

5. Efimov A.Y., Gorkavyy M.A., Egorova V.P., Gorkavyy A.I. Optimization of technological parameters of robotized mechanical processing processes of aviation products // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. T. 200. С. 204-215. (дата обращения: 07.10.2022).

УДК 62-83-52

Семенецкий Иван Сергеевич, студент, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

Semenitsky Ivan Sergeevich, student of Sukhoi State Technical University of Gomel

Савельев Вадим Алексеевич, доцент, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

Supervisor: Savelyev Vadim Alexeyevich, Associate Professor, Sukhoi State Technical University of Gomel

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

UNMANNED AERIAL VEHICLE POSITION EVALUATION SYSTEM

Аннотация. В проекте поставлена цель создания модели БПЛА мультироторного типа (квадрокоптер) на базе микроконтроллера STM32F4 и датчика пространственного положения MPU6050 для лабораторно-исследовательского стенда. В ходе работы над проектом разработана функциональная и принципиальная схемы макетной платы полетного контроллера, получена программная реализация системы оценки положения БПЛА, использующая возможности цифрового процессора движения (DMP) датчика MPU6050.

Abstract. The aim of the project is to create a model of a multirotor UAV (quadcopter) based on STM32F4 microcontroller and spatial position sensor MPU6050 for the laboratory-research bench. During the work on the project a functional and circuit diagram of the flight controller breadboard was developed, the software implementation of the system of evaluation of the UAV position, using the capabilities of the digital motion processor (DMP) sensor MPU6050 was obtained.

Ключевые слова: беспилотное летательное средство, квадрокоптер, система стабилизации положения, гироскоп, акселерометр, MPU6050, STM32F4.

Key words: unmanned aerial vehicle, quadcopter, position stabilization system, gyroscope, accelerometer, MPU6050, STM32F4.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) применяются везде, где необходим обзор местности и мониторинг объектов с воздуха. Благодаря размещению различного оборудования на борту БПЛА, последние могут решать задачи получения тепловых карт, создания сложных изображений объекта, видеомониторинга объектов, инспекции качества воздуха и др. БПЛА помогают минимизировать риски для персонала, сократить издержки, оптимизировать работу предприятия и оперативно контролировать обстановку.

Основными достоинствами беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа являются:

- значительное снижение габаритных характеристик, что уменьшает стоимость по сравнению с традиционными летательными аппаратами;
- возможность создания БПЛА малых размеров, позволяющих выполнять различного рода задачи не доступных обычным летательным аппаратам;
- высокая мобильность и маневренность, небольшой вес аппарата;

- возможность загрузки дополнительного оборудования для решения поставленных задач;
- большая грузоподъемность, малая чувствительность к ветру;
- для обслуживания достаточно одного или двух операторов.

Таким образом, актуальной является задача подготовки специалистов в области разработки аппаратных и программных средств БПЛА. Для успешного решения этой задачи необходимо разработать лабораторно-исследовательский стенд, позволяющий изучать режимы работы БПЛА на действующей модели.

В рассматриваемом проекте поставлена цель создания модели БПЛА мультироторного типа (квадрокоптер) на базе микроконтроллера STM32F407 [1] и датчика пространственного положения MPU6050 [2] с целью дальнейшего использования в составе учебно-исследовательского стенда.

В ходе работы над проектом разработана функциональная схема БПЛА мультироторного типа (рисунок 1). Основными узлами схемы являются:

- микроконтроллер STM32F407, на базе которого реализована схема захвата сигналов управления, система ПИД-регуляторов, блок формирования ШИМ-сигналов управления (миксер);
- датчик пространственного положения MPU6050, объединяющий гироскоп, акселерометр и цифровой процессор движения (Digital Motion Processor – DMP).

Кроме того, на схеме показаны:

- передатчик радиосигнала управления;
- приёмник радиосигнала управления;
- блок регуляторов, выполняющий роль силового преобразователя для управления двигателями;
- модуль bluetooth, необходимый для дистанционного мониторинга параметров БПЛА;
- ЖК-дисплей, используемый для визуализации параметров настройки БПЛА.

Примененный в проекте микроконтроллер семейства STM32F4, дает следующие преимущества:

- наличие четырёхканальных таймеров с 32-битными регистрами счёта позволяет легко организовать захват сигналов управления с приемника радиосигнала и передавать их на блок ПИД-регуляторов БПЛА;
- наличие модуля прямого доступа к памяти (DMA) позволяет разгрузить микропроцессор от операций распределения данных в памяти, что, в свою очередь, позволяет использовать свободное время процессора для обработки данных с других датчиков;
- микроконтроллер STM32F407 может работать на частоте до 168 МГц, что позволяет ему выполнять вычисления намного быстрее конкурирующих микроконтроллеров;
- на борту микроконтроллера STM32F407 имеется большое количество интерфейсов связи, что позволяет подключить все необходимые датчики.

Для стабилизации положения БПЛА в пространстве использован датчик MPU6050 содержащий на борту 3-х осевой акселерометр и 3-х осевой гироскоп. Кроме того, MPU6050 содержит цифровой процессор движения (Digital Motion Processor – DMP), который позволяет обрабатывать данные, получаемые от гироскопа и акселерометра, и формировать на выходе как отфильтрованные значения угловых ускорений и векторов силы тяжести, так и значения кватернионов положения объекта. Это позволяет снять с микроконтроллера значительную часть вычислительной нагрузки, необходимой для фильтрации данных приходящих от датчика, с помощью программных алгоритмов фильтрации Махони или Маджвика [3].

Датчик MPU6050 передает данные по интерфейсу I2C на частоте 400 кГц. Данные, поступающие от MPU6050, обрабатываются микроконтроллером по внешнему прерыванию, приходящему от датчика. В качестве примера на рисунке 2 приведена диаграмма изменения угла наклона по оси тангажа, полученная с датчика MPU6050.

