

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Пономарев Я.И.

научный руководитель д-р техн. наук Федоренко В. В.

Северо-Кавказский федеральный университет

Наибольшую информацию о состоянии диагностируемого объекта несет вибрационный сигнал. Одна из основных задач вибрационной диагностики – распознавание технического состояния объекта, выявление причины повышенной вибрации и локализация дефекта. В настоящее время широкое распространение получили спектральный анализ, анализ огибающей, пик-фактор, эксцесс и т.д. Гораздо реже применяются корреляционный и кепстральный виды анализа. В зависимости от поставленных целей используются различные преобразования временного сигнала, позволяющие получить необходимую диагностическую информацию в удобном для интерпретации виде [1].

Перечень диагностируемого оборудования в нефтегазовой отрасли включает в себя газотурбинные установки компрессорного цеха компрессорной станции, электроцентробежные нагнетатели, используемые при компримировании газа, электродвигатели центробежных насосов при добыче нефти, центробежные насосные агрегаты при переработке нефти. Все это вращающееся оборудование, вибромониторингу и вибродиагностике в котором подвергаются элементы от подшипников до фундаментов.

Существуют различные виды визуализации виброакустического сигнала, более или менее применимые для выявления тех или иных дефектов.

Так для подшипников обычно используют спектр огибающей и спектр виброускорения. Информативность сигнала и достоверность диагностики повышается за счет визуализации положения центра сечения вала в различные моменты времени (рисунок 1), т.е. его вибросмещения в двух координатах. Однако применение этого метода визуализации затруднено вследствие специфических требований к виброанализаторам.

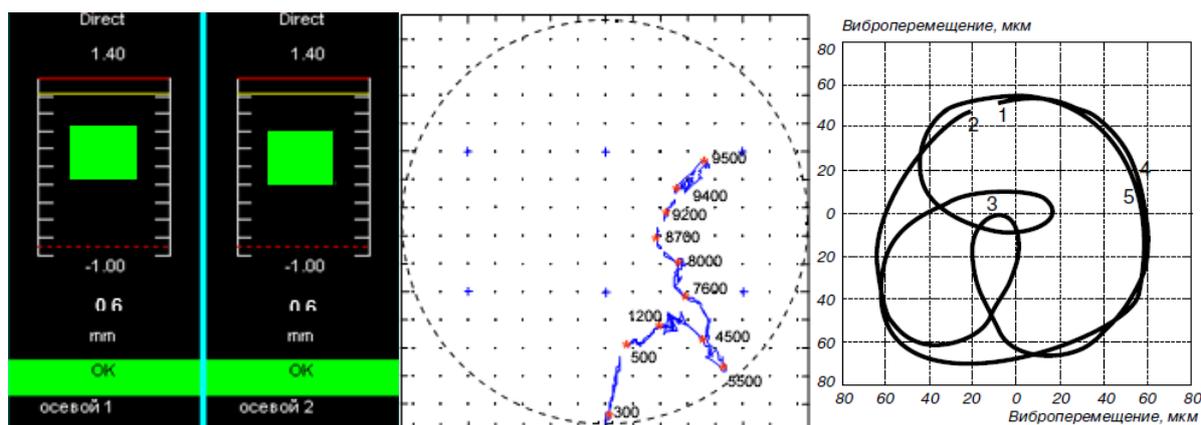


Рисунок 1. Визуализация положения центра сечения вала. Слева направо приведены: фрагмент рабочего экрана оператора системы «Bently Nevada 3500», график среднего положения линии оси вала в программной платформе System 1, орбита движения центра сечения вала при потере динамической устойчивости подшипника [1]

Классические спектры и, в меньшей степени, спектры огибающей визуально сложны для анализа по причине присутствия десятков гармоник основных частот

возбуждения, которыми классифицируется те или иные дефекты.

Аналогичная ситуация со временными развертками вибросигнала «амплитуда – время».

