

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>

URL статьи: mathmod.esrae.ru/39-144

Ссылка для цитирования этой статьи:

Пахомов Я.А., Никифоров А.А. Алгоритм повышения точности функционирования систем беспилотных летательных аппаратов // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2022. №3

УДК 53.088

DOI: 10.24412/2541-9269-2022-3-03-06

АЛГОРИТМ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Пахомов Я.А.¹, Никифоров А.А.¹

¹Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов

ALGORITHM FOR IMPROVING THE ACCURACY OF THE FUNCTIONING OF UNMANNED AERIAL VEHICLE SYSTEMS

Pakhomov Y.A.¹, Nikiforov A.A.¹

¹Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,
Saratov

Аннотация. Предложен новый комплексный подход к реализации алгоритма для программно-математического обеспечения на примере 3-х осевого МЕМС гироскопа, который основан на полиномах второго и более высоких порядков. В результате внедрения программы, реализующей предложенный алгоритм, достигается значительное повышение эффективности функционирования систем беспилотных летательных аппаратов. При этом, как показано в примере, погрешность нормализации в рабочем диапазоне входной угловой скорости и рабочих температур не превышает 1%.

Ключевые слова: алгоритм, точность функционирования, беспилотный летательный аппарат

Abstract. A new integrated approach to the implementation of an algorithm for software and mathematical support is proposed on the example of a 3-axis MEMS gyroscope, which is based on second and higher order polynomials. As a result of the implementation of the program implementing the proposed algorithm, a significant increase in the efficiency of the functioning of unmanned aerial vehicle systems is achieved. At the same time, as shown in the example, the normalization error in the operating range of the input angular velocity and operating temperatures does not exceed 1%.

Keywords: algorithm, operational accuracy, unmanned aerial vehicle

Введение. Современный этап развития приборостроения характеризуется активной разработкой новых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и внедрением в их конструкцию инновационных вычислительных и

измерительных систем [1-2]. Главным преимуществом БПЛА является наличие в конструкции различных интеллектуальных датчиков (микроконтроллеров), в состав которых входит программное и математическое обеспечение (ПМО), находящееся в памяти устройства (модуля управления). Такой подход позволяет реализовать различные алгоритмы обработки и коррекции измерительной информации, поступающей с первичного аналогового чувствительного элемента датчика на цифровой чувствительный элемент.

Описание алгоритма. Рассмотрим работу предложенного алгоритма на примере 3-х осевого МЭМС гироскопа и акселерометра, который состоит из двух основных частей: аналогового чувствительного элемента (аналоговой части) и микроконтроллера (цифровой части). В постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ) микроконтроллера содержится ПМО, что позволяет производить обработку результатов измерений МЭМС гироскопом без использования внешних вычислительных систем, что в нашем случае повышает универсальность и эффективность датчика, а также вычислительной и измерительной системы БПЛА. Кроме того, использование универсальных цифровых МЭМС гироскопов в БПЛА позволяет повысить общую системную надежность измерительного комплекса в нём, а также в котором они могут быть применены [3]. Функциональная схема алгоритма калибровки системы данных БПЛА представлена на рис. 1.

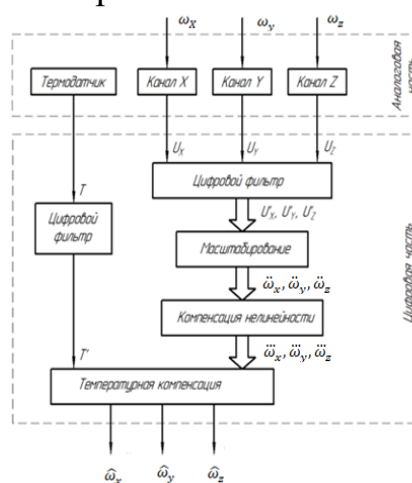


Рис.1. Функциональная схема алгоритма калибровки и результат его работы

В данном случае 3-х осевой МЭМС гироскоп с предложенным алгоритмом повышения точности системы функционирования БПЛА работает следующим образом:

Входная угловая скорость $\omega_{x,y,z}$ воздействует на чувствительный элемент по трем каналам аналоговой части МЭМС гироскопа, в результате чего преобразуется в выходное напряжение U_ω , пропорциональное измеряемой угловой скорости.

Выходное напряжение U_ω оцифровывается и обрабатывается цифровым фильтром, после чего масштабируется (умножается на масштабный

коэффициент), а также производится температурная компенсация и компенсация нелинейности с помощью полиномов 2-го и более высоких порядков, коэффициенты которых определяются при калибровке МЭМС гироскопа.

