

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВИБРОДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Браташ О.В., асп., Калинов А.П. к.т.н., доц.

Кременчугский государственный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг Полтавской обл., Украина

E-mail: scenter@kdu.edu.ua

В статье рассматриваются наиболее распространенные методы анализа сигналов для вибрационной диагностики, описываются их преимущества и недостатки в зависимости от их назначения и выдвинутых к ним требований. Проведена классификация методов вибродиагностики соответственно критериям, которые определяют эффективность применения методов.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, методы вибродиагностики, критерии оценивания.

Введение. На предприятиях различных отраслей в подавляющем большинстве используются электроприводы на базе асинхронных двигателей (АД). На сегодняшний день одной из актуальных проблем является повышение надежности эксплуатации электромеханического оборудования на базе АД. Большинство предприятий не имеет возможности своевременного обновления оборудования, и, соответственно, актуальным становится вопрос о повышении эффективности эксплуатации уже имеющегося. Поэтому на смену планово-предупредительным ремонтам (ППР) приходит диагностика по фактическому техническому состоянию объекта. Анализ источников [1-13] показал, что большинство современных методов диагностики технического состояния электрических машин и оборудования базируется на обработке и анализе вибрационных параметров. Эти методы являются основой функциональной (рабочей) диагностики. Комплекс параметров вибрации практически полностью характеризует техническое состояние работающего агрегата и позволяет прогнозировать возникновение неисправностей и аварий АД и электромеханического оборудования. В последние десятилетия в отечественной и зарубежной литературе опубликованы результаты многочисленных исследований по диагностированию дефектов зубчатых зацеплений, подшипников, электромагнитных дефектов электрических машин [1-38].

Цель работы. Анализ методов вибродиагностики (ВД) и их классификация.

Материал и результаты исследований. Существует ряд факторов, влияющих на обоснованность применения какого-либо из методов ВД в каждом конкретном случае: режим работы АД, требуемая точность диагностики, условия, в которых проводятся операции диагностики, требования к виброизмерительной и виброанализирующей аппаратуре, качество электроэнергии. Для анализа и классификации методов ВД выделены следующие критерии, с помощью которых оценивается эффективность применения этих методов.

Критерий 1. Объем входной информации для постановки диагноза. Критерий определяет трудоемкость проведения экспериментальных исследований. Чем меньше количество

информации необходимо для определения дефекта, тем эффективнее метод.

Критерий 2. Информативность. Критерий определяет точность постановки диагноза и возможность (невозможность) локализации дефекта. Увеличение количества выходной информации повышает точность постановки диагноза и, соответственно, эффективность метода.

Критерий 3. Уровень программного обеспечения (ПО) и аппаратной реализации. Критерий определяет уровень сложности аппаратуры и ПО, применяемого для измерения параметров и проведения операций диагностики, и объемы капиталовложений. Этот критерий включает в себя также и уровень защищенности результатов ВД от влияния различных внешних возмущений.

Критерий 4. Временные затраты на проведение операций ВД; подготовка к проведению ВД, интерпретация результатов и т.д.

Классификацию методов вибрационной диагностики можно представить в виде, представленном на рис. 1.

Ниже приведено описание наиболее распространенных групп методов ВД АД. В виде «шифра» указывается место каждой группы методов в предложенной классификации.

Группа 1. Диагностика АД по среднеквадратичному значению (СКЗ) вибросигнала. Уже в течение многих лет и по настоящее время вибрационное состояние машин широкого класса успешно оценивают путем измерения СКЗ виброскорости (реже - виброускорения) [2, 3, 13-16, 33].

Достоинством этого метода является простота реализации и низкая стоимость за счёт использования элементарной портативной виброизмеряющей аппаратуры. Среди **недостатков** стоит выделить невозможность точного определения природы дефекта.

1-1.1-1.1.1; 1-1.2-(1.2.1,1.2.2); 1-1.3-1.3.2; 1-1.4-(1.4.1-1.4.3); 1-1.5-(1.5.1-1.5.3); 2-2.1-2.1.3; 3-3.1; 4-4.1.

Группа 2. Вибродиагностика АД с помощью фазовых портретов (траекторий колебаний).

