РАЗРАБОТКА СИСТЕМ НЕКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ МИКРОДВИЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Амбрушкевич А.Ю., Боровская О.О.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Цырельчук И.Н.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь
E-mail: alexei.ambrushkevich@gmail.com

Аннотация — Рассмотрена математическая модель пьезоакселерометрического преобразователя на основе астатического маятника, что подразумевает под собой разработку на её основе принципов построения информационно-измерительных систем.

1. Введение

В результате контроля физических величин, характеризующих состояние объекта контроля, посредством аналоговых измерительных преобразователей должен с высокой достоверностью обнаруживаться факт нахождения воспринимаемой величины внутри или вне заранее заданных границ.

В докладе рассматривается математическая модель пьезоакселерометрического преобразователя на основе астатического маятника.

2. Основная часть

Среди методов контроля механических колебаний упругой среды выделяются методы с использованием пьезоэлектрических преобразователей с инерционным элементом на упругом подвесе [1].

Среди всех типов преобразователей наименьшую массу имеют преобразователи ускорений (акселерометры), поскольку их резонансная частота находится выше рабочего диапазона частот. В сочетании с пьезоэлектрическими преобразователями схемы с астатическими маятником позволяют осуществить статическую разгрузку консольного пьезоэлемента, обеспечивают низкую собственную частоту колебательной системы, высокую чувствительность, ударопрочность и технологичность при небольшой массе маятника [2].

Схема астатического маятника изображена на рисунке 1.

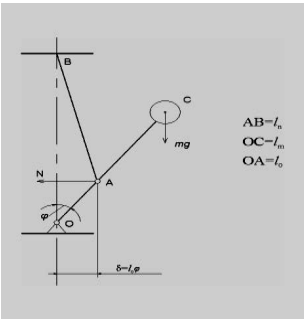

Рис. 1

Коэффициент угловой жёсткости пьезоэлемента C_φ зависит от формы, материала и размеров. Для пьезоэлемента, выполненного в виде прямоугольной консольной балки длиной l_n, шириной b и толщиной n он может быть определён из выражения:

$$C_\varphi \approx \frac{E \cdot n^3 \cdot b}{4 \cdot l_n},$$

где E — модуль упругости материала пьезоэлемента.

Уравнение движения инерционной массы маятника при гармонических поступательных перемещениях основания с амплитудой S_g и угловой частотой w_g в электромеханической системе без учёта трения, можно записать в следующим виде

$$I \cdot \varphi'' + C_{\varphi рез} \cdot \varphi = -m \cdot l_m \cdot S'' .$$

Решение этого уравнения для амплитуды вынужденных колебаний маятника φ_0 при установившимся синусоидальной вибрации имеет вид

$$\varphi_0 = \frac{m \cdot l_m \cdot \omega^2 \cdot S_g}{C_{\varphi рез} \cdot (1 - \frac{\omega^2}{\omega_g^2})}.$$

Для случая $\omega << \omega_0$ имеем

$$\varphi_0 = \frac{m \cdot l_m \cdot \omega^2 \cdot S_g}{C_{\varphi рез}} .$$

Зная φ_0, можно определить коэффициент преобразования пьезоакселерометра по максимальному значению относительной изгибной деформации пьезоэлемента ε_0, зависящей от величины прогиба δ консульной балки на её конце в точке *A*

$$\varepsilon_0 = 1{,}5 \cdot \frac{n}{l_n^2} \cdot \delta = 1{,}5 \cdot \frac{n}{l_n^2} \cdot l_0 \cdot \varphi_0 .$$

С учётом вышеприведённого формула коэффициента преобразования акселерометра имеет вид

$$K \approx K_0 \cdot \frac{6 \cdot m \cdot l_m}{E \cdot n^2 \cdot b} \cdot \frac{l_n}{l_0},$$

где K_0 — коэффициент механоэлектрического преобразования деформации пьезоэлемента в электрическом напряжении.

3. Заключение

Полученные выражения позволяют с достаточной для практики точностью рассчитать конструкцию реального преобразователя, построенного по предложенной модели.

4. Список литературы

[1] Виноградов Ю.Д. Электронные измерительные системы для контроля малых перемещений / Ю.Д. Виноградов, В.М. Машиностов, С.А. Розентул. — М.: Машиностроение, 1986. — 142 с.
[2] Пашков А.Н. Радиоизмерения: (Радиоизмерительные приборы и их поверка / А.Н. Пашков. — М.: Воениздат, 1980. — 240 с.

DEVELOPMENT OF THE NONCONTACT CONTROL SYSTEMS OF THE MICROMOTION BASED ON PIEZOELECTRIC CONVERTERS

Ambrushkevich A.U., Borovskaya O.O.
Scientific adviser: Tsyrelchuk I.N.
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Belarus

Abstract — A mathematical model of a piezoelectric accelerometer converter based on an astatic pendulum, is considered. The considered model is the basis for the development of principles of the designing of information measuring systems.