

УДК 629.7.058.47

Гиродинно-маховичная система управления для повышения скорости перенацеливания космического аппарата

Брызжев Илья Андреевич^(*)

i.bryzzhev@yandex.ru

Подчезерцев Виктор Павлович

podch@list.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Представлен метод повышения скорости перенацеливания космического аппарата с сохранением заданной точности ориентации. В качестве исполнительных устройств выбраны четыре гироскопа, применяющиеся в быстром контуре управления угловой ориентацией, а также четыре двигателя-маховика, используемые в точном контуре стабилизации. Для оценки переходных процессов и точности управления в работе приведена математическая модель системы, учитывающая алгоритмы управления устройствами, их оптимальные схемы установки и критерий выбора типа электромеханических устройств.

Ключевые слова: гироскоп, двигатель-маховик, двухступенчатая система, математическая модель, управление, система ориентации и стабилизации, космический аппарат

Введение. В работе приводится метод повышения скорости перенацеливания космического аппарата, позволяющий реализовать дополнительные режимы ориентации и решать поставленные задачи в различных стабилизируемых положениях, что, в свою очередь, позволяет более оперативно получать требуемую информацию с околоземной орбиты.

Материалы и методы; результаты. Для реализации алгоритма управления угловым положением спутника вводится навигационная система координат (СК), в качестве которой используется орбитальная система координат (ОСК) [1]. Ее положение определяется относительно геоцентрической экваториальной прямоугольной системы координат [1].

Движение космического аппарата на орбите описывается системой из шести уравнений. Первые три уравнения записываются с помощью динамических уравнений Эйлера, определяемых: внешними возмущающими моментами и управляющими моментами, создаваемыми системой ориентации, а также его угловыми скоростями и ускорениями [2]. Последние три уравнения отражают кинематику КА и связывают его абсолютные угловые скорости с относительными и переносными скоростями.

В работе управляющие воздействия на КА обеспечиваются двухступенчатой системой. Для осуществления быстрых маневров используются четыре гироскопа, объединенные в две спарки. Для точной стабилизации КА относительно навигационной СК используются четыре двигателя-маховика (ДМ).

Гироскопы представляют собой двухстепенные гироскопы с массивными роторами [2], обеспечивающими быстрое перенацеливание спутника в пространстве. В предлагаемой схеме установки исполнительных устройств оси

прецессии каждой спарки параллельны двум взаимно ортогональным осям космического аппарата. Дополнительно представлены уравнения движения каждого гироскопа для анализа влияния управляющих воздействий на угловую ориентацию КА.

Двигатели-маховики представляют собой бесколлекторные четырехфазные двигатели постоянного тока с массивными роторами [3]. Для рационального использования развиваемых управляющих моментов системы из четырех ДМ была выбрана схема их установки на борту космического аппарата. Положение каждого исполнительного устройства описывается с помощью двух углов. Первый δ — угол наклона посадочной плоскости кронштейна, на который устанавливается ДМ, к плоскости Ox КА. Вторым — угол между проекцией вектора угловой скорости ротора ДМ на плоскость Oyz и плоскостью Ox .

На основе схем установки исполнительных устройств были разработаны алгоритмы управления каждым видом электромеханических устройств и определен критерий их выбора на основе требуемого угла поворота спутника и скорости перенацеливания КА.

Управление угловым положением КА с использованием гироскопов относительно ОСК по всем трем осям осуществляется моментами, вызываемыми поворотами векторов кинетических моментов гироскопов соответствующей спарки на одинаковые углы навстречу друг другу.

Алгоритм управления маховичной системой заключается в распределении требуемого управляющего момента на каждый двигатель-маховик за счет изменения скорости вращения маховика с учетом возникающего гироскопического момента. Для управления четырьмя устройствами и ориентации вокруг трех осей космического аппарата вводится дополнительный критерий, связанный с минимумом суммы квадратов управляющих моментов маховичной системы [4].

На основе математических моделей исполнительных устройств, алгоритмов их управления, а также уравнений движения КА на орбите, учитывающих его кинематику и динамику, была разработана модель системы ориентации и стабилизации, позволяющая оценить переходные процессы и динамику разработанной системы.

Заключение. В работе представлены результаты численного анализа спроектированной системы, которые показали существенные улучшения динамических характеристик управления угловой ориентацией КА. При этом установившиеся ошибки по углу и скорости по всем трем каналам стабилизации космического аппарата при программном развороте удовлетворяют требуемой точности ориентации и стабилизации.

Список источников

- [1] Нариманов Г.С., Тихонравов М.К., ред. *Основы теории полета космических аппаратов*. Москва, Машиностроение, 1972, 608 с.
- [2] Пельпор Д.С. *Гироскопические системы. Теория гироскопов и гироскопических стабилизаторов*. Москва, Высшая школа, 1986, 423 с.
- [3] Васильев В.Н. *Системы ориентации космических аппаратов*. Москва, ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2009, 310 с.
- [4] Петрищев В.Ф. *Элементы теории гироскопа и его применение для управления космическими аппаратами*. Самара, Самар. гос. аэрокосм. ун-т., 2004, 68 с.