Для оценки технического состояния АД может быть применен метод, основанный на анализе реконструированных фазовых портретов вибросигналов с использованием теории детерминированного хаоса для достоверного определения таких дефектов, как дисбаланс,

несоосность валов, потеря жесткости опор. На фазовом портрете отображается сразу две характеристики движения, что дает возможность получить больше информации о поведении системы, чем при спектральном анализе, где используется только одна составляющая движения [2, 20, 21, 35, 38].

Достоинство: высокая информативность.

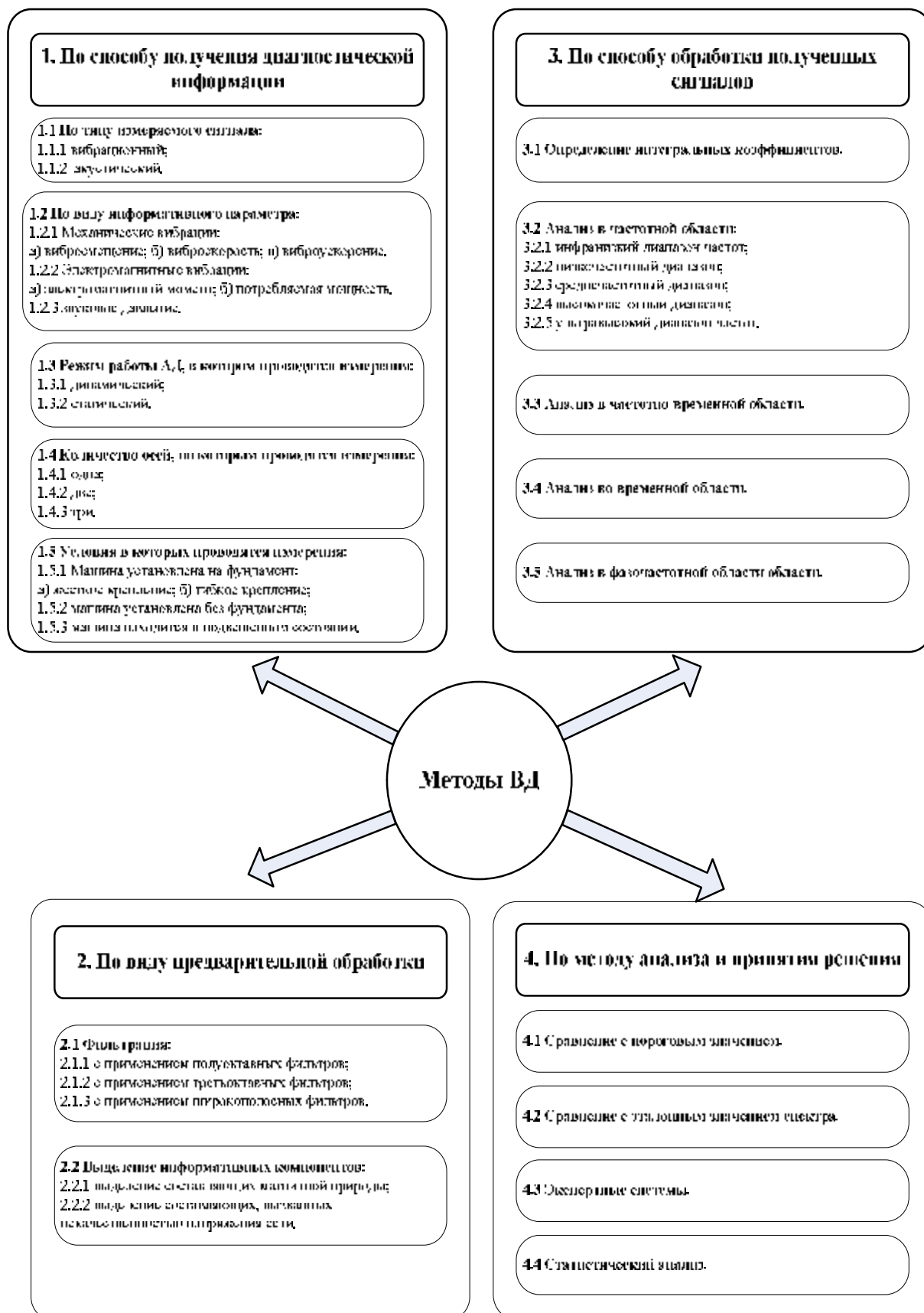


Рисунок 1 – Классификация методов вибродиагностики

Недостатком этого метода является сложность аппаратной реализации и ПО, а также сложность интерпретации результатов.

