

Список информационных источников

1. CubeSat Design Specification Rev. 12. California State Polytechnic University

2. Костюченко Т.Г. САПР в приборостроении: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2009. - 156 с.

3. T-Flex анализ// Пособие по работе с системой. – АО «Топ Системы», Москва, 2009, Редакция 6.

4. Костюченко Т.Г. T-Flex Анализ. Статические прочностные расчеты конструкций. Методические указания по выполнению лабораторного практикума. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. - 31 с.

5. Костюченко Т.Г. T-Flex Анализ. Расчет собственных частот и форм колебаний конструкций. Методические указания по выполнению лабораторного практикума. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. - 21 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА В КОСМИЧЕСКОМ ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Бояхчян А.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент кафедры
точного приборостроения*

В настоящее время почти во всех областях измерения и анализа механических колебаний используются акселерометры. Одним из областей применения является космическое приборостроение, в частности акселерометры используются в системах инерциальной навигации для определения ускорения объекта и его угловых скоростей. Одними из таких акселерометров являются акселерометры, основанные на пьезокерамике. Преимущество пьезоэлектрических акселерометров в том, что они отличаются от других датчиков широкими рабочими частотным и динамическим диапазонами, линейными характеристиками, прочной конструкцией и долговременной стабильностью параметров [1].

Идеальным считался бы акселерометр с высокой чувствительностью, широким рабочим частотным диапазоном и минимальной массой. К сожалению, требование высокой чувствительности противоречит требованию малой собственной массы и возможно широкого частотного диапазона. По этой причине разрабатывается и выпускается богатый ассортимент акселерометров,

содержащий как универсальные датчики общего назначения, так и специальные акселерометры, рассчитанные на эксплуатацию в определенных областях и условиях окружающей среды [2]. Пример конструкции пьезоэлектрического акселерометра фирмы Брюль и Кьер показан на рисунке 1.

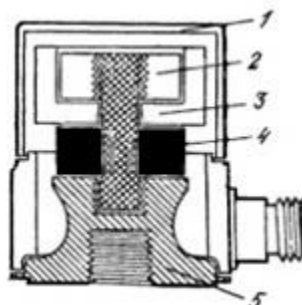


Рис. 1. Пьезоэлектрический акселерометр, работающий на сжатие
1 - кожух; 2 - гайка; 3 - масса; 4 - пьезоэлектрический элемент; 5 - основание

Пьезоэлемент пьезоакселерометров сконструирован таким образом, что при возбуждении механическими колебаниями масса, которая закреплена в корпусе акселерометра, воздействует на него силой, пропорциональной ускорению механических колебаний.

В данной работе рассмотрен вариант работы акселерометра на сжатие, при таком виде сжатия, масса воздействует силой сжатия на пьезоэлектрический элемент.

Подобные акселерометры обладают следующими преимуществами:

- Довольно высокая резонансная частота, так как при работе на сжатие она соответствует очень большой жесткости пьезоэлектрического элемента;
- Высокая прочность;
- Чувствительность к напряжениям, возникающим в основании;
- Чувствительность к пьезоэлектрическим эффектам, что требует использование средств для компенсации или изоляции в неблагоприятных условиях эксплуатации датчика.

В таблице 1 представлены основные виды пьезокерамики и их характеристики, которые используются для пьезоакселерометров. При разработке пьезоакселерометра первостепенной задачей является выбор пьезоматериала (данный материал обладает пьезоэлектрическими свойствами) для чувствительного элемента, который чаще всего представляет собой систему «инерционная масса - упругий элемент». В зависимости от конструкции пьезоакселерометра из пьезоматериала

изготавливается как весь чувствительный элемент, так и отдельные его части, чаще всего упругий элемент [3].

При выборе пьезоматериала следует учитывать температуру среды, в которой будет работать датчик, значения пьезоэлектрических коэффициентов d и g , диэлектрической проницаемости ϵ , модуля упругости E и плотности δ .