При изменении температуры датчика полученная оценка измеряемой угловой скорости $\hat{\omega}$ может существенно отличаться от входной угловой скорости ω . Зададим приближенную модель температурной ошибки МЭМС гироскопа:

$$\hat{\omega}'_T(\omega) = \log(\omega + 1) \quad (1)$$

где $\hat{\omega}'$ – оценка измеряемой угловой скорости с учетом модели ошибки; T – температура гироскопа.

Как видно из графика, представленного на рис.2, зависимости существенно расходятся, прогнозируемая амплитудная характеристика прибора имеет нелинейный характер.

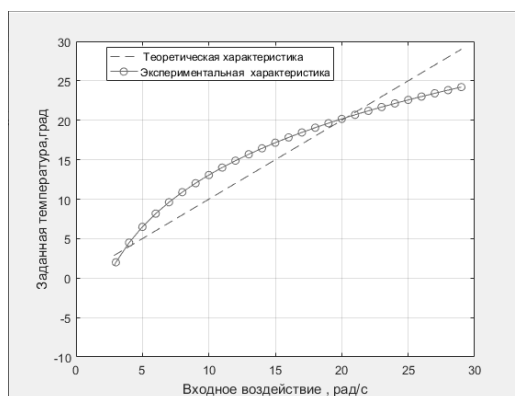


Рис.2. Температурная характеристика МЭМС гироскопа

Для подтверждения работы предложенного алгоритма ПМО проведем численную апробацию.

Получены следующие значения коэффициентов $a = 0.9605$; $b = 0.7508$; $c = 0.0205$.

Результаты нормализации представлены на рис. 3.

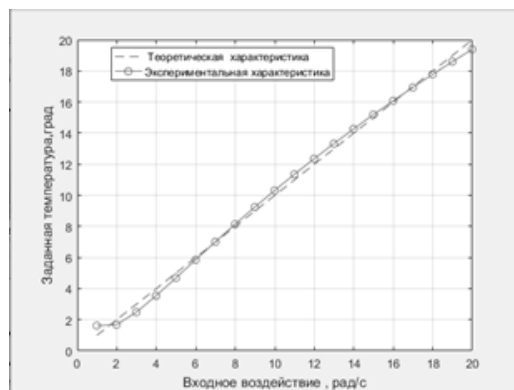


Рис.3. Результат нормализации

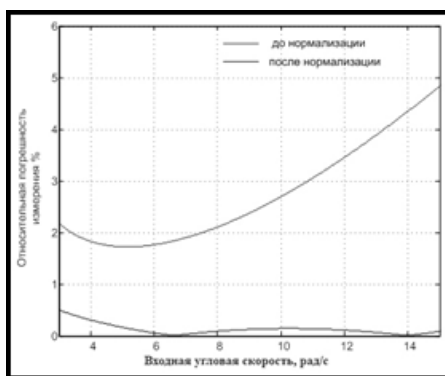


Рис.4. График относительной погрешности до и после нормализации

Относительная погрешность результата измерения гироскопа от входного воздействия определяется из соотношения:

$$\Delta\omega_n = \frac{\omega_n}{\omega} \cdot 100\% - 100, \quad (2)$$

Как видно из рисунка 3, кривые практически полностью совпадают, погрешность нормализации амплитудной характеристики при этом определяется по формуле (2) и не превышает 1 % соответственно алгоритм ПМО прошел проверку на работоспособность.

Заключение. В ходе проделанной работы разработан и теоретически апробирован новый комплексный алгоритм. Апробация показана на примере 3-х осевого МЕМС гироскопа и акселерометра, в результате достигнута высокая степень нормализации, погрешность нормализации при этом не превысила 1%.

Предложенный алгоритм прост в использовании и универсален, а также может быть применен при производстве различных типов датчиков и внедрения их в систему управления БПЛА.

Литература

1. Пальков Р.С., Кузнецов А.О., Нахов С.Ф., Проценко Е.В. Синтез математической модели измерительного канала акселерометра пьезоэлектрического типа // Труды ФГУП «НПЦАП». Системы и приборы управления. 2020.- №1. С. 36-45.
2. Компенсация нелинейности емкостного датчика перемещений с помощью уравнения Стейнхарта - Харта / А. О. Кузнецов, Р. С. Пальков, А. В. Пояркин // Труды ФГУП "НПЦАП". Системы и приборы управления. 2017. № 3. С. 78-82.
3. AlexGyver Technologies [Электронный ресурс]. URL: <https://alexgyver.ru/lessons/filters/>.