Для повышения информативности вибрационного сигнала и достоверности диагностики возможна его визуализация с применением метода фазовых портретов, суть которого состоит в преобразовании виброакустического сигнала, представленного функциями $S_y = f_y(t, \theta)$ и $S_x = f_x(t - \tau, \theta)$, в фигуру $\phi(u)$, соответствующей кривой второго порядка:

$$S_x(t) = f_x \left\{ f_y^{-1}(S_y) - \tau \right\}, \quad (1)$$

которая отображается на индикаторе (рисунок 2). Здесь $S_y(t)$ и $S_x(t)$ – реализации двух сигналов с временной задержкой τ между ними; θ – параметр технического состояния объекта.

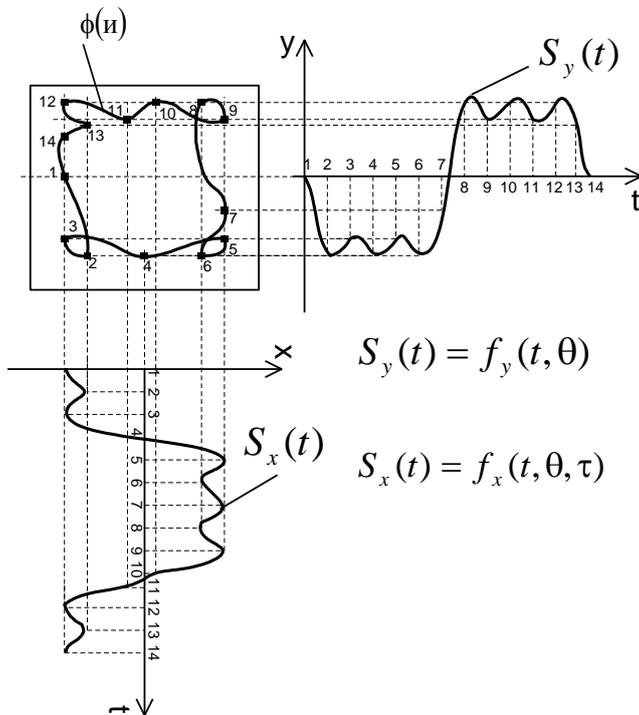


Рисунок 2. Иллюстрация процесса формирования фазового портрета

С использованием полигармонической модели колебаний роторных механизмов, для построения кривой второго порядка (1), были получены фазовые портреты некоторых дефектов электродвигателя погружного насоса (рисунок 3)[2].

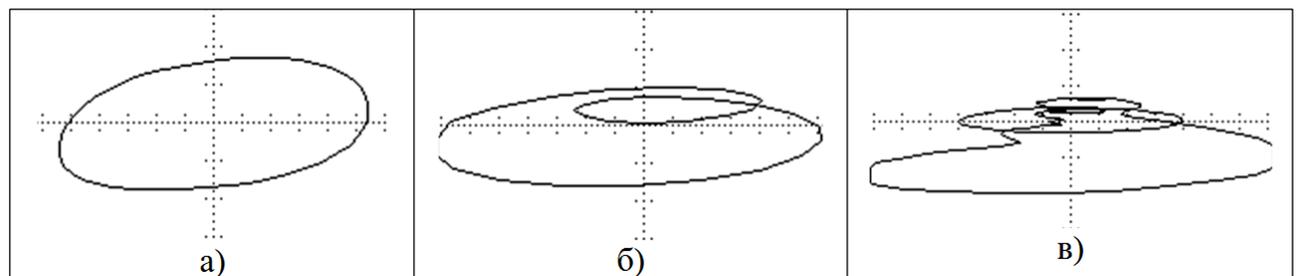


Рисунок 3. Фазовые портреты при диагностировании погружного электродвигателя с дефектами ротора: а) дисбаланс; б) расцентровка; в) задевания

Другой метод визуализации вибродиагностической информации представляет собой построение кривой в пространстве.

Трехмерная визуализация вибросигнала, поступающего от оборудования, опирается на один датчик, использование которого наиболее оправдано в частотном диапазоне определяемого дефекта. Из амплитудно-временного сигнала этого датчика, через операции интегрирования и дифференцирования получаются еще два сигнала. Так при однократном интегрировании сигнал, полученный с акселерометра, пропорционален скорости, при двойном интегрировании – смещению. Вид преобразования и, соответственно, частотный диапазон определяются характером исследуемых процессов. В низкочастотном диапазоне (0 – 500 Гц) колебательные процессы целесообразно измерять в режиме перемещения, в диапазоне средних частот (500 – 2000 Гц) – в режиме измерения скорости, в высокочастотном диапазоне (2 – 20 кГц и выше) – в режиме измерения ускорения[3].

