

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Ясовеева Васиха Хаматовича

о диссертации Сеницына Владимира Владимировича «Алгоритмы обработки информации для оценки технического состояния подшипников качения и зубчатых передач исполнительных механизмов АСУ ТП», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)

Актуальность темы исследования

Современные экономические и технологические вызовы определяют тенденцию непрерывного повышения экономической эффективности промышленного производства. Такие вызовы вынуждают промышленные предприятия переходить от стратегии предупредительного технического обслуживания оборудования по регламенту к стратегии технического обслуживания по состоянию. В свою очередь, стратегия технического обслуживания по состоянию ставит задачу по получению оперативной и достоверной информации о техническом состоянии отдельных узлов и механизмов промышленного оборудования. Раннее обнаружение дефектов в узлах и механизмах позволяет оптимизировать не только техническое обслуживание, но также и бизнес-процессы на предприятиях. Однако, для обеспечения раннего обнаружения дефектов и перехода на стратегию обслуживания по состоянию необходимы высокочувствительные методы получения и обработки полученной информации.

Тенденции развития промышленности в направлении «Индустрии 4.0» и «Фабрик Будущего» накладывают требования к гибкости и быстрой адаптации производственных процессов, повышенной надежности, производительности и точности работы оборудования. Такие тенденции развития промышленности определяют разработку и применение систем мониторинга состояния и прогнозирования остаточного ресурса промышленного оборудования, как краеугольные задачи. Прогнозирование остаточного ресурса обуславливает разработку методов оперативной оценки технического состояния отдельных узлов оборудования.

Описанные выше вызовы и проблемы полностью свидетельствуют об актуальности и востребованности исследований, связанных с разработкой

методов и алгоритмов обработки информации, которые позволяют оценивать техническое состояние узлов исполнительных механизмов.

В работе Сеницина Владимира Владимировича предложены и исследованы методы получения и обработки высокочувствительной к дефектам информации, разработаны методы и алгоритмическое обеспечение для обработки измеренной информации, а также предложены критерии обнаружения и локализации дефектов в подшипниках качения и локальных дефектов в зубчатых передачах.

Структура и содержание диссертации

Диссертация Сеницина Владимира Владимировича состоит из введения, пяти глав, заключения (основных выводов и результатов) и двух приложений. Полный объем диссертации составляет 156 страниц. Диссертация содержит 84 рисунка. Список литературы включает 156 наименований.

Во введении обоснована актуальность работы, представлена степень проработанности темы, определены объект, предмет и методы исследования, сформулированы цель и задачи работы, обозначены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, обоснована достоверность результатов, представлена информация по апробации, публикациям и внедрению результатов работы, а также сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлена предметная область исследования и выполнен обзор и анализ работ, посвященных методам получения и обработки информации для обнаружения и локализации дефектов в подшипниках качения и зубчатых передачах.

Во второй главе разработан высокочувствительный метод получения и преобразования измерительной информации с вращающегося вала. Разработан метод обработки измеренной информации и предложен критерий декомпозиции измеренной информации на мгновенные угловое и линейные ускорения. Выполнено имитационное моделирование предложенного метода для различных входных сигналов. Имитационное моделирование подтвердило гипотезы о декомпозиции углового и линейных ускорений по независимым координатам движения. Сформулированы ограничения разработанного метода декомпозиции, а также подтверждена устойчивость разработанного метода к шуму во входном сигнале.

В третьей главе разработан прототип датчика, в котором реализован предложенный метод получения измерительной информации. Представлены результаты испытаний прототипа. Реализована физическая модель предложенного высокоточного метода получения информации при помощи аттестованного измерительного оборудования. Применен разработанный метод декомпозиции с целью разделения ускорений на ортогональные оси. Проведена сравнительная оценка сигналов от прототипа датчика и физической модели. Представлен метод определения текущей частоты вращения вала.

В четвертой главе предложены метод и два критерия обнаружения дефекта в подшипнике качения по сигналам декомпозированного углового ускорения. Метод основан на оценке энергии сигнала в окрестности частоты собственных крутильных колебаний вала механизма. Выполнена экспериментальная оценка применения предложенных метода и критериев на наборе подшипников, которые содержали различные дефекты. Предложены алгоритмическое обеспечение локализации дефекта в подшипнике качения по сигналам декомпозированных линейных ускорений, а также комбинированный критерий локализации дефектов. Выполнена экспериментальная оценка предложенного алгоритмического обеспечения на наборе подшипников, которые содержали различные дефекты.

