

Анализ выявления дефектов подшипников

Магистрант Путиловский В.А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Скойбеда А.Т.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Для извлечения полезной информации из вибросигнала используются различные способы, которые позволяют сформировать характерные диагностические признаки зарождающихся дефектов даже в тех случаях, когда спектр мощности сигнала практически не меняется. Но, несмотря на то, что различных методов по обработке сигналов достаточно много, статистический анализ современного состояния служб вибродиагностики в промышленности показал, что большинство приборов и систем, применяемых службами, основано на спектральном анализе входящего сигнала. Такое применение обуславливается как простотой метода, так и его универсальностью. Сущность спектрального анализа основана на первичном Фурье-преобразовании входящего сигнала.

Однако погрешности изготовления и монтажа, температурные изменения геометрических параметров деталей и зазоров в сочленениях, изменение вязкости смазки и множество других факторов приводят к флуктуациям амплитуд и размытию дискретных линий спектра полигармонических колебаний. Поэтому методы, основанные на спектральном анализе, не позволяют в полной мере производить всесторонний анализ вибросигнала, что приводит к общим характерным погрешностям при проведении вибродиагностических обследований.

Для различных дефектов, в ряде случаев, спектры гармонических составляющих идентичны. Например, анализ приведенного спектра на рисунке 1 не дает однозначного ответа. Высокое значение второй гармоники частоты вращения ротора (частота показана стрелкой) может указывать на несоосность соединения привода и насоса, перекос и неравномерный износ внутреннего кольца подшипников привода или вибрацию электромагнитного происхождения.

Высокий уровень шумовой составляющей может указывать на ослабление жесткости конструктивных элементов привода или дефекты в подшипниках привода. В процессе спектрального преобразования вибросигнала теряется информация о временном факторе, а также представление о динамике изменения спектрального состава сигнала.

На рисунке 2 приведен спектр, анализ которого не позволил выявить спектральным методом дефект сепаратора. На следующий день после замера произошло разрушение сепаратора, которое привело к аварийной остановке насосного агрегата.

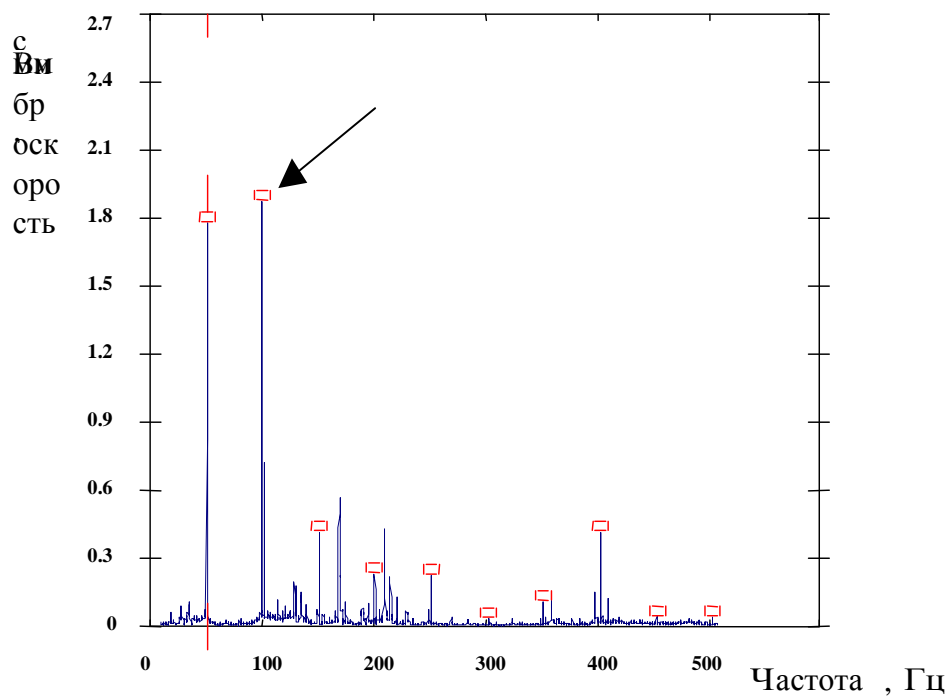
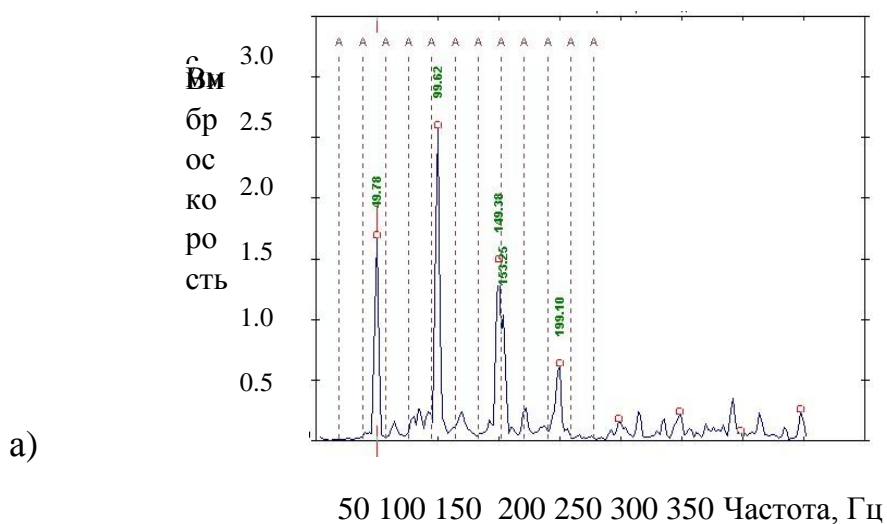


Рис. 1. Спектр вибрации электродвигателя



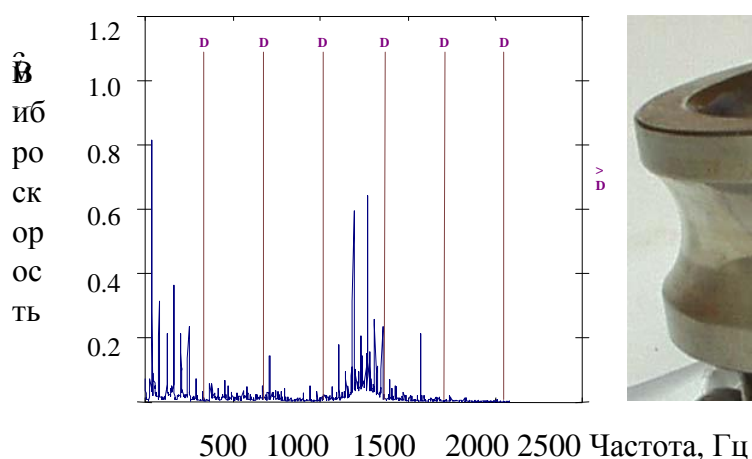


б)

Рис. 2. Спектр вибрации (а) насосного агрегата за день до разрушения сепаратора и поврежденный сепаратор (б) после демонтажа

Из рисунка 2а видно, что ни одна частотная составляющая не совпадает с сеткой частоты вращения сепаратора (показаны пунктирными линиями).

На рисунке 3а приведен спектр для подшипника насоса, у которого в результате некачественного монтажа произошел сильный износ конструктивных элементов подшипника. На рисунке 3б показана внутренняя обойма подшипника, где дорожка качения накатана по краю и имеет неравномерный износ.



а



б

Рис. 3. Спектр вибрации (а) насосного агрегата за четыре дня до разрушения подшипника и дефектная внутренняя обойма (б)

Поэтому для предотвращения таких ситуаций в настоящее время активно разрабатываются новые типы виброанализаторов. В связи с этим возникает необходимость в разработке дополнительных методов анализа вибросигналов, не зависящих от условий работы агрегата и позволяющих более качественно оценивать информацию, получаемую в результате замеров вибрационных параметров дефектных агрегатов. Конструкцию центробежного насоса можно рассмотреть с позиции синергетики, изучающей поведение сложных систем, условия их устойчивости, природу неустойчивостей и эволюцию систем вдали от термодинамического равновесия. Методы синергетики, представляющие собой не что иное, как методы нелинейной физики, дают возможность описать процессы в сложных системах различной природы с помощью некоторых универсальных представлений и моделей. Использование элементов теории детерминированного хаоса в областях нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности в тех или иных аспектах отразилось в работах Мирзаджанзаде А.Х., Ишемгужина Е.И., Хасанова М.М., Смородовой О.В., Солодовникова Д.С. и др. Например, Солодовниковым Д.С. было показано, что для оценки технического состояния насосно-компрессорного оборудования возможно применение метода реконструированных фазовых портретов с использованием теории детерминированного хаоса для достоверного определения таких дефектов, как дисбаланс, несоосность валов, потеря жесткости опор. Эти предпосылки позволяют использовать метод построения фазовых портретов, основанный на теории детерминированного хаоса, для определения дефектов подшипников качения центробежных насосных агрегатов.

В связи с этим необходимо определить алгоритм для построения реконструированных фазовых портретов, характеризующих динамическое поведение ЦНА, непосредственно из самой амплитудно-временной характеристики вибросигналов, а также подобрать количественные характеристики для оценки фазовых портретов применительно к дефектам подшипников как узлов с повышенной вероятностью отказа.

Обследованию подвергались консольные насосы в общем количестве 430 единиц. Замеры производились в каждой точке насосного агрегата в горизонтальном, вертикальном и осевом направлении каждые 30 дней в течение года. Определение технического состояния по вибрационным параметрам производились как по содержанию

соответствующей информации в текущий момент времени, так и на основе анализа изменений ее во времени. Был произведен подбор наиболее оптимальных вибропараметров, способствующих выявлению различных видов дефектов. Производился сбор данных в виде спектров (определялось средне квадратичное значение виброскорости в диапазоне от 3 до 2500 Гц с числом линий в спектре 800 и 1600) и временных сигналов (регистрировался сигнал в режиме ускорения длительностью 160 м/с). Для получения стабильной картины результатов на одном и том же насосе измерения повторялись многократно, а результаты подвергались статистической обработке.

В качестве средства измерения был выбран прибор – спектроанализатор фирмы CSI-2120, который позволяет производить сбор, хранение и анализ спектральных данных с дальнейшей их передачей в базу данных MASTERTREND. Программа позволяет создавать цифровые полотна данных формы волны вибросигналов, необходимые для дальнейшей обработки при помощи методов детерминированного хаоса, в частности, создания фазовых портретов.

Литература

1. Повреждения подшипников / Подшипники. URL: <http://www.pkufa.ru/support/defects/> (дата обр. 2021).
2. Гончаров А., Гай В. Метод вибродиагностики подшипников качения // Информационные системы и технологии. НГТУ. 2015.

Исследование фазовых портретов с различными дефектами подшипников качения

Магистрант Путиловский В.А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Скойбеда А.Т.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В данной работе задача сводилась к построению фазовых портретов, характеризующих поведение системы. На основе амплитудно-временных сигналов «элементарных» искусственных сигналов, а затем и реальных сигналов виброускорения строились реконструированные аттракторы. Для этого временная последовательность разворачивалась в ряд наборов с последовательно возрастающими сдвигами (разностью фаз). Эти наборы и