационарных установок / под общ. редакцией В.Ф. Борисенко. – Донецк: ДонНТУ, НПФ «МИДИЭЛ», 2005. – с. 208-211.
5. Математичне моделювання в електротехніці і енергетицік / В.Ф. Сивокобиленко. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2005. – 350 с.

Рецензент: В.В. Суглобов
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 28.02.2011

УДК 666.97.033.16:621.34.1

Емельяненко Н.Г.¹, Стоянов Ф.А.², Метельов А.В.³, Бочарова Е.А.⁴

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РАБОТЫ ВИБРОПРЕССА ДЛЯ
ФОРМОВАНИЯ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

В статье обоснован способ повышения прочности и морозостойкости формуемых на вибропрессах бетонных изделий, базирующийся на увеличении частоты вибрации до 75...100 Гц. Дана оценка степени влияния изменения частоты на долговечность и эксплуатационные показатели элементов вибропресса.

Ключевые слова: вибропресс, формование бетонных изделий, прочность, огнестойкость

Емельяненко М.Г., Стоянов Ф.А., Метельов О.В., Бочарова О.А., Оптимізація параметрів режиму роботи вібропресу для формування бетонних виробів. У статті запропоновано спосіб підвищення міцності і вогнестійкості бетонних виробів, які формуються на вібропресах, що заснований на збільшенні частоти вібрації до 75...100 Гц. Дано оцінку ступеню впливу зміни частоти на довговічність та експлуатаційні показники елементів приводу вібропресу.

Ключові слова: вібропрес, формування бетонних виробів, міцність, вогнестійкість.

N.G. Emelyanenko, F.A. Stoyanov, O.V. Metelyov, O.A. Bocharova. The improvement parameter work of the vibration-press for the mould concrete make. The article substantiate the method of improve strength and frost-resistant mould on the vibration-press the concrete make. The method base on increase frequency vibration of 75-100Cyce. The present valuing degree influence changing frequency on the longevity and on the operating indicator the element of vibration-press.

Keywords: vibration-press, mould concrete make, durability, fire-resistant.

Постановка проблемы. К формуемым бетонным изделиям предъявляются требования,

¹ канд. техн. наук, профессор, ГВУЗ «Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры», г. Харьков

² д-р техн. наук, профессор, ГВЗУ «Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры», г. Харьков

³ канд. техн. наук, доцент, ГВЗУ «Национальный университет гражданской обороны Украины» г. Харьков

⁴ ст. преподаватель, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь