

## Способ выделения информативных составляющих вибрационного сигнала методами межкомпонентной фазовой обработки

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Кечик Д. А.

Воробьев В. И. – с. н. с. НИЛ 5.3 НИЧ БГУИР к.т.н., доцент

Актуальность проблемы виброакустической диагностики диктуется необходимостью оперативного безразборного контроля технического состояния машин и механизмов на всех стадиях их использования. Во время эксплуатации оборудования проводится его плановый осмотр, требующий остановки производства и разборки всего оборудования или отдельных узлов. Не редки и выход из строя машин и механизмов. Всё это ведёт к простоям оборудования и персонала, перерывам в производстве. Наносимый этим ущерб настолько велик, что существует настоятельная необходимость систематического безразборного контроля представительных параметров технического состояния и анализа результатов диагностирования. Существует технология, известная под названием «эксплуатация и обслуживание по состоянию», которая призвана предупредить неожиданные поломки, обеспечить надежную работу механизмов и экономию средств. В такой технологии источником информации о техническом состоянии узлов машин и механизмов является виброакустический сигнал. Изменения его характеристик обуславливаются изменением технического состояния узлов, деталей, параметров регулировок и т. п.

В большинстве случаев виброакустическая диагностика проводится методами, основанными на спектральном анализе вибросигнала. Такие методы привлекают простотой и универсальностью. Однако в спектрах вибросигналов сложных механизмов часто затруднительно выделять нужные информативные составляющие. В сложной системе возможно одновременное развитие нескольких дефектов. Характер проявления дефектов в вибросигнале зависит от кинематической схемы и режима работы оборудования. Нестабильности частот, размывание отдельных составляющих, появление нелинейных и параметрических эффектов с развитием дефекта, и, как следствие, наличие в спектре множества высших и комбинационных составляющих, наличие механических резонансов, зашумлённость сигнала существенно усложняют формирование однозначного пространства диагностических признаков. Отделение информативных компонент от неинформативных, разделение составляющих, относящихся к разным дефектам узла или дефектам разных узлов являются сложными задачами. В тоже время, результат диагностики напрямую зависит от того, насколько успешно решена задача разделения сигнала вибрации на компоненты разной природы. Основные ошибки в использовании спектрального анализа огибающей вибрации связаны с тем, что многие средства анализа не предоставляют возможности предварительного разделения сигнала вибрации на составляющие различного происхождения.

В связи со сказанным предлагаемый способ обработки вибросигналов призван разделить сложный сигнал на ряды квазигармонических высших, комбинационных и модуляционных составляющих и обеспечить большую однозначность в выборе спектральных диагностических признаков. Метод основан на использовании того, что между гармониками, которые являются результатом нелинейного взаимодействия одной или нескольких квазигармонических составляющих, сохраняются детерминированные фазовые соотношения. Для анализа этих соотношений применены оценки линейных комбинаций полных фаз гармоник вибросигнала: фазовый инвариант (ФИ), В. А. Зверева [1], фазовый квазиинвариант (ФКИ) [2, 3] и бифаза [4, 5].

В докладе приведены теоретические обоснования применения методов межкомпонентной фазовой обработки сигналов для задачи обнаружения в сигнале рядов квазигармонических составляющих одной природы, выделения модуляционных компонент, разделения составляющих, частоты которых связаны рациональными отношениями по происхождению, результаты работы алгоритмов на моделированных сигналах, содержащих ряды квазигармонических составляющих разного происхождения и модуляционные компоненты.

Показано, что данные методы позволяют успешно решить задачу выделения рядов квазигармонических составляющих, имеющих общее происхождение, что позволяет выделить наборы информативных признаков из вибрационного сигнала для диагностики оборудования спектральными методами.

Список использованных источников:

1. Зверев В. А. Модуляционный метод измерения дисперсии ультразвука // Доклады Академии наук СССР, 1953, Том, № 4. –С.791-794.
2. Борисенко С. Ю., Воробьев И. В., Давыдов А. Г. Сравнение некоторых способов анализа фазовых соотношений между квазигармоническими составляющими речевых сигналов. / [radio-technica.ru/wp-content/uploads/.../Секция-АП-Акустика-речи.pdf](http://radio-technica.ru/wp-content/uploads/.../Секция-АП-Акустика-речи.pdf)
3. Воробьев В. И., Борисенко С. Ю. Методы межкомпонентной фазовой обработки спектральных составляющих нестационарных сигналов вибрации // XXVII сессия Российского акустического общества, посвящённая памяти учёных-акустиков – ФГУП «Крыловский государственный научный центр» А. В. Смольякова и В. И. Попкова. – Санкт-Петербург: 2014.
4. Бочков Г.Н., Горохов К.В. Способ синтеза биспектрально-организованных сигналов.// Письма в ЖТФ, 1995, Т.21, В.16, С.27-32.
5. Бочков Г.Н., Горохов К.В. Полиспектральный анализ и синтез сигналов: Учебно-методический материал, Нижний Новгород, 2007, 113 с.