

УДК 629.78

Алгоритм оптимального управления избыточной системой двигателей-маховиков

Пелипенко Роман Андреевич
Фомичев Алексей Викторович^(*)

pra22u270@student.bmstu.ru
a.v.fomichev@bmstu.ru
SPIN-код: 1376-6200

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Для управления угловым движением малого космического аппарата рассмотрена задача оптимального управления избыточной системой одинаковых двигателей-маховиков (ДМ). Предложен вид критерия оптимальности, обеспечивающий минимум потерь энергии. Рассмотрена задача перевода избыточной системы ДМ из произвольного обеспечивающего заданное управление состояния в оптимальное состояние с минимальными потерями энергии. Предложен способ учета ограничений, накладываемых на управляющий и кинетический момент ДМ в системе. Разработан алгоритм оптимального управления произвольной избыточной системой ДМ.

Ключевые слова: алгоритм, двигатель-маховик, избыточная система, малый космический аппарат, оптимальное управление, система ориентации

Введение. Исследованию подходов к решению проблемы оптимального управления избыточной системой одинаковых двигателей-маховиков, применяемых в качестве исполнительных органов в системах управления ориентацией космических аппаратов (КА), посвящено достаточно большое количество научных публикаций [1–4]. Однако, как показывает анализ литературы, часто недостаточно обоснована необходимость выбора того или иного критерия оптимальности, а также остается неясной связь целевой функции с энергопотреблением всей системы двигателей-маховиков. Кроме того, обычно рассматривается только случай минимально-избыточной системы, состоящей из четырех двигателей-маховиков. В данной работе рассмотрен наиболее общий случай управления произвольной избыточной системой одинаковых двигателей-маховиков.

Методы и материалы; результаты. Рассматривается система управления ориентацией КА, в состав которой входят N двигателей-маховиков. Предполагается, что в общем случае число N может быть произвольным, а все двигатели-маховики имеют одинаковые характеристики. В качестве математической модели, описывающей динамику двигателя-маховика, используется линейная модель с учетом действующих возмущающих факторов. Разработана модель системы, включающая N двигателей-маховиков, с учетом действующих ограничений.

Аналитическим способом получено выражение для целевой функции, соответствующей предложенному критерию оптимальности, и найдена связь ее значения с энергопотреблением системы.

Рассмотрена задача поиска оптимальных управляющих моментов на N двигателях-маховиках системы при выходе одного или нескольких двигателей-маховиков на ограничения или при возникновении их отказа. Для решения данной задачи разработан итерационный численный метод и предложен способ выбора начального приближения.

Синтезирован алгоритм оптимального управления рассматриваемой системой.

Для подтверждения применимости разработанных моделей, а также сравнения полученного алгоритма оптимального управления с ранее использовавшимися алгоритмами, проведено численное моделирование в среде моделирования MATLAB.

Заключение. Результаты теоретического анализа и проведенного моделирования показали эффективность предложенных решений. Показано, что разработанный алгоритм управления превосходит по ряду показателей рассмотренные ранее алгоритмы. Предложенный алгоритм обладает важным свойством — при отказах отдельных двигателей-маховиков не требуется его существенной модификации. Полученный алгоритм может быть применен в системах ориентации и стабилизации КА, построенных с использованием двигателей-маховиков.

Список источников

- [1] Сомов С.Е., Сомова Т.Е. Анализ динамических характеристик кластеров маховиков в системе управления ориентацией космического аппарата. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 2021, т. 23, № 6, с. 119–125.
- [2] Беленький А.Д., Васильев В.Н., Семенов А.С., Семенов М.Е. Алгоритм управления системой четырех двигателей-маховиков космических аппаратов серии «Метеор-М» № 2. *Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ*, 2013, т. 134, с. 9–14.
- [3] Васильев В.Н. *Системы ориентации космических аппаратов*. Москва, ФГУП «НПП ВНИИЭМ». 2009, 310 с.
- [4] Беленький А.Д., Васильев В.Н. Управление минимально избыточной системой электродвигателей-маховиков. *Механика твердого тела*, 1996, № 2, с. 75–81.