

УДК 62-50:621.398

П.В. Варзаносов, Е.М. Солодкий

P.V. Varzanosov, E.M. Solodkiy

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

ОДНОКООРДИНАТНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ПЛАТФОРМЫ НА БАЗЕ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ В МИКРОШАГОВОМ РЕЖИМЕ

STABILIZATION OF THE ONE-COORDINATE PLATFORM BASED ON STEPPER MOTOR IN MICROSTEPPING MODE

Рассмотрена система стабилизации однокоординатной платформы на базе шагового двигателя. При создании установки были изучены и выбраны компоненты, удовлетворяющие требованиям стабилизации. При реализации платформы использовались МЭМС-датчики, позволяющие уменьшить вес системы и тем самым увеличить время автономной работы.

Ключевые слова: однокоординатная стабилизация, шаговый двигатель, МЭМС-датчики, квадрокоптеры.

Consider creating one-coordinate system stabilization platforms based on stepper motor. When creating the installation have been studied and selected components that meet the requirements of stabilization. With the implementation of the platform used MEMS-sensors to reduce the weight of the system and thereby increase battery life.

Keywords: one-coordinate stabilization, stepper motor, MEMS-sensors, quadcopters.

В настоящее время в гражданской сфере набирают популярность радиоуправляемые летательные аппараты (мультикоптеры), а в военной становится перспективным использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Частный случай мультикоптеров – квадрокоптеры, которые используются при наблюдении за природой, съемке репортажей, доставке пиццы, охране правопорядка и др. Возрастающее желание использовать квадрокоптеры обусловлено их экологичностью, компактностью, бесшумностью. Конструкции радиоуправляемых летательных аппаратов не имеют устойчивости к внешним воздействиям, и при полете возникает задача стабилизации БПЛА по трем углам относительно его центра: крену, тангажу и рысканию (рис. 1). Однако скорости реакции человека не достаточно для эффективной стабилизации, поэтому на практике используются системы автоматической стаби-

лизации на основе показаний микроэлектромеханических датчиков, таких как акселерометры и гироскопы. Поскольку задачи стабилизации по трем углам можно считать независимыми, было решено рассмотреть систему стабилизации платформы по одной координате – тангажу. Поможет смоделировать поведение летательного аппарата при внешнем воздействии по одной оси установка, представленная на рис. 2.



Рис. 1. Основные оси вращения самолета в пространстве

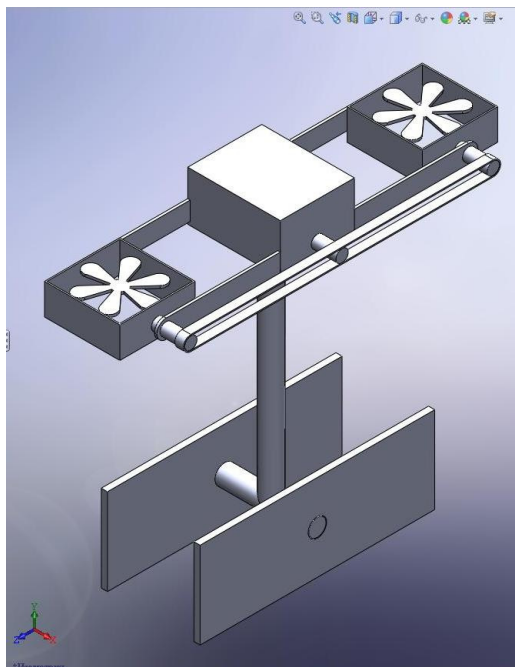


Рис. 2. Установка стабилизации платформы

Дадим описание работы установки и ее компонентов.

Стабилизация платформы происходит с помощью двух кулеров, которые отклоняются в противоположную от направления воздействия сторону. Поворот кулеров производится шаговым двигателем с помощью ременной передачи. Угол, на который нужно повернуть кулеры, определяется на основе показателей МЭМС-датчиков.

В состав платформы включены отладочная плата STM32F3 Discovery, биполярный шаговый двигатель 1704HS180AW, драйвер двигателя MP8855, два кулера.

STM32F3 Discovery – отладочный набор для разработки и отладки приложений на микроконтроллерах семейства STM32F3. В состав набора входит высокоинтегрированная отладочная плата с богатой периферией, включая МЭМС-датчики: гироскоп (L3GD20) и совмещенное решение – акселерометр с компасом (LSM303DLHC). Помимо МЭМС-датчиков, на плате расположены порт USB, пользовательские светодиоды, кнопки и – что самое важное – встроенный отладчик-программатор ST-LINK/V2 [1].

Для управления шаговым двигателем необходим драйвер. В данном случае был выбран драйвер MP8855, позволяющий управлять одним биполярным двигателем. Драйвер двигателя построен на базе микросхемы DRV8825 [2].

Необходимость использования двигателя в микрошаговом режиме обусловлена тем, что только при меньшем угле шага двигатель способен обеспечить более точное позиционирование. Работа двигателя в микрошаговом режиме также обеспечивает меньшие вибрации и относительную бесшумность (рис. 3).

