ВИРТУАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ ДВИЖЕНИЯ В КРИТИЧЕСКИХ ФАЗАХ

Ю. А. Осокин
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

Проблемой отечественного и зарубежного приборостроения (и машиностроения) является низкий динамический потолок движения механических устройств. Это значительно снижает производительность и ограничивает возможности электронных приборов, например, скоростных и высоко моментных приводов, приводов винчестеров.

В автоматических быстродействующих устройствах с идеальной балансировкой роторов и минимальными инерционными массами параметры движения могут быть контролируемы, но система выходит из реального подчинения. В подвижных сопряжениях становятся неопределенными (или устраняются) демпфирующие эффекты, характерные для традиционных узлов, в которых создается трение и соответствующее сопротивление движению.

Реальные фиксируемые характеристики динамических процессов, в том числе, передачи энергии движения формируются на основе внутренних процессов, которые можно представить только в виртуальной форме (рисунок 1).

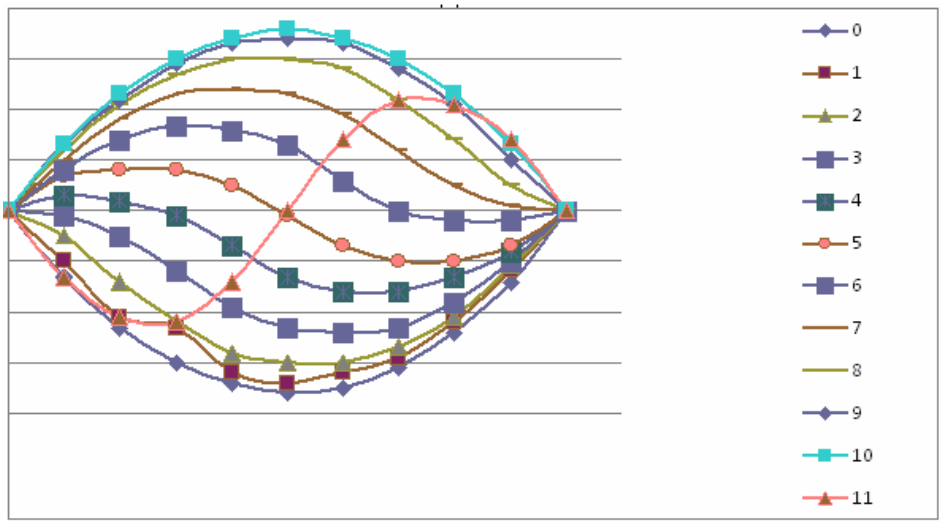

Рисунок 1 – Параметрические колебания при движении деформационной волны на участках от x =0 до x = L; 0, 1, 2, ...10 - скрытые перегруппировки колебаний 11 - результирующее внешне выраженное значение колебаний

Как правило, это комбинация волновых процессов и результирующих группировок эффектов, в которых участвуют многие гармоники различных измерений. При линейной зависимости проявляется принцип суперпозиции. В реальной среде при распространении волны меняют свою форму, фазовые соотношения гармоник меняются.

Искажение форм волны происходит в результате рассеяния энергии, дифракции. Для негармонических волн дифракция и рассеяние различны.

В нелинейной среде, при разных уровнях сопротивления возникают сложные композиции гармоник, в частности, солитоны.

Фазовая скорость группы волн при поперечном сечении потока H и амплитуде деформационного смещения h определится:

$$V = \left[\frac{g \cdot (H + h)}{2}\right]^{\frac{1}{2}}.$$

Верхняя и нижняя части волны движутся с разными скоростями, для осциллирующей

амплитуды характерна сильная дисперсия. Фазовая скорость в осциллирующем цуге[1]:

$$V = \left[\frac{g \cdot \lambda}{2\pi}\right]^{\frac{1}{2}}.$$

В группе волн из упруго связанных звеньев чем больше скорость, тем больше звеньев отклоняются от положения равновесия. Фазовое смещение звеньев зависит от их координаты x и скорости v:

$$\varphi(x,t) = 4arctg \cdot \exp\left[\pm\frac{\alpha(x-vt)}{\sqrt{1+\frac{v^2}{v_0^2}}}\right]^{\frac{1}{2}},$$

где α, v_0 – постоянные.

