

УДК 621.822.6

РАЗРАБОТКА ФАЗОХРОНОМЕТРИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Екатерина Владимировна Краснова

Магистр 1 года

кафедра «Метрология и взаимозаменяемость»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.Б. Сырицкий,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Метрология и взаимозаменяемость»

Подшипники качения являются ключевыми элементами узлов вращения в энергетическом, транспортном и металлургическом оборудовании. Их качество напрямую определяет ресурс, надёжность и безопасность работы машин. Однако существующие системы входного контроля, в том числе вибродиагностические стенды, ориентированы преимущественно на анализ уровней вибрации и спектральных характеристик. Такой подход позволяет уверенно выявлять развитые дефекты (выкрашивание, износ), но практически не чувствителен к ранним стадиям повреждений — микротрещинам, дисбалансу сепаратора и нарушению кинематики тел качения. В результате подшипники, прошедшие входной контроль, могут выходить из строя в процессе эксплуатации, что приводит к аварийным остановкам и значительным экономическим потерям.

Объектом исследования выбран роликовый радиальный сферический двухрядный подшипник типа 3636, широко применяемый в тяжёлых условиях эксплуатации. Анализ эксплуатационной документации показал, что наиболее частыми причинами отказов являются излом сепаратора, выкрашивание дорожек качения и торцевые сколы роликов.

Современная технология входного контроля включает визуальный осмотр, проверку геометрии, измерение твёрдости и вибрационную диагностику. Вибродиагностический стенд СП-180М позволяет регистрировать виброускорение и виброскорость в широком частотном диапазоне (до 10 кГц), выполнять спектральный анализ и анализ огибающей. Однако в ходе анализа выявлены два ключевых ограничения: радиальное направление измерения вибрации и отсутствие фазовой привязки. Сравнительный анализ современных вибродиагностических стендов показал, что данные ограничения являются системными для серийных стендов.

Для устранения выявленных недостатков предложено дооснастить стенд СП-180М фазохронометрической подсистемой, реализующей синхронную регистрацию вибросигнала и углового положения вала. Метод основан на измерении временных интервалов между импульсами углового датчика и экстремумами вибросигнала, что позволяет определить амплитудно-фазовые характеристики вибрации для каждой гармоники частоты вращения.

В качестве первичного преобразователя углового положения выбран туннельный магниторезистивный датчик (ТМР-энкодер). Данный тип датчиков обладает высокой чувствительностью, стабильностью характеристик в широком диапазоне температур и устойчивостью к загрязнениям, что особенно важно для работы в условиях производственного цеха.

Туннельный магниторезистивный датчик формирует дискретные импульсы при прохождении ферромагнитных меток, нанесённых на вращающийся диск. Количество меток на диске выбрано из условия обеспечения требуемого разрешения для

регистрации высокочастотных составляющих вибрации. Такое техническое решение обеспечивает устойчивую работу подсистемы даже при наличии масляных паров, вибраций и электромагнитных помех, характерных для промышленных стендов.

Преимуществом предложенного решения является возможность модернизации существующего стенда СП-180М с минимальными конструктивными изменениями: датчик устанавливается на свободный конец вала.

В ходе работы проведён комплексный анализ объекта контроля и существующих методов диагностики, выявлены системные ограничения вибродиагностических стендов, обоснована необходимость внедрения фазохронометрического подхода. Разработана концепция дооснащения стенда СП-180М, в качестве первичного преобразователя выбран туннельный магниторезистивный датчик углового положения. Предложенные технические решения являются теоретически обоснованными и перспективными для дальнейшей реализации.

Литература

1. *ГОСТ 520-2011. Подшипники качения. Общие технические условия. – Введен 01.07.2012. – М.: Стандартинформ, 2012.*
2. *ГОСТ ISO 15243-2017. Подшипники качения. Повреждения и отказы. Термины, характеристики и причины. – Введен 01.03.2017. – М.: Стандартинформ, 2017.*
3. *Киселев М.И., Кошкин А.С., Сырицкий А.Б. и др. Фазохронометрия как основа совершенствования производственных технологий // Научные технологии. — 2016. — № 5. — С. 48–53.*
4. *МИ ИЦ ЕПК.001-11. Подшипники качения. Вибрация. Методика измерения. – Москва, 2011.*
5. *МВИ ВНИПП.002-04. Подшипники качения. Вибрация. Методика выполнения измерений. – Москва, 2004.*
6. *Паспорт стенда СП-180М. – Москва, 2010.*
7. *Сидоров В. А. Эксплуатация подшипников качения. – Инфра-Инженерия, 2022 - 136 с.*