1-1.1-1.1.1; 1-1.2-1.2.1-а; 1-1.3-(1.3.1, 1.3.2); 1-1.4-1.4.2; 1-1.5-1.5.1; 2-2.1-2.1.3; 3-3.4.

Группа 3. Спектральный анализ.

Спектральный анализ - это метод обработки сигналов, позволяющий выявить частотный состав сигнала. Выявление повышенных амплитуд вибрации на частотах, совпадающих с частотами возможных повреждений элементов, резонансных частотах деталей, на частотах протекания рабочего процесса помогает обнаружить и идентифицировать неисправность на различных стадиях его развития [1-5, 9-12, 23, 27-28, 3, 34].

Достоинства:

- достаточно высокая помехозащищенность;
- высокая информативность метода, существует возможность получить дифференцированную оценку состояния АД отдельно по каждому его кинематическому узлу, поскольку они генерируют разные частотные ряды в спектре.

Основные **недостатки**, присущие диагностике по составляющим спектра вибрации:

- сложность в аппаратной реализации: нужен дорогостоящий спектроанализатор, имеющий качественное ПО;
- метод малочувствителен к зарождающимся и слабым дефектам;
- некорректность результатов при обработке нестационарных сигналов.

1-1.1-1.1.1; 1-1.2-(1.2.1, 1.2.2); 1-1.3-1.3.2; 1-1.4-(1.4.1-1.4.3); 1-1.5-(1.5.1-1.5.3); 2-(2.1, 2.2); 3-3.2; 4-(4.1-4.3).

Группа 4. Спектральный анализ огибающей.

Метод, в котором анализируется не сама высокочастотная вибрация, а низкочастотные колебания ее мощности.

Глубину модуляции случайного амплитудно-модулированного сигнала вибрации можно определить в процентах, используя среднее значение огибающей. При изменении вида дефекта частота модуляции изменяется. Чем больше степень развития дефекта, тем больше становится глубина модуляции. Следовательно, частота модуляции определяет вид дефекта, а глубина модуляции - степень его развития [1-3, 5, 6, 12, 27, 30].

В ряде литературных источников указаны **его достоинства**. К ним относятся:

- возможность локализовать дефект;
- высокая чувствительность, высокая достоверность определения вида и величины каждого из дефектов.

Основной недостаток – высокая стоимость аппаратуры и сложность реализации. Как правило, алгоритм обработки и анализа реализуется с использованием компьютерной техники.

1-1.1-1.1.1; 1-1.2-(1.2.1, 1.2.2); 1-1.3-1.3.2; 1-1.4-(1.4.1-1.4.3); 1-1.5-(1.5.1-1.5.3); 2-2.1; 3-3.2; 4-(4.1-4.3).

Группа 5. Кепстральный анализ. В роторных машинах очень часто можно наблюдать обилие

гармонических составляющих, каждая из которых имеет отношение к некоторому важному возмущению (дефекту). Среди них трудно выделить одну или несколько, на которых можно было бы построить диагностический алгоритм. Это замечание относится прежде всего к машинам с зубчатыми редукторами либо подшипниками качения. Для сжатия информации, содержащейся в спектре, в этих случаях используют кепстр – преобразование Фурье от логарифмического спектра мощности [1, 9-10, 12, 28, 30].

Достоинства: кепстральный анализ в значительной степени нечувствителен к изменениям фазы исследуемых сигналов и к особенностям путей распространения механических, следовательно, имеет высокую помехозащищенность

Недостаток: сложность интерпретации результатов.

1-1.1-1.1.1; 1-1.2-(1.2.1, 1.2.2); 1-1.3-1.3.2; 1-1.4-(1.4.1-1.4.3); 1-1.5-(1.5.1-1.5.3); 2-2.1-2.1.3; 3-3.2; 4-(4.1, 4.3).

Группа 6. Ультразвуковая дефектоскопия и акустическая диагностика.

Объектами дефектоскопии являются отдельные элементы машин, оборудования, конструкций и сооружений, как правило, находящихся в стадии изготовления или восстановления. Средства дефектоскопии, использующие внешние источники ультразвуковой вибрации, по своей структуре и назначению похожи на средства модального анализа “в миниатюре”, но в них есть и другие отличительные черты, кроме области частот измеряемой вибрации. Так, дефектоскопия использует волновые свойства вибрации, в частности, ее отражение от различных неоднородностей и потери при распространении. Это позволяет обнаружить и локализовать дефектные участки внутри деталей или их заготовок, что и является основным назначением средств ультразвуковой дефектоскопии. Подобные средства, как и средства модального анализа, весьма редко используются для диагностики машин в процессе эксплуатации. Одной из причин этого является высокая эффективность методов и средств дефектоскопии, использующих другие виды излучений, например электромагнитное, рентгеновское и т.д. [2, 3, 5, 27, 30, 32].

