

О РЕЗОНАНСНЫХ ЯВЛЕНИЯХ В МАЛОРАЗМЕРНЫХ ДЕТАЛЯХ

Осокин Ю.А.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Иногда только применение законов, присутствующих в интеллектуальных системах, позволяет правильно ориентироваться в сложном многомерном виртуальном пространстве. В частности, при анализе движения малоразмерных деталей с несколькими степенями свободы проявляются свойства, характерные закономерностям в интеллектуальной среде и которые, как правило, подчиняются определенным статистическим законам, например, закону Парето.

При анализе динамических свойств малоразмерных деталей рационально применить столь же малоразмерный излучатель энергии, способный привести в движение исследуемую деталь во всех ее степенях свободы. В диапазоне колебаний звукового и сверхзвукового диапазонов для этого удачно подходит пьезоэлектрический излучатель с мощностью до 100 мВт

Под действием энергии внешней волны деформируется участок сжатия Δx , который под действием силы N перемещается на расстояние Δl . Процесс деформирования также зависит от физико-технических и геометрических параметров характеризующих жесткость ES (E – модуль продольной упругости, ПА; S – сечение, m^2). То есть, от способностей сопротивляться деформированию. Предполагается, что процесс развивается в соответствии с теорией упругости, в основе которой:

$$\Delta x / \Delta l = N / (ES).$$

При этом масса вещества ($\Delta m = \rho v \Delta t$) сдвигается с фазовой скоростью волны в материале детали:

$$v = \Delta l / t = (E/\rho)^{1/2}.$$

где ρ – плотность материала.

С учетом объемной формы детали скорость волны в материале детали:

$$v = \Delta l / t = (E/\rho)^{1/2} k_v,$$

где k_v – коэффициент, зависящий от коэффициента Пуассона, характерный для данного материала детали. В металлах с коэффициентом Пуассона $\mu = 0,25 - 0,33$ скорость деформационной волны возрастает на 10 – 20 процентов.

Так как излучение составляет определенный спектральный интервал колебаний, то распространение волнового сигнала определяется энергией колебаний волновой груп-

пы с виртуально подвижным максимумом амплитуды.

Виртуально подвижный максимум амплитуды волновой группы, выявленный экспериментально показывает кочующие межрезонансные интервалы. В экспериментах величина межрезонансных интервалов изменялась от 90 до 1500 Гц, вплоть до 7800 на границе восприятия сигнала, где происходит существенное (5 – 10 кратное) ослабление сигнала источника излучения.

Интеллектуальные явления, как правило, подчиняются определенным статистическим законам, например, закону Парето. Суть этого закона заключается в том, что 80 процентов благ и доходов достается двадцати процентам из всех, кто хотел бы их получить.

Аналогичные закономерности неожиданно выявляются и в напряженной среде с упругими реакциями в пределах напряжений, в которых справедливы законы теории упругости. Это четко проявляется в экспериментах по выявлению резонансных реакций малоразмерных деталей в диапазоне внешних вынуждающих частот 60 дБ и более.

При трех степенях свободы механическое звено простейшей формы имеет сложный спектр частот. Поэтому интересно применение виртуальных схем при прогнозировании реальных процессов в фазах с характерными проявлениями резонансных свойств при движении, в частности, в субкритических фазах.

При исследованиях резонансных свойств малоразмерных деталей, применяемых в современном приборостроении следует учитывать множество факторов, включая форму, размеры, вид закрепления, физические свойства, характеризующие жесткость детали (например, модуль упругости E , момент инерции сечения J , длину L), массу m и другие факторы. Интерес представляет сбалансированная форма закрепления с выносом выступающих частей плоской детали слева и справа от точки опоры с тремя степенями свободы (две оси вращения и возможные вертикальные перемещения каждой точки детали). При заданной форме закрепления под действием внешних воздействий упруго деформируемая малоразмерная де-

таль должна гармонически вибрировать над точкой опоры, размахивая крыльями краев и излучать акустические волны с определенными частотами, зависимиыми от абсолютного значения частоты источника, вынуждающего данную деталь колебаться.

