

РАЗРАБОТКА И КАЛИБРОВКА МОДУЛЯ ОРИЕНТАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ НАНОСПУТНИКА

В. Е. Евчик, П. В. Самонов

Белорусский государственный университет, г. Минск;
slava97evev@gmail.com , samcuk95@gmail.com
науч. рук. – А. А. Спиридонов, старший преподаватель

Рассматривается разработка модуля ориентации и стабилизации нано спутника, способы калибровки датчиков ориентации и управления токами электромагнитных катушек.

Ключевые слова: нано спутник; система ориентации и стабилизации; датчики ориентации; электромагнитные катушки.

В разрабатываемой модели модуля ориентации и стабилизации активной частью системы являются электромагнитные катушки. На это и будем опираться при разработке остальной системы. Для начала мы создали структурную схему модуля ориентации и стабилизации (Рис. 1).



Рис. 1. Структурная схема модуля ориентации и стабилизации МКА

На данной схеме обработчик данных, представленный платой ArduinoMEGA 2560, предназначен для обработки получаемых данных, применения к ним калибровочных коэффициентов и смещениях нуля (о них чуть позже). Основой активной системы стабилизации в нашей системе является 3 электромагнитных катушки с диаметром витков 1 см и их общим количеством 150 витков на 1 катушку. Для управления токами в катушках был выбран драйвер а3953. Данная микросхема основана на Н-мосте, что позволяет пускать токи на катушки в любом направлении.

Используя не полностью готовый модуль питания, состоящий из 4 аккумуляторных батарей напряжением в 3,7 В каждая и ёмкостью в 2100 мА·ч и преобразователя, мы добились установления на катушках напряжения в 12 В и тока в 200 мА, что по результатам расчётов показа-

ло, что наши катушки выдают $9,424 \text{ мА} \cdot \text{м}^2$. Данная цифра не очень велика, но позже будет увеличена за счёт добавления к катушкам сердечника из неодимовых магнитов.

Для датчиков ориентации малого космического аппарата (МКА) используются: гироскоп и акселерометр, представленные микросхемой MPU-6050 GY-521, магнитометр HMC5883L GY-273, и шесть датчиков освещённости BH1750 GY-30, расположенные на 6 гранях МКА. Однако такие микросхемы требуют серьёзной подготовки. Требуется провести калибровку каждого датчика, найти у них смещение нуля и калибровочные коэффициенты и матрицы.

Датчики освещённости BH1750 GY-30 будем располагать по одному на центрах граней МКА для полного покрытия небесной сферы. Исходя из такого расположения датчиков, на солнечной стороне одновременно будет находиться не более 3 датчиков (Рис. 2).

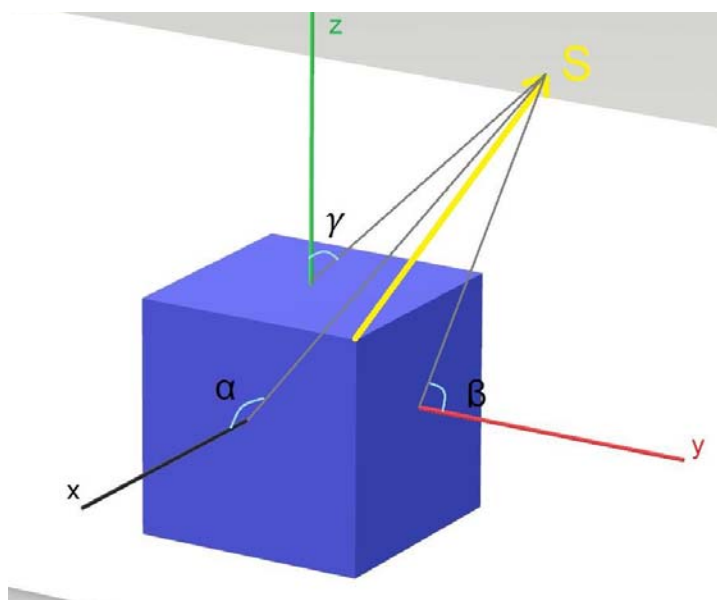


Рис.2. Расположение датчиков на корпусе МКА и углы направления на вектор

Задача калибровки будет заключаться в том, чтобы поворачивая модель МКА на заданные углы α , β и γ , получать данные (значения напряжений U_x , U_y , U_z) с датчиков и по этим данным вычислять калибровочные коэффициенты k_x , k_y , k_z .

$$\begin{cases} U_x = k_x \cdot \alpha \\ U_y = k_y \cdot \beta \\ U_z = k_z \cdot \gamma \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_x = \frac{U_x}{\alpha} \\ k_y = \frac{U_y}{\beta} \\ k_z = \frac{U_z}{\gamma} \end{cases}$$

Эти действия повторяются для всей окружности по двум осям с определенным шагом. Чем меньше шаг, тем больше калибровочных коэффициентов будет получено, тем точнее сможем ориентировать МКА. Далее

из этих коэффициентов можно построить матрицу, по которой в дальнейшем можно будет получать углы ориентации.