Достоинство: высокая информативность.

Недостаток: сложность аппаратной реализации и, соответственно, высокая стоимость аппаратуры и применение, как правило, только для определения целостности металлических узлов.

1-1.1-1.1.2; 1-1.3-(1.3.1, 1.3.2); 1-1.5-(1.5.1-1.5.3); 2-2.1; 3-3.2-3.2.5; 4-(4.2, 4.3).

Группа 7. Специальные диагностические параметры.

Очень часто в различных источниках отдельно выделяются методы вибродиагностики для подшипников качения, т.к. это один из наиболее часто встречающихся дефектов АД. В качестве критериев при диагностировании состояния подшипников качения эффективно применение значений особых параметров, которые наилучшим образом учитывают долю высокочастотных составляющих. Такими

параметрами являются пик-фактор, резкость, относительная глубина модуляции высокочастотного сигнала виброускорения (реже - виброскорости), относительная величина ударных импульсов [1, 5, 11, 12, 30].

Достоинство: простота реализации.

Недостаток: низкая помехозащищенность и отсутствие четких границ для значений этих параметров.

1-1.1-1.1.1; 1-1.2-1.2.1-б,в; 1-1.3-1.3.2; 1-1.4-(1.4.1-1.4.3); 1-1.5-(1.5.1-1.5.3); 2-2.1-2.1.3; 3-3.4; 4-(4.1, 4.3).

Группа 8. Вейвлет-анализ. Как отдельный метод обработки вибрационных сигналов выделяют вейвлет-преобразование. Различают дискретный и непрерывный вейвлет-анализ, аппарат которых можно применять как для непрерывных, так и для дискретных сигналов. Сигнал анализируется путем разложения по базисным функциям, полученным из некоторого прототипа путем сжатий, растяжений и сдвигов. Функция-прототип называется анализирующим (материнским) вейвлетом. Теория вейвлетов дает удобный и эффективный инструмент для решения многих практических задач. В отличие от преобразований Фурье, вейвлет-преобразование одномерных сигналов обеспечивает двумерное развертывание, при этом частота и координата рассматриваются как независимые переменные, что дает возможность анализировать сигнал сразу в двух пространствах [12, 17-18].

Метод открывает новые возможности акустической диагностики машин и конструкций, базирующихся на его основных **достоинствах**, к которым относится высокая информативность метода.

Основными **недостатками** вейвлет-анализа являются:

- трудоемкость;
- сложность в интерпретации результатов.

1-1.1-1.1.1; 1-1.2-(1.2.1, 1.2.2); 1-1.3-(1.3.1, 1.3.2); 1-1.4-(1.4.1-1.4.3); 1-1.5-(1.5.1-1.5.3); 2-2.1; 3-3.3; 4-4.3.

Следующие две группы методов относятся к методам принятия решения.

Группа 9. Статистические методы обработки сигналов вибрации. Необходимость использования статистических методов в диагностике электрических машин обоснована изменчивостью, наблюдаемой в процессе работы и влияющей на результаты производственной деятельности даже при условии кажущейся стабильности. Такая изменчивость может проявляться в измерении характеристик процессов на различных этапах жизненного цикла двигателей.

Статистические методы помогают измерить, описать, проанализировать и смоделировать подобную изменчивость даже при наличии ограниченного объема данных. Статистический анализ данных может помочь при формировании лучшего понимания приводы, сроков и причин изменчивости, а в дальнейшем - при решении и даже предупреждении проблем, связанных с такого рода изменчивостью [26].

Таким образом, статистические методы позволяют наилучшим образом использовать имеющиеся в распоряжении данные при принятии решений на стадиях проектирования, разработки, производства, поставки и технического обслуживания.

Достоинство: достаточно высокая информативность.

Недостаток: большой объем входной информации и большие временные затраты.