Результаты экспериментов показывают, что 80 процентов частотных интервалов располагаются в пределах диапазона, определяемого по формуле, содержащей пять параметров.

Остальные 20 процентов межрезонансных интервалов распределяются в более широких границах частот.

Формула, содержащая пять параметров, имеет вид:

$$F = (k^2 / L^2) (EJ/m)^{1/2}.$$

Данная формула виртуально похожа на формулу, описывающую резонансные свойства консольно закрепленной детали, имеющей одну степень свободы. Для экспериментальных опытов с деталью имеющей три степени свободы предложено принять половинное значение длины. То есть, виртуально предположить, что изгибающие моменты противоположных сторон детали по направлению взаимно встречны и по модулю одинаковы и моменты их действия одновременны. При этом должно произойти четырехкратное увеличение среднего значения собственной частоты.

В одном из вариантов при такой условно консольной форме закрепления с уравниванием массы по середине (по центру масс, совпадающем с центром тяжести сечения), резонансная частота должна была иметь значение 1000 Гц слева от центра и 1000 Гц – справа. Деталь имеет три степени свободы, при этом она может вращаться вокруг вертикальной оси.

Возникновение акустических звуковых сигналов фиксировалось с высокой точностью (до 0,1 %). Теоретическая оценка показывала возможность большого числа резонансных частот исследуемых образцов. Однако, точное определение интервалов между моментами возникновения резонансов затруднено из-за недостаточной определенности физико-технических параметров образцов. В целом вся картина возможных процессов представляла собой виртуальные комплекс частотных явлений, потому как ни один спектральный металлургический анализ не достаточной характеристики модуля упругости E , Па. В справочной литературе рекомен-

дуется для высококачественных стальных деталей, не боящихся упругих деформаций принимать величину E от 190 до 210 ГПа.

Анализ экспериментальных графиков показывает на сложность в описании величин интервалов между появлениями очередных всплесков резонансных колебаний. Так в сорочке двух случаях межрезонансные частотные интервалы имели такие разбросы:

до 200 Гц – 7 раз, до 435 Гц -16 раз, до 1055 Гц– 9 раз, до 1500 и более Гц – 10раз.

Анализ экспериментов показывает, что 80 процентов частотных интервалов заключаются в пределах 1000 Гц (в пределах теоретического значения собственной частоты), и 20 процентов резонансных случаев имеют более широкие интервалы.

Частота генератора гармонических синусоидальных колебаний изменялось при экспериментах от единиц Герц до 30 и более кГц. Ожидалось многократное по всей частотной оси возникновение резонансных явлений, характеризующихся различными собственными формами колебаний (различными модами).

В экспериментах использовался также лазерный диск диаметром $D = 104,5$, диаметр отверстия 21,7, толщина диска $h = 0,5$ мм.

Наличие широкого спектра резонансных явлений в малоразмерных деталях приборов с тремя степенями свободы показывает необходимость предъявлению высоких требований к проектированию малоразмерных деталей, в частности, применяющихся в микропроцессорной технике.

При этом следует учитывать характерные эффекты, заключающиеся в том что на определенных частотах (например, на экспериментальных частотах 3180 до 3240, от 4800 до 5300 Гц.) с малоразмерными деталями, может происходить раскачивание и вращение

Наличие упругих явлений в структуре механизма может приводить к раскачке и резонансным колебаниям не только звеньев, но и всего механизма в целом, что ограничивает функциональный диапазон работы приборных устройств и механизмов.

В резонансном спектре малоразмерных деталей с несколькими степенями свободы проявляются свойства, характерные закономерностям в интеллектуальной среде и которые, как правило, подчиняются определенным статистическим законам, например, закону Парето.