Таблица 1. Основные виды пьезокерамики и их характеристики

Пьезоэлектрик	Плотность ρ , кг/м ³	Скорость звука c , м/с	Диэлектрическая проницаемость, ϵ	Пьезомодуль d	Механическая добротность, Q_m
Кварц	2,6	5,47	4,5	2,31	$>10^4$
Дигридрофосфат аммония	1,8	3,25	15,3	24	$>10^2$
Сульфат лития	2,05	4,7	10,3	16,3	$>10^2$
Сегнетова соль	1,77	3,1	350	275	-
Сульфоидид сурьмы	5,2	1,5	2200	150	20
Ниобат лития	4,64	5,8	28,6	600	$<10^5$
Титанат бария ТБ-1	5,3	4,6	1500	45	400
Титанат бария-кальция ТБК-3	5,4	4,2	1180	100	450
Титана-цирконат свинца ЦТС-19	7,45	3,6	1725	100	50

Дальнейшая работа заключается в разработке акселерометра работающего на пьезокерамике, соответствующего следующим параметрам:

- Порог чувствительности: от $10^{-5} g$ до 10^{-4}
- Диапазон рабочих температур от $-55^\circ C$ до $+70 (125)^\circ C$
- Погрешности: основная погрешность не более $\pm 5\%$;
- Габариты: не более $26 \times 26 \times 26$ мм

Список информационных источников

1. Ж. Аш Датчики измерительных систем. Книга 2. систем. – Изд.: Москва «Мир», 1992. – 424 с.

2. Каталог продукции фирмы «Брюль и Кьер». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.istcgroup.com/pdf/bruel%20catalog.pdf>, свободный.

3. Бояхчян А. А., Шашев Д. В. Пьезоэлектрический акселерометр в космическом приборостроении. Сборник научных трудов III

Всероссийского форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 413 с.

4. В. Шарапов, М. Мусиенко, Е. Шарапова Пьезоэлектрические датчики. – Изд.: Москва «Техносфера», 2006. – 637 с.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ МИКРОДВИГАТЕЛЯ-МАХОВИКА

Буй Дык Бьен

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Мартемьянов В.М., к.т.н., доцент кафедры
точного приборостроения*

В работе представлены алгоритмы обработки полученных данных с запоминающего осциллографа для построения зависимости скорости вращения ротора двигателя от времени при использовании оптодатчика в качестве чувствительного элемента. В данном случае, оптодатчик при совершении одного оборота ротора двигателя дает один сигнал в виде низкого уровня напряжения. Скорость вращения ротора (об/с) определяется путем определения интервала времени между двумя соседними нулевыми значениями сигнала (рис. 1).

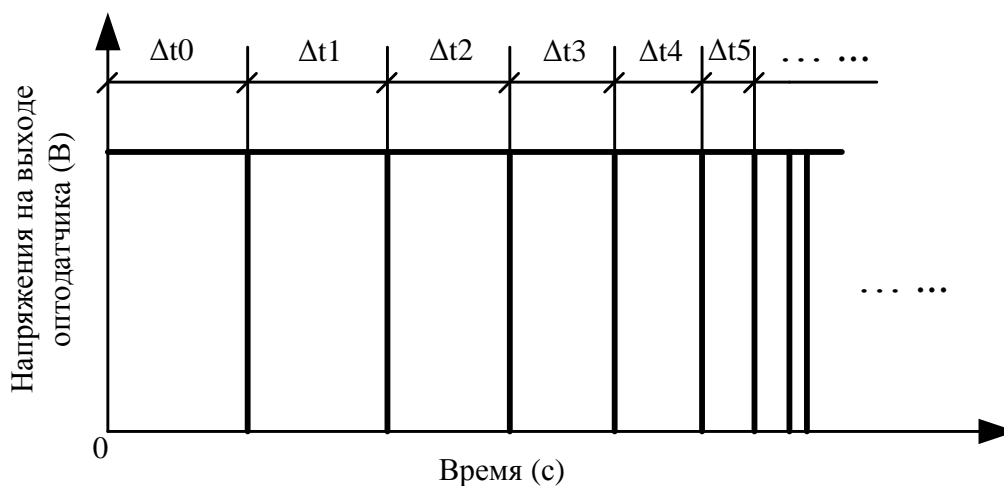


Рис. 1. Напряжение на выходе оптодатчика.

Скорость вращения ротора определяется по формуле:

$$\omega_i = \frac{1}{\Delta t_i}, (\text{об/с}) \quad (1)$$