

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК _____

Лощинин
Игорь Валерьевич

Мониторинг состояния подшипников качения на основе свёрточной нейронной
сети Малла

АВТОРЕФЕРАТ

на соискателя степени магистра технических наук

по специальности 1–39 80 02 «Радиотехника, в том числе
системы и устройства радиолокации, радионавигации и телевидения»

Научный руководитель
Воробьёв Василий Иванович
к.т.н., доцент

Минск 2018г.

ВВЕДЕНИЕ

Современное промышленное оборудование имеет множество подвижных узлов и вращающихся частей. Некоторые из них, например, подшипники качения, работают под большой нагрузкой, быстро изнашиваются и выходят из строя. В то же время, подвижные детали создают механические вибрации, а если движение периодическое, то определённые периодичности присутствуют и в картине создаваемых вибраций.

Подшипники качения используются в широком диапазоне вращающихся механизмов: от небольших ручных устройств до тяжелых промышленных систем, и чаще всего выходят из строя в машинах. Мониторинг состояния подшипников качения с использованием анализа виброакустических сигналов чаще всего используется для обнаружения неисправностей, оценки состояния оборудования. Оценка состояния, в свою очередь, позволяет своевременно проводить обслуживание и замену оборудования.

Методику проведения вибрационной диагностики можно представить как последовательность нескольких этапов: разработка теоритической модели, снятие опытных данных, выделение диагностических признаков, классификация неисправных состояний, прогнозирование развития неисправностей и принятие решений. Поиск диагностических признаков технического состояния эксплуатируемого оборудования – важнейшая задача вибромониторинга и вибродиагностики. От способа построения системы диагностических признаков и конкретизации перечня этих признаков существенно зависит успех последующей классификации технических состояний объектов.

Выделение диагностических признаков подразумевает преобразование исходных данных в существенную информацию о состоянии системы. В свою очередь, классификация заключается в автоматическом определении текущего состояния методами машинного обучения.

Для анализа сигналов вибрации широко используются различные методы, такие как временные, частотные и частотно-временные. Нестационарность вибрационных сигналов и наличие большого количества различных компонентов и низкое отношение сигнал/шум очень затрудняют обнаружение дефектов подшипников с помощью обычного анализа во временной и частотной области, который предполагает, что анализируемый сигнал является строго периодическим. Для извлечения признаков используются методы машинного обучения и нейронных сетей.

Целью данной работы является изучение результатов имеющихся исследований по свёрточным сетям Малла для выделения информативных признаков акустических сигналов. Применение метода для выделения диагностических признаков технического состояния оборудования и последующей классификацией состояний подшипников, поставить эксперимент и сравнить с другими методами, сделать вывод.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы магистерской диссертации: Одним из наиболее распространённых и уязвимых элементов роторных механизмов является подшипник качения. Они осуществляют пространственную фиксацию вращающихся конструкций и воспринимают значительную часть статических и динамических усилий, возникающих в механизме. Поэтому техническое состояние подшипников является одной из важнейших составляющих. Методы оценки состояния подшипника позволяют выявить дефект на ранних стадиях.

Цель данной работы: Исследовать на применимость метод Малла для наблюдения за состоянием подшипников качения, проверить его эффективность.

Задача исследования: Провести анализ существующих алгоритмов мониторинга; провести анализ алгоритма Малла; проверить его работоспособность.

Объект исследования: Метод оценки состояния подшипников качения.

Предмет исследования: Пригодность, достоверность метода Малла для оценки состояния подшипников качения.

Теоретико-методологическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых, занимающиеся теоретическими и практическими вопросами: нейросетевых технологий, распознавания звуков и построения систем классификации объектов.

Эмпирическую базу исследования составили открытые базы данных виброакустических сигналов, а также набор сигналов, снятые на минском подшипниковом заводе для проверки работоспособности алгоритмов.

Объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы. Работа содержит 65 страниц основного текста, 20 рисунка.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показано, в чем заключается научная новизна, теоритическая и практическая значимость работы. Мониторинг состояния подшипников качения с использованием анализа виброакустических сигналов чаще всего используется для обнаружения неисправностей, оценки состояния оборудования.

В главе 1 рассмотрены публикации результатов исследований, посвящённые применению метода выделения информативных признаков из акустических сигналов на основе алгоритма Малла, представляющего собой сверточную нейронную сеть. Показано, что коэффициенты преобразования рассеяния улучшают классификацию и расширяет MFCC путем восстановления потерянных высоких частот посредством последовательных вейвлет-сверток.

В главе 2 рассмотрены традиционные методы выявления неисправностей подшипников качения, методы анализа во временной и частотной области, а также методы выделения информационных (диагностических) признаков из вибрационных сигналов. Представлены группы методов, обладающие преимуществами и недостатками. Методы среднеквадратического значения, крест-фактора механических колебаний,

В главе 3 приводится суть эксперимента исследования алгоритма классификации дефектов подшипников качения на ранних стадиях развития по вибрационным сигналам. Разработана система, которая реализует наиболее эффективные адаптивные алгоритмы выделения диагностических признаков и классификации состояний. Приведены результаты компьютерного моделирования классификации дефектов подшипников качения по признаковому пространству.

ВЫВОДЫ

В процессе написания магистерской диссертации проведён обзор исследований применения преобразования рассеяния на свёрточных сетях для формирования признакового пространства акустических сигналов и последующей их классификацией. Рассмотрены традиционные и современные адаптивные алгоритмы, применяемые в вибрационной диагностике подшипников качения на ранних и поздних стадиях развития дефектов. Выявлено применение адаптивных алгоритмов в задачах классификации дефектов подшипников.

Обнаружено, что эффективность диагностики в целом выше в системах, использующих для выделения диагностических признаков анализ в частотно-временной области, например, при помощи вейвлетов и преобразования Гильберта-Хуанга. Поэтому для постановки исследования произведён выбор и обоснование метода выделения диагностических признаков на основе алгоритма Малла и преобразования Гильберта-Хуанга, который также является адаптивным и хорошо себя проявил в исследованиях. Точность и эффективность алгоритмов проверялась в задаче классификации методом машины на опорных векторах.

Проведено экспериментальное исследование диагностической системы. Количественные результаты исследования показали, что преобразование рассеяния на свёрточных сетях немного уступает преобразованию Гильберта-Хуанга и демонстрирует точность классификации равную 99,1 %.

Установлено, что сочетание методов преобразования Гильберта-Хуанга и МОВ позволяют получить точность классификации, стремящуюся к 100%, при условии качественной предобработки данных и использовании высоко-репрезентативных выборок обучающих данных.

В итоге проведённого исследования проверен и подтвержден результатами на нескольких выборках алгоритм свёрточных сетей Малла, и выделен комплекс современных адаптивных алгоритмов, предоставляющих надежную базу для

решения задач диагностики неисправностей подшипников качения на ранних стадиях развития дефектов, что может быть использовано для дальнейших исследований и внедрения в промышленность.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А.] Кечик, Д. А. Анализатор фазовых характеристик колебаний механизмов и машин / Д. А. Кечик, И. В. Лоцинин // Радиотехнические системы : материалы 52-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, май 2016 года). – Минск : БГУИР, 2016. – С. 24.

[2-А.] Лоцинин И. В. Оценка технического состояния подшипников качения на основе свёрточной нейронной сети Маллата / И. В. Лоцинин // Радиотехнические системы : материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, май 2018 года). – Минск : БГУИР, 2018.