В пятой главе предложены метод и два критерия обнаружения локального дефекта ведущего колеса зубчатой передачи по сигналам углового ускорения. Метод основан на оценке амплитуды первой гармоники частоты вращения ведущего колеса в угловом ускорении вала ведомого колеса передачи. Выполнена экспериментальная оценка применения предложенных метода и критериев на одноступенчатом редукторе с коническими колесами, ведущее колесо которого содержало различные локальные дефекты.

В заключении приведены выводы по диссертационной работе.

Научная новизна результатов работы

Научной новизной обладают представленные в диссертационной работе математическая модель получения информации, методы и критерии получения и декомпозиции полученной информации, методы обработки декомпозированной информации, алгоритмическое обеспечение и критерии обнаружения и локализации дефектов в подшипниках качения по

декомпозированному угловому ускорению, методы обработки декомпозированной информации и критерии обнаружения локального дефекта ведущего колеса зубчатой передачи.

Теоретическая значимость результатов исследования

В работе созданы математическая модель получения информации непосредственно с вращающегося вала, которая позволяет определить мгновенные линейные и угловые ускорения вала с учетом его мгновенного угла поворота. Кроме того, в работе разработаны методы измерения с вращающегося вала ускорений, разработаны методы и критерии декомпозиции измеренной информации на угловые и линейные компоненты, а также разработаны методы и критерии обнаружения и локализации дефектов по декомпозированным угловому и линейным ускорениям.

Практическая значимость

Практическая значимость диссертации подтверждается созданным и внедренным в деятельности промышленного предприятия ЗАО «Завод Минплита» (г. Челябинск) программно-аппаратным комплексом, в котором реализованы разработанные методы и критерии обнаружения дефектов. Более того, результаты диссертационной работы были использованы при выполнении НИР в рамках государственного задания Минобрнауки РФ.

Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения и результаты исследования, представленные в диссертационной работе, в полной мере обоснованы и достоверны, что подтверждается корректным использованием математических моделей, соответствующей постановке задачи. Результаты теоретических исследований и математических расчетов подтверждены большим числом экспериментальных результатов.

К работе имеются следующие замечания:

1. В главе 2 при описании предложенного метода получения информации непосредственно с вращающегося вала принято допущение, что диск, на котором закреплены акселерометры, жесткий. В свою очередь, описанный в главе 3 прототип выполнен на печатной плате, который имеет конечную жесткость. Не ясно, насколько конечная жесткость платы повлияла на сходимость математической модели и прототипа.

2. В главе 2 описана модель метода получения информации, однако отсутствует анализ влияния неточной установки акселерометров под указанным углом и расстоянием от центра вала.

3. В главе 2 при описании метода декомпозиции указано применение фильтров H_{f1} , H_{f2} , H_{f3} , однако не приведены их тип, порядок или полиномы.

4. В главе 3 описан прототип датчика предложенного метода, однако не указаны важные для работы датчика: полоса пропускания и равномерность амплитудно-частотной характеристики прототипа.

5. В главе 4 описано алгоритмическое обеспечение по локализации отдельных дефектов, однако область применения такой локализации не ясны в виду того, что на реальных объектах редко возникают одиночные дефекты.

6. В главе 5 предложен метод обнаружения локального дефекта ведущего колеса зубчатой передачи, который основан на оценке амплитуды первой гармоники частоты вращения ведущего колеса, однако не объяснено почему не использован традиционный метод к обнаружению таких дефектов, который применяется при получении данных с опоры, а именно, оценка амплитуд частот зубозацепления.

Указанные замечания не снижают основной ценности результатов выполненной работы.

Заключение

Диссертация В.В. Синицина является законченной научно-квалификационной работой, которая содержит новые научно-обоснованные технические решения, имеющие важное значение в области разработки новых методов обработки информации для обнаружения и локализации дефектов в подшипниках качения и зубчатых передачах исполнительных механизмов АСУ ТП.

Диссертация выполнена на высоком качественном уровне, содержит достаточно полные содержательные и формальные обоснования предлагаемых к решению исследуемых задач подходы, а также необходимые ссылки на литературные источники.

Полученные в диссертации результаты полностью соответствуют поставленным целям и задачам, содержание автореферата в полном объеме отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям пункта 9 Положения ВАК РФ «О порядке присуждения ученых степеней» от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Сеницин Владимир Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управления и обработка информации (промышленность).

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой информационно-
измерительной техники ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный
авиационный технический университет»



Ясовеев В.Х.

Я, Ясовеев Васих Хаматович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Сеницина Владимира Владимировича, и их дальнейшую обработку.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», 450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К.Маркса, д.12, + 7 (347) 272-29-18, office@ugatu.su

