

УДК 629.78

Магнитная система стабилизации и ориентации малоразмерных космических аппаратов на солнечно-синхронных орбитах: методика и программное обеспечение

Бергер Де Соуза Тирза Охана^(*)
Ломака Игорь Андреевич

ohanabergerr@gmail.com
igorlomaka63@gmail.com

Самарский университет, Самара, Россия

Аннотация. Разработана методика выбора параметров пассивных магнитных систем стабилизации и ориентации для малоразмерных космических аппаратов (МКА) с точностью 10–15 градусов. Методика учитывает особенности солнечно-синхронных орбит, резонансные явления и реализована в программном обеспечении, позволяющем моделировать угловое движение МКА, оценивать время затухания угловой скорости и оптимальную конфигурацию магнитных материалов.

Ключевые слова: пассивные системы стабилизации и ориентации, постоянные магниты, гистерезисные стержни, моделирование углового движения, Кубсаты

Введение. За последнее десятилетие наблюдается стремительный рост числа МКА, что объясняется их многочисленными преимуществами, такими как сокращенные сроки разработки, гибкость предоставляемых услуг и сниженные затраты на запуск. Хотя МКА теперь решают более сложные задачи, выходящие за рамки демонстрации технологий и образовательных целей, их ограничения по массе, объему, энергопотреблению и бюджету остаются неизбежными. В то же время миссии требуют заданной ориентации и уменьшения угловой скорости, что представляет собой сложную задачу, подразумевающую использование тщательных методов моделирования.

Пассивные магнитные системы (ПМССО) отличаются простотой, надежностью и обеспечивают стабилизацию с точностью до 10–20 градусов [1, 2], что, как правило, удовлетворяет требованиям большинства миссий. Однако сложность магнитных сил, изменения геомагнитного поля на солнечно-синхронных орбитах и необходимость моделирования функций гистерезисных материалов усложняют разработку. Кроме того, параметры таких систем должны быть определены на этапе проектирования, так как для пассивных систем корректив на орбите невозможна [3].

Материалы и методы; результаты. На Межвузовской кафедре космических исследований разработана методика обеспечения ПМССО для МКА, учитывающая формфактор, инерционные характеристики аппарата, аэродинамические и гравитационные моменты. Для расчета геомагнитного поля используется модель геомагнитного поля IGRF-13, исключая влияние солнечного давления. Постоянные магниты обеспечивают выравнивание оси МКА вдоль линий геомагнитного поля, а гистерезисные стержни — демпфирование угловой скорости. Методика определяет минимальный дипольный мо-

мент для обеспечения ориентации и анализирует возможность возникновения параметрического резонанса при выбранном значении.

Методика реализована в программном обеспечении (ПО) с пользовательским интерфейсом (рисунок). ПО включает библиотеку параметров гистерезисных материалов, позволяет генерировать гистерезисные петли и настраивать конфигурацию магнитных элементов для моделирования углового движения и оценки времени затухания угловой скорости. Взаимодействие магнитов и гистерезисных стержней не учитывается.

Пользовательский интерфейс разработанного ПО

Заключение. Разработанная методика служит инструментом для оценки эффективности ПМССО для МКА, и используется студентами в качестве учебного материала для лучшего понимания углового движения МКА под воздействием магнитных сил. Сопутствующее ПО помогает визуализировать результаты, моделировать орбитальное движение и выбирать оптимальную конфигурацию для выполнения требований конкретной миссии.

*Работа выполнена при финансовой поддержке
Российского научного фонда в рамках научного проекта № 23-67-10007.*

Список источников

- [1] Ovchinnikov M.Yu., Roldugin D.S. A survey on active magnetic attitude control algorithms for small satellites. *Progress in Aerospace Sciences*, 2019, vol. 109, art. no. 100546.
- [2] Gerhardt D. Passive Magnetic Attitude Control for CubeSat Spacecraft. *24th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites*, 2010, pp. 1–8.
- [3] Белоконов И.В., Тимбай И.А., Баринаева Е.В. Выбор проектных параметров наноспутника формата CubeSat с пассивной системой стабилизации. *Гироскопия и навигация*, 2020, т. 28, № 1 (108), с. 1–7.