В итоге, величины, пропорциональные вибросмещению, виброскорости и виброускорению в момент времени, определяют координату точки, принадлежащей замкнутой, вследствие периодичности процесса работы вращающегося оборудования, кривой, которая и визуализирует развитость того или иного дефекта. Сравнение форм кривой в различное время позволяет отслеживать процесс развития дефекта.

С использованием полигармонической модели колебаний роторных механизмов для построения кривой третьего порядка, были получены следующие изображения (рисунки 4 - 7), иллюстрирующие развитие дефекта элемента оборудования.

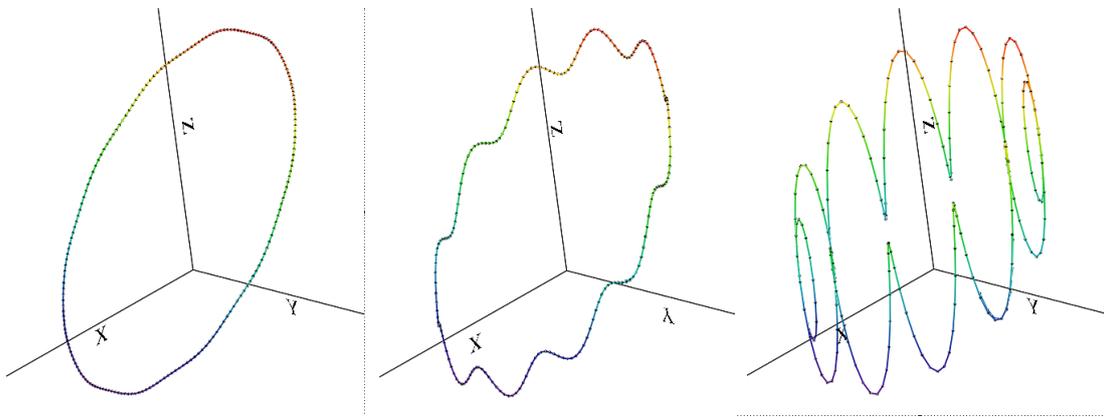


Рисунок 4. Иллюстрация развития дефекта внутренней дорожки подшипника качения

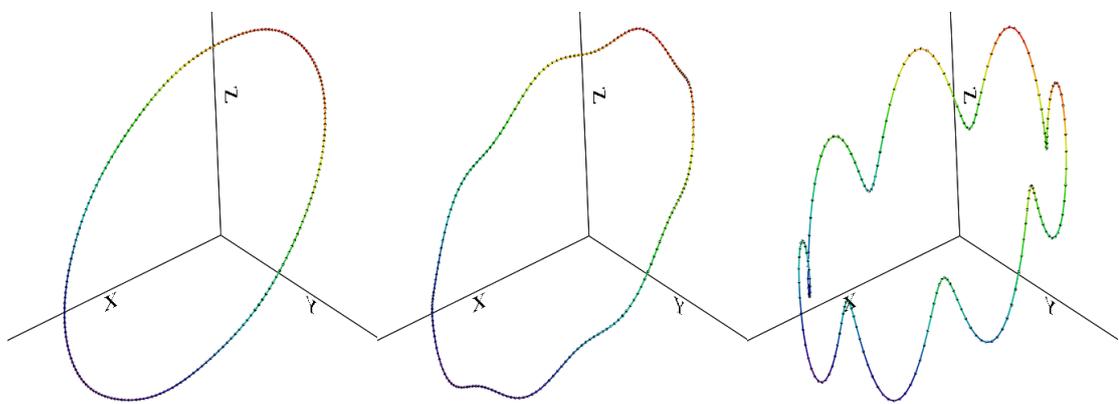


Рисунок 5. Иллюстрация развития дефекта внешней дорожки подшипника качения

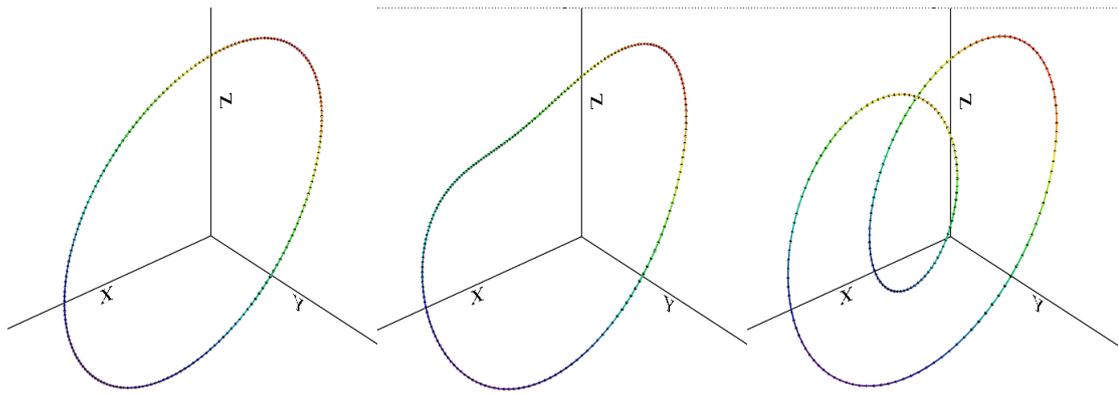


Рисунок 6. *Иллюстрация развития дефекта изгиба вала*

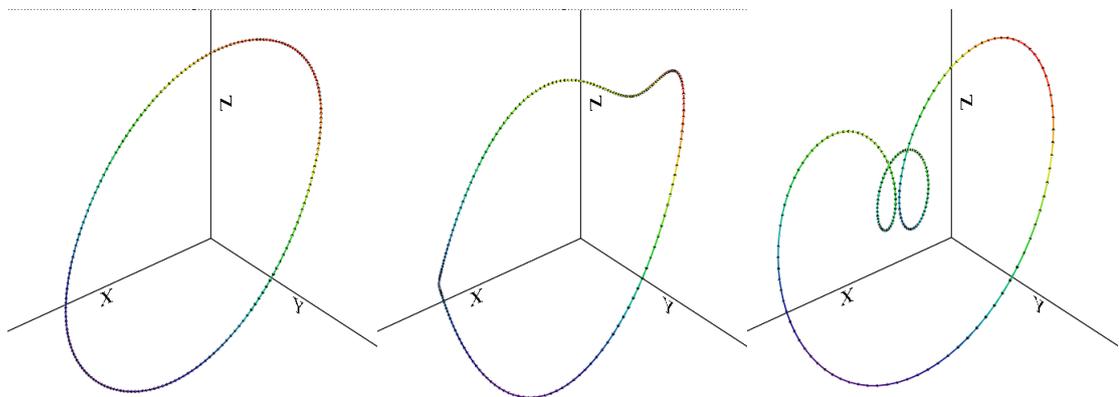


Рисунок 7. *Иллюстрация развития дефекта несоосности посадочного места подшипника*

Список используемой литературы

1. Диагностика оборудования по орбитам // Вибрационная диагностика. – 2006. – №2(4). – С. 34-35.
2. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
3. Федоренко В.В., Пономарев Я.И. Оценка погрешностей вибрационной диагностики вращающегося оборудования методом фазовых портретов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. - 2014. - № 3.
4. Выявление дефектов подшипников качения с помощью анализа вибрации Daniel Lynn, Manager, Training, Computational Systems, Inc. (CSI) / Пер. с англ. И.Р. Шейняк; Под ред. В.А. Смирнова. – www.vibration.ru
5. Костюков В.Н., Науменко А.П., Бойченко С.Н., Тарасов Е.В. Основы виброакустической диагностики машинного оборудования. – Омск: НПЦ «ДИНАМИКА», 2007. – 286 с.
6. Ивановский В.Н., Пекин С.С., Сабиров А.А. Установки погружных центробежных насосов для добычи нефти. – М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002. – 256 с.