

Выбор параметров магнитной системы ориентации и стабилизации космических аппаратов стандарта PocketCube

Н.А. Моряков, А.А. Кумарин

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. Для большинства космических миссий одной из самых важных составляющих является обеспечение необходимой угловой ориентации аппарата [1]. Причем для крупных космических аппаратов (КА) проблема обеспечения ориентации и стабилизации аппаратов имеет множество решений [2, 3]. Для аппаратов пикокласса стандартов PocketCube таких решений гораздо меньше. Основная проблема заключается в габаритах аппарата [4], что требует уменьшения габаритов систем ориентации и стабилизации.

Существует несколько видов систем ориентации и стабилизации [5]. В данной работе подробно рассмотрены системы ориентации и стабилизации на основе плоских магнитных катушек.

Основным достоинством катушек является их компактная реализации, так как их можно интегрировать даже в корпус КА. К недостаткам следует отнести весьма небольшой управляющий момент и не самую высокую точность управления, так как магнитное поле Земли неоднородно.

Цель — расчет параметров магнитной системы космического аппарата PocketCube на основе плоских катушек.

Методы. В качестве исполнительного средства используется плоская катушка в виде печатной платы, обеспечивающая большую площадь, чем достижимо стандартными катушками. Витками катушки являются проводящие дорожки печатной платы. Технология изготовления катушки не отличается от технологии изготовления печатной платы для электроники. Самая простая катушка имеет 2 слоя, но также возможно

изготовление катушки с количеством слоев, превышающих 10, что позволяет увеличивать количество витков.

Была спроектирована тестовая плоская катушка в программе Altium Designer (рис. 1) с внешним размером 43×43 мм и внутренним 34×34 мм. Данная катушка имеет 2 слоя по 8 витков.

Характеристики данной катушки занесены в таблицу 1.

Таблица 1. Характеристики плоской катушки

Параметры катушки	Значение
Количество витков на одном слое	8
Количество слоев	2
Внешний линейный размер, мм	43
Внутренний линейный размер, мм	34
Средняя площадь на один виток, мм ²	1513

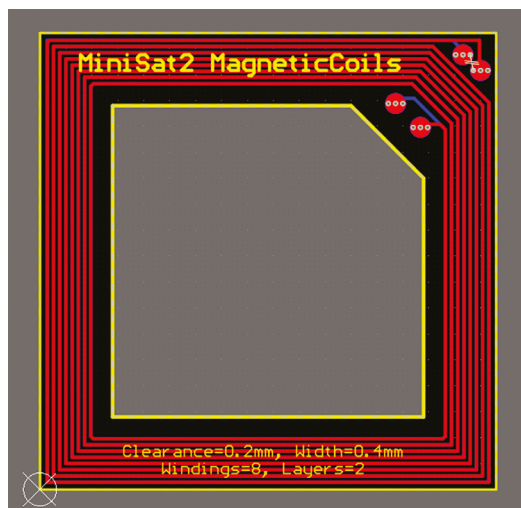


Рис. 1. Плоская катушка

Проведено математическое моделирование пространственного углового движения аппарата на круговой орбите с учетом влияния катушек. Данный этап необходим для определения возможностей управления данной катушкой. Подробный вывод математической модели неуправляемого движения представлен в [6].

Для представления возможностей катушек добавим в модель управления алгоритм B-dot [7]. Данный алгоритм позволяет демпфировать угловую скорость аппарата. Если добавить к внешним моментам управляющий момент, рассчитанный через алгоритм, в результате моделирования угловые скорости будут стремиться к нулю.

Результаты. В ходе работы была спроектирована катушка, а также исследованы возможности управления угловым движением КА данной катушкой.

По расчетам максимальный управляющий момент на высоте 400 км равен $M = 3,1 \cdot 10^{-7}$ Нм.