Группа 10. Диагностика на основе нейронных сетей. Методы анализа прямого спектра и спектра огибающей могут быть реализованы с применением теории искусственных нейронных сетей. Применение математического аппарата нейронных сетей обеспечивает повышение точности процесса диагностики путем применения имеющихся знаний о работе аналогичных агрегатов. Кроме того, результаты измерения вибрации, как и любые другие физические измерения, подвержены некоторой случайности. Аппарат нейронных сетей относится к статистическим математическим методам, что позволяет ставить диагноз при значительных случайных составляющих обрабатываемого сигнала [19].

Достоинствами применения данной технологии является высокая точность определения дефекта, а также высокий уровень автоматизации процесса.

К **недостаткам** же можно отнести сложность реализации и обучения нейросети, кроме того, стоит выделить низкую степень унификации (для каждого нового узла необходимо создавать новую сеть и её обучать).

Все вышеперечисленные методы оценивались по пятибалльной системе в соответствии с критериями, определяющими эффективность применения методов. Результаты оценки эффективности применения этих методов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнительная оценка методов вибродиагностики

Метод \ критерий	<i>Крит. 1</i>	<i>Крит. 2</i>	<i>Крит. 3</i>	<i>Крит. 4</i>	<i>Суммарная оценка</i>
<u>Группа 1</u>	4	2	4	4	14
<u>Группа 2</u>	3	5	3	2	13
<u>Группа 3</u>	3	4	4	4	15
<u>Группа 4</u>	3	5	3	4	15
<u>Группа 5</u>	3	3	3	3	12
<u>Группа 6</u>	3	4	2	3	12
<u>Группа 7</u>	4	3	4	3	14
<u>Группа 8</u>	3	4	3	4	14
<u>Группа 9</u>	2	5	3	2	12
<u>Группа 10</u>	2	4	4	2	12

Выводы. Проведенный анализ и оценка методов ВД АД показал, что наиболее эффективными являются методы спектрального анализа и спектрального анализа огибающей. Эффективными инструментами диагностики АД является применение специальных диагностических параметров, вейвлет-анализа и нейронных сетей.

В качестве неисследованных или недостаточно исследованных вопросов вибродиагностики АД можно выделить:

