XXXIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. Ч.V: С.111-112, 2005.

УДК 621.317

В.В.Канунников (6 курс, каф. ИИТ), В.Д.Мазин, д.т.н., проф.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОРИОЛИСОВА РАСХОДОМЕРА

Для измерения массового расхода в настоящее время все шире применяются кориолисовы расходомеры. Перспективной конструкцией является кориолисов расходомер с одним вибрирующим элементом (трубкой). Вибрация трубки происходит за счет возбуждающего генератора. Из-за поперечных изгибов трубки протекающая жидкость будет оказывать воздействие на ее стенки, которое выражается силами Кориолиса, пропорциональными расходу. Последние будут создавать разность фаз колебаний между различными участками трубы. Установив в соответствующих местах два датчика ускорений, можно измерить массовый расход жидкости, который пропорционален разности фаз сигналов этих датчиков.

На данный момент стоит задача измерения разности фаз сигналов с точностью 0.001 градуса. Уже само по себе построение схемы измерения разности фаз с такой точностью является нетривиальной задачей. Однако до этого необходимо обеспечить «чистоту» сигнала разности фаз. Очевидно, что для решения данной задачи необходимо провести исследования воздействия различных параметров системы и внешних факторов на указанный сигнал, т.е. построить математическую модель, отражающую эти воздействия.

Для построения математической модели необходимо рассмотреть колебания трубы. В большинстве случаев они могут быть рассмотрены как колебания стержня с разделенной плотностью, а также с учетом сил Кориолиса. Дифференциальное уравнение, описывающее колебания данной системы, не может быть решено в один прием, в связи с чем предлагается находить решение последовательными шагами.

На первом этапе рассматривается классическая задача свободных колебаний стержня. В результате ее решения находятся формы и собственные частоты колебаний.

На втором этапе в задачу вводится влияние сил Кориолиса. При этом сами силы рассматриваются как равномерно распределенная нагрузка на стержень.

Учитывая на третьем этапе возбуждающую силу, в результате получаем уравнение, характеризующее влияние параметров системы «жидкость–труба» и внешних факторов на колебательный процесс данной системы, т.е. математическую модель системы «жидкость–

$$y(x,t) = \frac{\varphi_3(x)\mu_{ж} v(\sin\omega_3 t - t\cos\omega_3 t)}{(\mu_m + \mu_{ж})} \int_0^{l} \varphi_3(x)\varphi_3(x)dx + \frac{\varphi_3(x)\varphi_3(\frac{l}{2})Q}{2\omega_3(\mu_m + \mu_{ж})} t\sin\omega_3 t$$

труба». Решение этого уравнения имеет вид:

где $\mu_т$ – погонная масса трубы; $\mu_ж$ – погонная масса жидкости; v – скорость потока жидкости; $\varphi_3(x)$ – уравнение третьей моды колебаний стержня; ω_3 – собственная частота третьей моды колебаний; Q – амплитуда возбуждающих колебаний.

С учетом параметров устанавливаемых датчиков находится математическая модель кориолисова расходомера. Такая модель может быть представлена входным вектором, определяющим влияющие параметры, и матрицей взаимодействий – аффинором, определяющим степень их влияния [1]. Координатами входного вектора являются: измеряемый расход, плотность и температура жидкости, модуль упругости и плотность материала трубы, ее диаметр и длина, инерционные массы, жесткости и степени успокоения датчиков ускорения, частота возбуждения, температура окружающей среды. Элементами аффинора являются произведения вида:

$$a_{ij} = \frac{\partial z_y}{\partial z_{xi}} \frac{\partial z_{xi}}{\partial z_{xj}},$$

где z_y – характеристика выходной величины, z_{xi} и z_{xj} – характеристики входных величин. Под характеристиками величин имеются в виду систематические или случайные их изменения. В общем элемент матрицы аффинора характеризует воздействие j-ой входной величины на i-ую и далее на выходную, учитывая возможную взаимозависимость всех входных величин.

Представленная модель является качественной основой для дальнейших исследований в области построения кориолисовых расходомеров данного типа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Masin W. Berechnete Fehlerbewertung fuer Sensoren, Messgeraete und Messkanaele // 44. Internat. wiss. Kolloquium der TU Ilmenau. Ilmenau, 1999. 140–145.