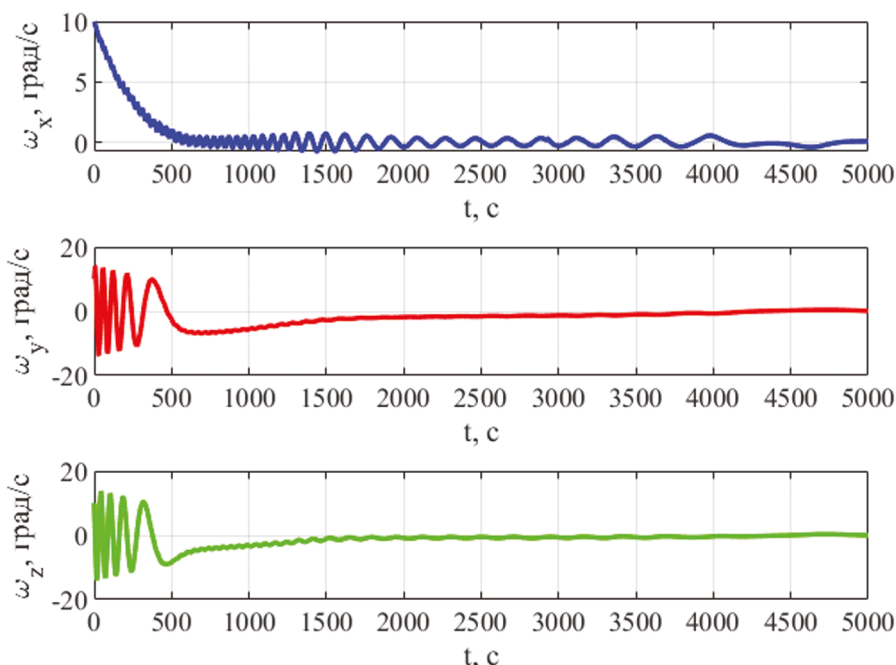


Рис. 2. Результаты моделирования

Проведено моделирование управляемого углового движения аппарата формата PocketCube-3p с использованием спроектированной катушки (рис. 2).

Выводы. По результатам моделирования можно сделать вывод, что данная катушка способна демпфировать начальную угловую скорость равную $10^\circ/\text{с}$ примерно за 1500 с, что является неплохим показателем для данной катушки. Однако данные результаты моделирования предстоит в дальнейшем экспериментально подтвердить. В земных условиях это сделать довольно проблематично, необходимо либо усиливать магнитное поле Земли, либо проводить эксперимент в условиях космоса.

Ключевые слова: пикоспутник; PocketCube; магнитное поле Земли; магнитная система управления; система ориентации и стабилизации; моделирование углового движения.

Список литературы

1. Овчинников М.Ю. Системы ориентации спутников: от Лагранжа до Королева // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 12. С. 91–96.
2. Васильев В.Н. Системы ориентации космических аппаратов. Москва: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2009. 310 с.
3. Алексеев К.Б., Каргу К.Б., Бебенин Г.Г. Управление космическими летательными аппаратами. Москва: Машиностроение, 1974. 340 с.
4. The PocketQube standard issue 1, TU Delf, Alba Orbital, Gauss Srl. Доступ по: <https://static1.squarespace.com/static/53d7dcdce4b07a1cdbbc08a4/t/5b34c395352f5303fcec6f45/1530184648111/PocketQube+Standard+issue+1+--+Published.pdf>
5. Бабич С.А., Костюков А.С. Обзор и сравнение систем ориентации наноспутников класса CubeSat // Сборник трудов по материалам конференции: «Решетневские чтения». 2014. С. 495–497.
6. Белоконов И.В., Тимбай И.А. Движение наноспутника относительно центра масс на околоземных орбитах: учебное пособие. Самара: Издательство Самарского университета, 2020. 128 с.
7. Крамлих А.В., Мельник М.Е. Бортовой алгоритм для системы ориентации и стабилизации наноспутника SamSat-218Д // Вестник СГАУ. 2016. Т. 15, № 2. С. 50–56.

Сведения об авторах:

Никита Александрович Моряков — студент, группа 1415-240301D, институт авиационной и ракетно-космической техники; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: n_moryakov98@mail.ru

Алексей Андреевич Кумарин — аспирант, группа А303, институт информатики и кибернетики; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: alky_samara@mail.ru