В реальных условиях можно сформировать движение цуга волн в виде колебаний. Например, с частотой продольных колебаний в режиме основного резонанса:

$$f = \frac{1}{2\delta\sqrt{\frac{E}{\rho}}},$$

где δ -толщина диска, М, Е - модуль продольной упругости (для титана бария Е = 110, для керамики ЦТС -19, 23 Е = 72 ГПа), ρ - удельная плотность (для титана бария ρ = 5,5 кг/м^2, для керамики 7,3 кг/м^2). При клеевом закреплении (эпоксидной смолой) резонансная частота снижается на 20 - 30 %. Если в пачке n импульсов, то длительность зондирующего импульса $t_s = n / f_p$. При этом, время распространения сигнала на участке 10 мм составит в среднем Т = 2 10^{-2} / 344 = 58 мкс. Погрешность определяется параметрами несущей частоты.

Теоретический анализ показывает, что для асимптотической устойчивости регулируемых высокоскоростных систем привода обеспечиваться при условиях [1]:

$$\Delta_k = T_0 \cdot (T_0 \cdot T_2 - k_0 k_1 T_1^2) > 0.$$

$$\frac{T_0 \cdot T_2}{k_0 k_1} - T_1^2 > 0.$$

где T_1 – постоянная времени основного рабочего механизма; T_2 – постоянная времени демпферного узла, создающего противодействующее, тормозное усилие, пропорциональное скорости движения основного узла; T_0, постоянная времени инерционного регулятора; k_1 , k_2 ,k_0 – соответствующие коэффициенты передачи.

Постоянная времени T_2, характеризующая динамику демпфирования приобретает практически нулевое значение. При этом движущаяся система входит в опасную субкритическую фазу.

Знак определителя в информативной матрице устойчивости может измениться на противоположный:

$$\Delta_k = T_0 \cdot (0 - k_0 k_1 T_1^2) < 0.$$

Механизму ничто не мешает выйти из подчинения. Система входит в субкритическую фазу, на грань устойчивости. Так как нет реальных противодействующих силовых факторов, обеспечивающих необходимое противостояние, возникают неуправляемые колебательные движения за пределами допустимого, система может пойти в разнос. Аналогичные явления происходят при неожиданном сбросе нагрузки в генераторах или выходе в разнос двигателя с сериесным возбуждением, в системах, в которых отсутствует или своевременно не срабатывает отрицательная обратная связь.

Это может произойти в случае, если при минимуме противодействующего тормозного воздействия параметр T_2 снизится до уровня:

$$T_2 = \frac{k_0 k_1 T_1^2}{T_0}.$$

Параметры T_2 и k_0k_1 существенно меньше, чем T_0.

При k_0k_1 =1, при произвольных значениях отношения $T_0 / T_1 = k_t$, в [3] приведены значения T_2. при k_t = 1, 2,…,10.

Виртуальные методы исследования помогают определенным образом сформировать картину и существенно повысить информативность происходящих процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров и др. - М.: Сов. Энциклопедия,1983.- 928 с.

2. Меркин Д. Р. Введение в теорию устойчивости движения. СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 304 с.

3. Осокин Ю.А. Об активной диагностике нештатных ситуаций.10-я Международн. научно-техн. конф."ИКИ-2009" Измерение, контроль, информатизация //, Барнаул, АлтГТУ, 2009, с. 154-155.

4. Осокин Ю.А. Интерактивно прогнозируемая динамика контроля пороговой дестабилизации. Измерение, контроль, информатизация: Материалы четвертой международной научно-технической конференции. / Под ред. А.Г.Якунина – Барнаул: АГТУ, 2003.- С.- 3-4.