- вибродиагностику при использовании нескольких частот вращения АД;
- вибродиагностику при неподвижном роторе АД;
- вибродиагностику АД при его полигармоническом питании;
- комплексный анализ электромагнитных и механических вибраций;
- оценку мощности и энергии вибраций;
- влияние некачественности питающей сети на результаты вибродиагностики;
- влияние вибраций на ресурс изоляции АД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ширман А. Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. / А. Р. Ширман, А. Б. Соловьев – М.: Библиогр., 1996. – 276 с.
2. Барков А. В. Интеллектуальные системы мониторинга и диагностики машин по вибрации. / А. В. Барков, Н. А. Баркова // Сборник трудов семинара «Современные проблемы вибрационной диагностики и виброзащиты энергетических установок», 1999. – С. 115-156.
3. Тэттэр В. Ю. Диагностирование подшипниковых и редукторных узлов на переходных режимах. / В. Ю. Тэттэр, А. Ю. Тэттэр, В. С. Барайщук // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, 2005. – Ч.2. – №8(90).
4. Русов В. А. Спектральная вибродиагностика. / В. А. Русов. – Пермь: вып. №1, 1996. – 176 с.
5. Вибродиагностика подшипников качения. «МНЕНИЯ» ООО «Витэк» [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: www.vitec.ru/upload/iblock/e4d/diagnostika_podshpni_kov.pdf
6. Барков А. В. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации: Учебное пособие / А. В. Барков, Н. А. Баркова. – СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2004. – 152 с.
7. Азовцев Ю. А. Диагностика и прогноз технического состояния оборудования целлюлозно-бумажной промышленности в рыночных условиях. / Ю. А. Азовцев, Н. А. Баркова, В. А. Доронин. – Журнал "Бумага, картон, целлюлоза", май 1999.
8. Барков А. В. Вибрационная диагностика электрических машин в установившихся режимах работы / А. В. Барков, Н. А. Баркова, А. А. Борисов. Северо-Западный учебный центр, г. Санкт-Петербург. Изложенный материал опубликован в 2006 г. в методических указаниях к лабораторным работам по диагностике электрических машин.
9. Кравченко В. М. Техническое диагностирование механического оборудования: Учебник. – Ч. 2 - Практика технического диагностирования. / В. М. Кравченко, В. А. Сидоров. – Донецк, 2006.
10. Сотников А. Л. Внедрение систем диагностирования / А. Л. Сотников, В. А. Сидоров, А. В. Лукичев // Машинознавство і деталі машин: Матеріали 4-ої регіональної науково-методичної конференції. – Донецьк: ДонГТУ, 2002. – С. 81-87.
11. Смирнов В. И. Методы и средства функциональной диагностики и контроля технологических процессов на основе электромагнитных датчиков. Монография / В. И. Смирнов. – Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск: УлГТУ, 2001. – 190 с.
12. Гольдин А. С. Вибрация роторных машин. / А. С. Гольдин. – М.: Машиностроение, 1999. – 344 с.
13. Основы измерения вибрации - по материалам фирмы DLI (под редакцией Смирнова В. А.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: http://www.vibration.ru/osn_vibracii.shtml.
14. Глебов Л. А. Совершенствование системы технического обслуживания оборудования мукомольного и хлебопекарного производства путем внедрения методов и средств функциональной вибродиагностики. / Л. А. Глебов, А. Е. Яблоков, А. А. Потеря // Труды КазНИИ зерна. – Вып. №3. – Астана, 2001. – С. 23 - 25.
15. Опыт вибродиагностики компрессорного оборудования пищевых предприятий в рамках обеспечения их промышленной безопасности. [Электронный ресурс] / В. М. Давыдов, Р. В. Жуков. – Режим доступа к статье: <http://www.vibration.ru/ovkoppvroip/ovkoppvroip.shtm>.
16. Герике Б. Л. Мониторинг технического состояния шахтных вентиляторов главного проветривания по параметрам механических колебаний / Б. Л. Герике // Уголь. – №12, 2002. – С. 20-21.
17. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: Основы теории и примеры применения / Н. М. Астафьева // Успехи физических наук, 1996. – Т. 166, № 11. – С. 1145-1170.
18. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши. - Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2001. – 464с.
19. Применение искусственных нейронных сетей для создания экспертной системы диагностирования технологического оборудования. (Сборник статей «Энергосбережение, автоматизация в промышленности, интеллектуальные здания и АСУТП», опуб. 06.04.2007) [Электронный ресурс] / А. В. Семенченко. – Режим доступа к журналу: <http://d.17-71.com/2007/04/06/primenenie-iskusstvennyih-neyronnyih-setey-dlya-sozdaniya-ekspertnoy-sistemy-diagnostirovaniya-tehnologicheskogo-oborudovaniya>.
20. By Glenn D. White, DLI Engineering Corporation (Пер. с англ.- И. Р.Шейняк, под ред. В. А.Смирнова). – Основы анализа данных и поиска неисправностей [Электронный ресурс] – Режим доступа к статье: http://www.vibration.ru/osn_analizai.shtml.
21. Вибрация. СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ ВИБРАЦИИ ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛОВ. Часть 1. Устройства для снятия сигналов относительной и

абсолютной вибрации (ISO 10817-1:1998): ГОСТ ИСО 10817-1-2002. – [введен в действие 1.11.2007]. – ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», Москва, 2007. – 19 с. – (Межгосударственный стандарт).

22. Автоматизация вибродиагностирования подшипниковых узлов (Севастопольский национальный технический университет) [Электронный ресурс] / А. А. Абдулаев. – Режим доступа к статье: <http://www.vibration.ru/avd-avpu/avd-avpu.shtml>.

23. Калінов А. П. Оцінювання впливу неякісності напруги живлення на віброхарактеристики асинхронних двигунів. / А. П. Калінов, Д. Г. Мамчур, О. В. Браташ, О. І. Простак // Вісник КДПУ. Наукові праці КДПУ. – Вип. 4 (57). – Ч.1 – Кременчук: КДПУ ім. Остроградського, 2009. - С. 78-81.

24. Современное состояние технических средств анализа вибрации – 2003. [Электронный ресурс] / А. В. Барков, Н. А. Баркова, П. П. Якобсон – Режим доступа к статье: <http://www.vibrotek.com/russian/articles/ts/index.htm>.

25. К вопросу о вибродиагностике асинхронных электродвигателей (Днепропетровск, Национальный горный университет) [Электронный ресурс] / В. И. Панченко. – Режим доступа к статье: www.nbu.gov.ua/portal/natural/Geta/2003_70/5.pdf.