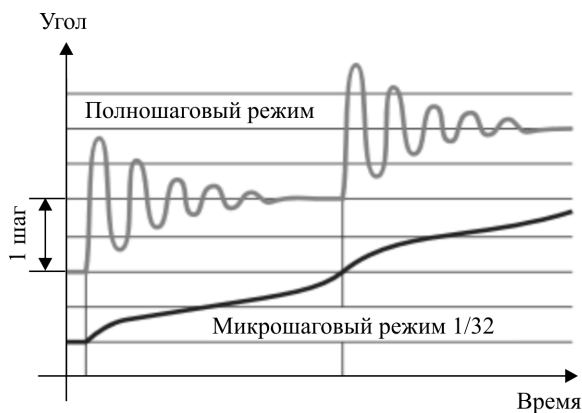


Рис. 3. Перемещение ротора в полношаговом и микрошаговом режимах

Для определения угла отклонения нам необходимы два микроэлектромеханических датчика, установленных на отладочной плате STM32F3 Discovery: гироскоп и акселерометр.

Трехосевой акселерометр – это прибор, измеряющий проекцию ускорения на все три перпендикулярные друг другу оси. В своих показаниях он также учитывает ускорение свободного падения. Поскольку акселерометр имеет довольно высокий уровень шума сигнала и чувствителен к вибрации, сигнал нужно фильтровать. Был выбран упрощенный фильтр Калмана, описываемый формулой

$$\text{Kalman}(x_n) = y_n = Kx_n + (1 - K)y_{n-1},$$

где x_n – входной сигнал; y_n – выходной сигнал; K – параметрический коэффициент.

Трехосевой гироскоп – прибор, измеряющий проекцию угловой скорости на три перпендикулярные друг другу оси. Так как для решения задачи стабилизации нам нужен угол, необходимо проинтегрировать по времени сигнал гироскопа. Точное интегрирование дискретного сигнала на практике невозможно, потому что угол, полученный с гироскопа, со временем будет расходиться с реальным, поэтому для коррекции значений вычисленного угла используется акселерометр.

В теории возможно получение значения угла по показаниям акселерометра, приняв ускорение установки малым по сравнению с ускорением свободного падения. Однако практика показывает, что собственный шум акселерометра и вибрации от вращения винтов кулера не позволяют определять угол с нужной точностью, а при использовании фильтров появляется задержка показаний датчика и теряется информация о сравнительно небольших изменениях угла. Таким образом, только система, состоящая и из гироскопа, и из акселерометра, отлично решает задачу восстановления угла.

Для представления поворотов целесообразно использовать кватернионы. При вычислении этих значений используются формулы, приведенные в работе [3]. Чтобы получить углы по имеющемуся кватерниону, используются формулы из работы [4].

После получения угла отклонения необходимо провести стабилизацию платформы путем поворота кулеров в противоположную сторону на угол, немного больший, чем угол отклонения. Для этих целей можно использовать стандартный ПИД-регулятор.

В качестве платформы для реализации программы управления была выбрана MexBIOS Development Studio, идеально подходящая для платы STM32F3 Discovery.

MexBIOS – программная платформа для создания программного обеспечения микроконтроллеров. Поддерживаются следующие способы разработки программного обеспечения:

- написание процедур и функций на языке Си;

- программирование функциональными блок-диаграммами;
- программирование блок-схемами;
- автоматное программирование;
- событийное программирование.

В связи с тем что часть установки, включающая в себя отладочную плату, не будет совершать больших перемещений, а также ввиду того что аккумулятор увеличит вес системы и ее стоимость, было решено питать установку от интерфейса USB.

Представленная установка реализует систему однокоординатной стабилизации платформы с помощью шагового двигателя в микрошаговом режиме. Систему стабилизации по двум координатам можно получить, добавив к нашей системе аналогичную, смещенную в плоскости на 90°. Значительное преимущество данной системы заключается в использовании отладочной платы STM32F3 Discovery, включающей в себя МЭМС-датчики, использование которых значительно уменьшает размеры и вес системы. Уменьшение веса радиоуправляемого летательного аппарата увеличивает время автономной работы, что ведет к экономической эффективности.

Список литературы

1. Отладочная плата семейства Discovery на базе МК STM32F3 (Cortex-M4) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.chipdip.ru/product/stm32f3discovery> (дата обращения: 10.05.2016).
2. Драйвер шагового двигателя DRV8825 [Электронный ресурс]. – URL: <http://masterkit.ru/shop/3d/electronic/1352135> (дата обращения: 05.05.2016).
3. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / под ред. В.Я. Распопова. – СПб., 2009.
4. Самойлов А.С., Дыдычкин Д.А. Стабилизация квадрокоптера по крену и тангажу под управлением системы Linux [Электронный ресурс]. – URL: <file:///C:/Users/Downloads/344-Samoylov-report.pdf> (дата обращения: 03.05.2016).

Получено 14.09.2016

Варзаносов Павел Викторович – студент, электротехнический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: varzanosovp@mail.ru.

Солодкий Евгений Михайлович – инженер кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации», электротехнический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: wsl00@gmail.com.