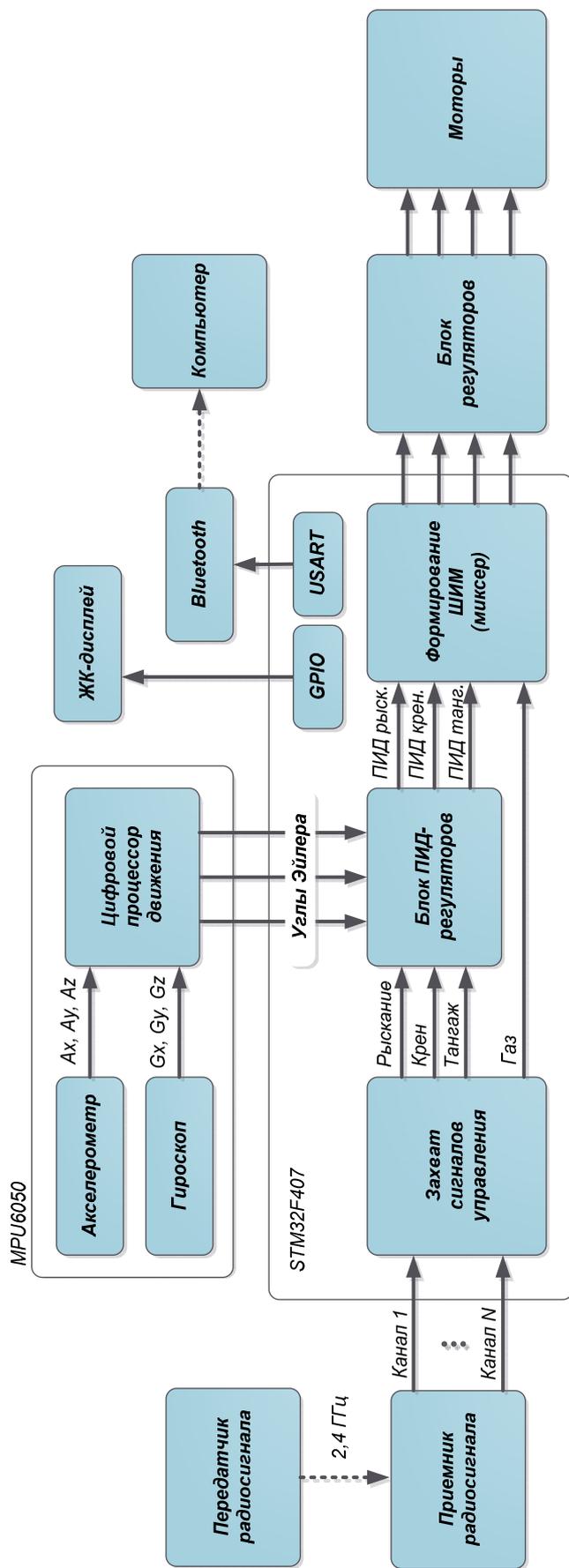


Рисунок 1 – Функциональная схема БПЛА мультироторного типа

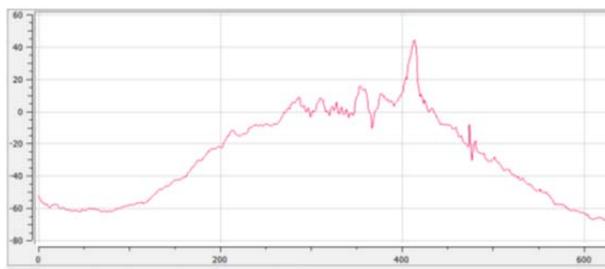


Рисунок 2 – Диаграмма изменения угла наклона по оси тангажа

Таким образом, задача микроконтроллера сводится к расчёту углов наклона БПЛА на основе значений кватернионов, получаемых от MPU6050, расчёту ПИД-регуляторов и формированию ШИМ сигналов на каждый из четырех моторов БПЛА.

В ходе дальнейшей работы над проектом планируется реализовать систему стендовых исследований БПЛА, которая будет включать:

- исследования характеристик винтомоторной группы;
- исследования диапазона управления БПЛА, возможные способы его увеличения;
- исследования различных протоколов передачи сигналов управления моторами, таких как IBUS или SBUS;
- исследования альтернативных способов управления БПЛА, например, с использованием GPS, с целью реализации передвижения БПЛА по заданной системе координат с возможностью распознавания препятствий, удержания высоты и автоматической посадки.

Также планируется реализовать удалённую отладку БПЛА, для более удобного варианта работы с прошивкой БПЛА.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. STM32F407/417 [Электронный ресурс]: www.st.com. URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f407-417.html> (дата обращения: 01.12.2022)
2. Анализ данных MPU6050 [Электронный ресурс]: Русские Блоги. URL: <https://russianblogs.com/article/6012840510/> (дата обращения: 01.12.2022)
3. Sebastian O.H. Madgwick. An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays. URL: https://x-io.co.uk/downloads/madgwick_internal_report.pdf (дата обращения: 01.12.2022)

УДК 621.313

Свиридович Иван Валерьевич, студент, Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого

Sviridovich Ivan Valerievich, student of Sukhoi State Technical University of Gomel.

Логвин Владимир Васильевич, доцент, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

Logvin Vladimir Vasilyevich, Associate Professor, Sukhoi State Technical University of Gomel

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

ENERGY-SAVING ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE OF OSCILLATING MOTION

Аннотация. Цель данной разработки, экономия электроэнергии в электроприводе колебательного движения. В данной работе предлагается вместо маятника или дисбаланса использовать электропривод с возможностью рекуперации энергии в сеть. Тогда на