Те же действия проведем для гироскопа и акселерометра (микросхемы MPU-6050 GY-521).

$$\begin{cases} G_x = g_x \cdot \alpha \\ G_y = g_y \cdot \beta \\ G_z = g_z \cdot \gamma \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} g_x = \frac{G_x}{\alpha} \\ g_y = \frac{G_y}{\beta} \\ g_z = \frac{G_z}{\gamma} \end{cases}, \begin{cases} A_x = a_x \cdot \alpha \\ A_y = a_y \cdot \beta \\ A_z = a_z \cdot \gamma \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_x = \frac{A_x}{\alpha} \\ a_y = \frac{A_y}{\beta} \\ a_z = \frac{A_z}{\gamma} \end{cases},$$

где G_x, G_y, G_z – данные гироскопа; A_x, A_y, A_z – данные акселерометра, а g_x, g_y, g_z и a_x, a_y, a_z – калибровочные коэффициенты.

Для обеспечения высокой точности калибровки (порядка $0,9^\circ$) необходимо автоматизировать этот процесс. Для этого соберем поворотный стенд на базе шаговых двигателей NEMA17 42BYGHW811 и драйверов TB6600.

Структурно поворотный стенд будет состоять из модели спутника, жестко закрепленной на поворотном столе, имитатора солнца, управляющей платы и персонального компьютера (Рис. 3).

Алгоритм калибровки заключается в следующем. Поворотный стол с закрепленной моделью спутника выставляется в нулевое положение. Источник светового излучения облучает модель, и управляющая плата считывает данные с датчиков, потом отправляет их на ПК. Далее поворотный стол поворачивается на заданный угол по одной из осей, и операция повторяется снова. Затем полученные данные обрабатываются на компьютере и вычисляются угловые коэффициенты.

Для калибровки магнитометра его необходимо поместить в направленное магнитное поле без искажений. В качестве имитационного оборудования мы использовали имитатор геомагнитного поля земли (Рис.4) вместе с софитом, который эмитирует солнечный свет. Данный имитатор имеет в центре стойку, верхняя часть которой свободно вращается в трёх осях и имеет низкое сопротивление за счёт создания воздушной подушки между деталями, которая в свою очередь образуется путём подачи воздуха из компрессора к нижней части конструкции.

Имитатор магнитного поля земли представлен катушками Гельмгольца (три пары квадратных катушек, которые могут перемещаться относительно друг друга, тем самым позволяя нам создавать требуемый объём однородности магнитного поля). Данный имитатор способен генерировать постоянное магнитное поле в диапазоне от 0 до 250 нТл.

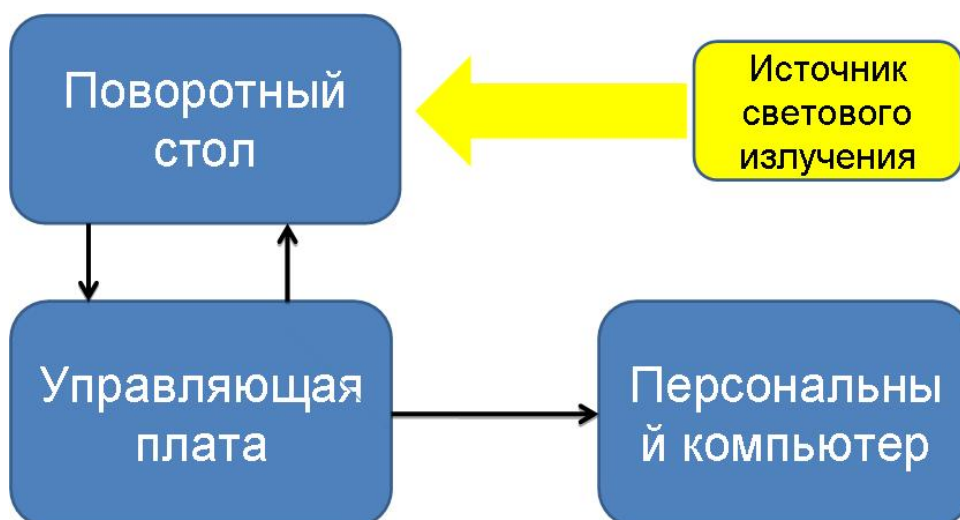


Рис.3. Схема поворотного стенда



Рис.4. Имитационное оборудование

В будущем планируется добавление в нашу модель таких модулей, как навигационный GPS модуль, модуль связи, модуль питания и бортовой компьютер. Также рассматривается возможность добавление такого дополнительного оборудования, как датчики температуры, солнечного излучения и, возможно, камеры.