

магнитометров может быть реализована магнитометрическая система ориентации. Если смартфон/планшет установлен на поверхности близкой к горизонтальной, то по сигналам магнитометров H_X и H_Y может быть однозначно определен азимут, т. е. угол между его осью Y и направлением на магнитный север. Азимут изменяется от 0 до 360° и отсчитывается от направления на магнитный север по часовой стрелке. Знаки сигналов магнитометров H_X и H_Y могут служить информацией о том, в каком квадранте находится ось продольная Y смартфона/планшета. Азимут смартфона может быть вычислен по следующей формуле [1]:

$$A = \begin{cases} -\frac{180}{\pi} \operatorname{arctg}\left(\frac{H_X}{H_Y}\right), & \text{если } H_X < 0, H_Y > 0, \\ 360 - \frac{180}{\pi} \operatorname{arctg}\left(\frac{H_X}{H_Y}\right), & \text{если } H_X > 0, H_Y > 0, \\ 180 - \frac{180}{\pi} \operatorname{arctg}\left(\frac{H_X}{H_Y}\right), & \text{если } H_Y < 0, \\ 90, & \text{если } H_X < 0, H_Y = 0, \\ 270, & \text{если } H_X > 0, H_Y = 0. \end{cases}$$

Для подтверждения работоспособности проводился эксперимент на планшетном компьютере. Результаты эксперимента приведены на рис. 1.

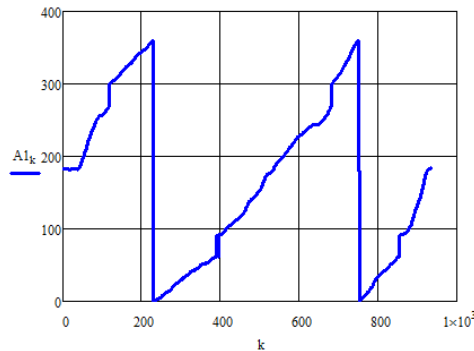


Рис. 1. Вычисление азимута по магнитометрам планшетного компьютера

Точность вычисления азимута составила несколько градусов, что приемлемо для использования в качестве пешеходного навигатора.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Литература

1. Матвеев, В. В. Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации на МЭМС-датчиках / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – 225 с.

УДК 531.383

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ НА БАЗЕ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА

Ассистент, мл. научный сотрудник Каликанов А. В.
Кандидат техн. наук, заведующий лабораторией Погорелов М. Г.
Тульский государственный университет, Тула, Россия

Информационно-измерительная система ориентации (ИИСО) бесплатформенного типа (определения углов курса, тангажа и крена) построенные на различных гироскопических датчиках, являются интеллектуальным ядром подвижных объектов (ПО).

Основные проблемы построения ИИСО для различных ПО заключаются в следующем.

Построение ИИСО на базе волоконно-оптических и лазерных гироскопов целесообразно только для подвижных объектов с длительным временем полета, так как в таких системах нет жестких ограничений по массогабаритным параметрам, но ключевым параметром является высокая точность. Применение же данных гироскопов для подвижных объектов малых габаритов и малого времени полета экономически не выгодно, так как их технология достаточно сложная и дорогостоящая. Построение ИИСО на базе MEMS-датчиков целесообразно для подвижных объектов с ограниченным временем полета, это связано с тем, что при потере сигналов от спутниковой навигационной системы (СНС) работоспособность данной системы будет определяться несколькими минутами. Причиной подобной ситуации является низкая точность первичных измерителей (дрейф большинства микро-механических гироскопов (ММГ) составляет порядка нескольких десятков градусов в час). Интегрирование угловых скоростей, выдаваемых гироскопами, приводит к нарастающей погрешности определяемых параметров ориентации. Коррекция параметров ориентации в этом случае осуществляется путем комплексирования системы ориентации на базе датчиков угловой скорости (ДУС) с акселерометрами, магнитометрами, пирометрами и т. д. Такой способ коррекции позволяет уменьшать либо систематическую, либо случайную составляющую погрешностей, но при этом остается существенная зависимость точности вырабатываемых параметров от динамики ПО. Построение ИИСО на базе механических трехстопных гироскопах заключается в наличие большого количества подвижных частей, что вносит дополнительные погрешности в работу системы. На сегодняшний день механические гироскопы достигли предела по точности, дальнейшее улучшение требует существенного удорожания технологии изготовления. Таким образом, существует некий разрыв между дорогостоящими высокоточными ИИСО и дешевыми низкоточными, что требует создание ИИСО среднего класса точности. Одним из наиболее перспективных приборов для построения ИИСО среднего класса точности – по размеру конструкции, себестоимости производства, отсутствия подвижных частей, являются волновые твердотельные гироскопы (ВТГ) с низкодобротным объемным резонатором из металла [1]. Простота и надежность ВТГ определяют его низкую себестоимость и относительно небольшие затраты ресурсов на осуществление и поддержку производства.

Цель работы. В данной работе проведено исследование по построению ИИСО на базе ВТГ с низкодобротным объемным резонатором из металла работающим, как в режиме датчика угловой скорости (ДУС) так и в режиме датчика угла (интегрирующего гироскопа).

Результаты работы. Показано, что при использовании ВТГ в режиме ДУС возможно реализовать ИИС ориентации неограниченного времени работы в отличие от ИИС ориентации на базе ВТГ в режиме датчика угла. Приведены результаты математического моделирования и экспериментальные исследования работы ИИС ориентации на базе ВТГ с низкодобротным объемным резонатором из металла.

Благодарности. Работа выполнена в рамках гранта ректора Тульского государственного университета для поддержки молодых ученых ПУ/23/ГРР от 01.03.2023.

Литература

1. Волновой твердотельный гироскоп с металлическим резонатором / В.Я. Распопов [и др.] / под ред. В. Я. Распопова. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – 189 с.

УДК 681

ФИЗИЧЕСКИЙ МАЯТНИК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ДИНАМИКИ КАЧАНИЙ ОТ НАГРУЗКИ

Магистрант Касьмин В. Ю.

Кандидат техн. наук, доцент Ризноокая Н. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Маятниковый метод измерения трения качения является одним из наиболее чувствительных методов исследования поверхности материалов. Применение этого метода для исследования физико-механических параметров поверхности материалов в области предварительных смещений сдерживается отсутствием методов и средств, позволяющих разделить механизмы трения качения, связанные с упругим гистерезисом материала (нагрузка).