

Кондрушин И.Е., Демидов А.А., Демидова У.А.
Научный руководитель: доцент каф. ФПМ, к.т.н. А.В. Астафьев
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
email: aademidov@list.ru

Обзор акселерометров для различных сфер применения

На данный момент акселерометры приняты к использованию для решения разного рода задач, таких как шагомер в фитнес браслетах, фиксация землетрясений в сейсмографах, подача информации о неестественных инертных нагрузках в видеорегистраторах для выделения столкновений в видеопотоке.

Целью работы является обзор современных акселерометров и анализ их применимости для построения информационных систем в различных сферах деятельности.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Разобрать что такое акселерометр, принцип работы.
2. Сформировать требования к акселерометрам для проведения сравнительного анализа.
3. Провести сравнительный анализ акселерометров различных назначений.

Акселерометр - устройство, используемое для измерения проекции кажущегося ускорения. Первые механические акселерометры состояли из пружины, которая растягивается массой при получении ускорения и демпфера, для гашения колебаний инерционной массы.

Хотя для акселерометров данный принцип является общим, повсеместно используются акселерометры трёх технологий:

1. Пьезоэлектрические акселерометры – чаще применяются в приложениях по тестированию и измерению. Их отличительной чертой является широкий рабочий диапазон частот, при этом различаются по чувствительности и габаритам. Данные акселерометры обладают зарядовым выходом или по напряжению.

2. Пьезорезистивные акселерометры – имеют более низкую чувствительность, что повлияло на сферу использования, как правило, они реже применяются для измерения вибраций, но чаще для измерения ударного ускорения. Так сферой их применения стали испытания на ударную прочность при столкновениях. Их амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) может начинаться от 0 Гц или оставаться неизменной – это позволяет производить измерения длительных сигналов.

3. Емкостные акселерометры – являются новейшими технологиями. Их АЧХ так же как и у пьезорезистивных может начинаться от 0 Гц. Обладают высокой чувствительностью и узкой полосой пропускания от 0 до 3 кГц, а так же хорошей температурной стабильностью. Их погрешность в диапазоне рабочих температур не превышает 1,5%. Данные акселерометры применяются для измерения низкочастотных вибраций, движений и установившегося ускорения. Если ось чувствительности таких акселерометров расположена параллельно земному притяжению, выходной сигнал будет регистрировать усилие в 1g (единица перегрузки, равная ускорению свободного падения в результате земного притяжения) это свойство позволяет использовать емкостные акселерометры для измерений центробежной силы или ускорений и замедлений подъемных устройств.

Исходя из этого, пьезоэлектрические акселерометры являются лучшим выбором для измерения вибраций, но могут использоваться и для измерения ударных ускорений низкого уровня (до 500 g), в свою очередь для измерения ударных ускорений большого уровня выбор падает на пьезорезистивные. Емкостные акселерометры за счёт своей чувствительности больше подходят для измерения фиксированного ускорения, низкочастотных вибраций или движения.

Формирование требований

Для проведения сравнительного анализа были выбраны в первую очередь параметры, непосредственно отвечающие за предоставляемые данные.

— Динамический диапазон – отвечает за максимальную амплитуду, измеряемую акселерометром. В таком случае для измерения ударных ускорений необходимо использовать акселерометры с большим динамическим диапазоном. Данный параметр указывается в количествах перегрузок g .

— Чувствительность датчика ускорения определяется как выходной сигнал, соответствующий ускорению в один g . Соответственно, для датчиков ускорения с аналоговым выходом это будет напряжение (mV/g), а для датчиков с цифровым выходом — это значение кода (LSB/g). Чувствительность зависит, прежде всего, от технологии производства. Помимо технологии, чувствительность определяется также пределом измерения ускорения, напряжением питания в аналоговых датчиках и разрядностью цифровой части — в цифровых

— Рабочая температура – температурный диапазон, при котором выходные данные акселерометра предоставляются с минимальными погрешностями.

— Погрешность - Инструментальные погрешности акселерометров определяются: 1) порогом чувствительности (обусловленным трением в подвесах) — минимальным сигналом на входе, при котором появляется сигнал на выходе; 2) нарушением линейной зависимости между входным и выходным сигналами; 3) гистерезисом в характеристиках упругих и других элементах; 4) температурной зависимостью параметров и характеристик акселерометра.. В лучших конструкциях акселерометров для инерциальных систем инструментальные погрешности доведены до 0,002%

— Частотный отклик – диапазон частот, в котором датчик обнаруживает движение и выдает действительный выходной сигнал. Частотный отклик обычно указан, так как диапазон измерения в Герцах ($Гц$).

Сравнительный анализ

Для проведения сравнительного анализа были взяты три акселерометра разных технологий

1. Пьезоэлектрический акселерометр ADXL345
2. Пьезорезистивный акселерометр ASC-76C1
3. Емкостный акселерометр MMA7361

1. ADXL345 — к его особенностям можно отнести функции детектирования и индикации событий: толчок; двойной толчок; свободное падение; наличие активности (ускорения), с выбором осей. Главным достоинством этого акселерометра является низкое энергопотребление с возможностью питания от батареек и доступность для покупки

2. ASC-76C1 - из-за небольшого веса и размера может использоваться на лёгких конструкциях, благодаря встроенным ограничителям перегрузки на чувствительном элементе, кремниевый чип устройства обладает высоким показателем ударопрочности. Ещё одним достоинством является отличная нелинейность в широком диапазоне частот.

3. MMA7361 – обладает функцией самотестирования, которая позволяет проверить механическую и электрическую целостность акселерометра во время эксплуатации; а также ратиометричностью (выходное напряжение и чувствительность будут линейно масштабироваться пропорционально напряжению питания), эта функция подавляет ошибки вызванные питанием на системном уровне.

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа акселерометров

Модель	Диапазон динамических измерений	Чувствительность	Рабочая температура	Погрешность	Частотный отклик	Цена
ADXL345	+2; +4; +8; +16g	230-282 LSB/g	-40°C to +85°C	$\leq 1\%$	400Гц	230р
ASC-76C1	500-2000g	0.4mV/g	-20°C to +80°C	$\leq 1\%$	2500Гц	
MMA7361	± 2 ; ± 6 ;	860 mV/g	-40°C to +85°C	$\leq 1\%$	400Гц	300р

Заключение

При проведении сравнительного анализа было выявлено что ADXL345 и MMA7361 подходят для использования в жёстких дисках для детекции свободного падения, шагомерах, телефонах для стабилизации изображений и навигации, робототехнике для ориентации. При

схожих характеристиках ММА7361 является более надёжным за счёт функции самотестирования.

ASC-76C1 из-за низкой чувствительности и высокой ударопрочности нашёл своё применение в краштестах для измерения ударных ускорений при столкновении

Литература

1. Astafiev A. V. Development of a Methodology for Positioning Small Scale Mechanization Tools at Industrial Enterprises for the Construction of Unmanned Product Movement Control Systems 2020 22th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA) (Moscow, Russia) pp. 1-6