26. Статистические методы. Руководство по применению в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001 (Guidance on statistical techniques for ISO 9001:2000 (IDT)): ГОСТ Р ИСО/ТО10017-2005. – [введен в действие 31.05.2005, № 111]. – Москва, 2005. – 50 с. - (Национальный стандарт российской федерации).

27. Барков А. В. Возможности нового поколения систем мониторинга и диагностики. / А. В. Барков – М: «Металлург», 1998, № 11.

28. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. — М.: Машиностроение. Измерения, контроль, испытания и диагностика. Т. П1-7 / В. З. Клюев, Ф. Р. Соснин, В. Н. Филинов и др.; Под общ. ред. В. В. Клюева. — 464 с., ил.

29. Рак А. Н. Кепстральный анализ сигнала вибрации в диагностировании неисправностей электрических двигателей. Машиностроение и техносфера XXI века / А. Н. Рак, А. В. Лукичев // Сборник трудов международной научно-технической конференции в г. Севастополе 13-18 сентября 2004 г. В 4-х томах. – Донецк: ДонНТУ, 2004. – Т. 3. – С. 56.

30. Техническая диагностика подшипников качения, материалы фирмы ООО «Сервис технологических машин» [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: <http://www.vdmk.com/information/tdpk.htm>.

31. Программа измерения и анализа вибрации на переходных режимах (анализ характеристик «СТАРТ/СТОП») фирмы «ИНКОТЕС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: <http://www.vibration.ru/start-stop/start-stop.shtml>.

32. Кучер В. Я. Вибрация и шум электрических машин: Письменные лекции / В. Я. Кучер. – СПб.: СЗТУ, 2004. – 81 с.

33. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерения вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования (ISO 10816-1:1995): ГОСТ ИСО 10816-1-97. – [введен в действие 01.07.1999]. – ИПК Издательство стандартов, 1998. – 18 с. – (Межгосударственный стандарт).

34. Дмитриев Э. А. Принципы формирования диагностических признаков и их классификация / Э. А. Дмитриев // Труды Одесского политехнического университета, 1997. – №2(4).

35. Устранение вибрации насосного агрегата [Электронный ресурс] / В. А. Смирнов – Режим доступа к статье: www.vibration.ru/nasos.shtml.

36. Машины электрические вращающиеся. Механическая вибрация некоторых видов машин с высотой оси вращения 56 мм и более. Измерение, оценка и допустимые значения (МЭК 34-14-82): ГОСТ 20815-93. – [введен в действие в Украине 01.07.1998]. – ИПК Издательство стандартов, 1996. (© Госстандарт Украины, с дополнениями 1998). – 5 с. - (Межгосударственный стандарт).

37. Вибрация энергетических машин. Справочное пособие. [Под ред. Григорьева Н.В.] – Л.: Машиностроение, 1974. – 464 с.

38. Нафиков А. Ф. Оценка технического состояния насосного оборудования с использованием теории детерминированного хаоса / А. Ф. Нафиков, М. М. Закиричная, И. Р. Кузеев и др.

// Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности: Тез. 3-я Междунар. конф. – М.: Из-во ЗАО НИИ МНПО «Спектр», 2004. – С. 129.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВІБРОДІАГНОСТИКИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

*Браташ О.В., асп., Калінов А.П., к.т.н., доц.
Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна
E-mail: scenter@kdu.edu.ua*

У статті розглядаються найпоширеніші методи аналізу сигналів для вібраційної діагностики, описуються їхні переваги та недоліки, залежно від їхнього призначення і висунутих до них вимог. Проведено класифікацію методів вібродіагностики відповідно до критеріїв, що визначають ефективність застосування методів.

Ключові слова: асинхронний двигун, методи вібродіагностики, критерії оцінювання.

ANALYSIS OF METHODS OF VIBRODIAGNOSTIKI OF INDUCTION MOTOR

*Bratash O., post-grad., Kalynov A., Cand. of Sc. (Tech.), Assoc. Prof.
Kremenchuk Mykhailo Ostrogradskiy State University
Pershotravneva St., 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine
E-mail: scenter@kdu.edu.ua*

This article deals with the most widespread methods of signal analysis for vibration diagnostics, describes their advantages and disadvantages with respect to their purpose and requirements. The classification methods of vibration diagnostics is proposed in accordance with the criteria that determine the methods effectiveness.

Key words: induction motor, methods of vibration diagnostics, evaluation criteria.