

С использованием разработанных алгоритмов и программ успешно решен ряд задач управления и навигации для современных ЛА. Высокая эффективность новых алгоритмов позволяет применять их и для исследования перспективных ЛА.

Список литературы

1. Малышев В.В., Кибзун А.И. Анализ и синтез высокоточного управления летательными аппаратами. – М.: Машиностроение, 1987. – 304 с.
2. Малышев В.В., Карп К.А. Численные методы вероятностного анализа. – М.: Издательство МАИ, 1993. – 86 с.

УДК 629.7.05.001

В.В.Малышев, К.И.Симон

УПРАВЛЕНИЕ КРУПНОГАБАРИТНЫМИ ГИБКИМИ КОСМИЧЕСКИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

Введение. Крупногабаритные гибкие космические конструкции, развиваемые в настоящее время, находят большое число применений в таких перспективных космических приложениях, как система космического освещения (СКО), орбитальные электростанции /1/, космические корабли с солнечным парусом /2/, система очистки околоземного пространства от космического "мусора", низкочастотные космические антенны ретрансляции, тросовые системы /3/ и другие. Эти конструкции представляются различными космическими объектами, такими как тросовые связки, тонкопленочные структуры и другие.

В докладе рассматривается орбитальный солнечный отражатель (ОСО), функционирующий как элемент СКО, предназначенной для освещения в ночное время заданных районов земной поверхности (площадей крупномасштабного строительства, районов добычи газа и нефти, посевных и уборочных работ, ликвидации последствий стихийных бедствий и т.д.). СОС обеспечивает экономию земных энергетических ресурсов и создание нового, экологически чистого вида энергии – отраженного солнечного

света от космического рефлектора.

ОСО является крупногабаритной гибкой космической конструкцией, стабилизированной собственным вращением. Двигаясь по орбите в режиме освещения (отражения солнечного света) ОСО должен постоянно разворачиваться для того, чтобы направлять отражаемый солнечный свет на заданный район. Для этого на ОСО предусмотрена система управления ориентацией, функционирующая на основе создания гироскопического момента. Но эта система управления обладает существенным недостатком - управляющий гироскопический момент приводит к возникновению сосредоточенной нагрузки, приложенной к центру отражающего пленочного диска, что при разворотах искривляет плоскую форму пленочного диска, обеспечиваемую центробежными силами, и, следовательно, снижает освещенность и изменяет форму освещенного пятна на Земле.

Для того, чтобы ослабить или устранить этот недостаток, предлагается дополнить гироскопическую систему ориентации ОСО магнитным принципом управления пространственным положением и поддержанием определенной формы пленочного диска ОСО. Магнитное управление заключается в использовании естественного магнитного поля Земли (МПЗ) и основано на создании управляющего момента за счет взаимодействия собственного магнитного момента ОСО с магнитным моментом Земли.

В докладе рассматривается конструкция ОСО и предлагаются модели для исследования динамики его движения. Проведено моделирование МПЗ. Также рассматривается выбор оптимальных по наклонению, с точки зрения магнитного управления, рабочих орбит. Определены требуемые соотношения магнитных и гироскопических управляющих моментов при комбинированном гироскопическом и магнитном управлении ОСО в режиме подсветки на заданных орбитах.

1. Конструкция и модели ОСО. ОСО представляет собой гироскоп, состоящий из отражающего пленочного (тонкая алюминизированная пленка толщиной 10-12 микрометров) диска большого диаметра (100-400 метров) и маховика меньшего диаметра. Пленочный диск и маховик вращаются в противоположные стороны и соединены центральным валом. Для создания управляющего гироскопического момента, при управлении угловым движением ОСО, центральный вал можно "ломать", для чего на нем предусмотрены шарнир и привод качания маховиком.

При моделировании сложных систем /4/, для описания упругих крупногабаритных конструкций при действии распределенной нагрузки используются сложные обобщенные волновые уравнения /2,3/.

На практике пользуются либо мембранной теорией натяжений /1/, либо описывают угловое движение конструкции с помощью динамических уравнений Эйлера /2,5/ при использовании метода конечных элементов.

При исследовании магнитного управления ориентацией, ОСО рассматривается как твердое тело. Тогда для описанной выше конструкции, уравнения движения ОСО относительно центра масс в связанной системе координат (СК) с комбинированным гироскопическим и магнитным управлением имеют вид системы шести дифференциальных уравнений типа уравнений Эйлера с управляющими гироскопическими и магнитными моментами в правых частях.

2. Магнитное управление ОСО. Магнитное управление ОСО основано на взаимодействии магнитного момента ОСО с МПЗ /5/. Момент этого взаимодействия записывается в виде основного уравнения управления:

$$M = L \times B,$$

где L - вектор магнитного момента ОСО; B - вектор индукции МПЗ.

Магнитный момент ОСО создается путем пропускания электрического тока по металлизированной поверхности пленочного диска. Здесь следует отметить важное свойство магнитного управления: при совпадении векторов магнитного момента L и поля B управление невозможно, управляющий момент создается только составляющей вектора магнитного момента, перпендикулярной B . Закон управления ОСО основан на устранении разности между располагаемым и требуемым кинетическим моментом, определяемым взаимным положением ОСО на орбите, освещаемого объекта на Земле и Солнца.

МПЗ имеет сложную структуру, подверженную аномалиям, вековым вариациям и сильному влиянию солнечного ветра. Аналитическое представление МПЗ, используемое при исследовании магнитных систем управления /2,5/, основано на известной теории разложения магнитного потенциала Земли в ряд по сферическим функциям /5/.

Поскольку вычисления точных выражений МПЗ сложны и громоздки и в рамках данной задачи не актуальны, то для исследования принципиальной возможности магнитного управления ориентацией ОСО воспользуемся приближенной моделью МПЗ в виде косоугольного диполя /5/. Этот диполь обладает собственным магнитным моментом, а его магнитная ось отклонена от оси вращения Земли на угол около 11.5 градусов.

Для получения проекций компонент вектора индукции МПЗ на оси орбитальной СК и получения индукции МПЗ в связанной СК используются

матрицы перехода /5/.

3. Орбитальное движение ОСО. ОСО движется по средневысотным, слабоэллиптическим орбитам. При этом отслеживаются условия видимости освещаемого объекта с ОСО, нахождения освещаемого объекта на ночной стороне Земли и нахождения ОСО вне орбитальной тени /6/.

С этими условиями проводится оптимизация по наклонению, с точки зрения магнитного управления, рабочих орбит ОСО /7/ и определяются требуемые соотношения магнитных и гироскопических управляющих моментов при комбинированном управлении ОСО. При моделировании движения ОСО по орбите проводится оценка эффективности магнитного управления.

Заключение. По результатам моделирования, проведенного с помощью разработанного программного обеспечения, реализующего модели ОСО, МПЗ и орбитальное движение ОСО, можно сказать, что магнитное управление можно использовать для переориентации ОСО в комбинации с гироскопическим управлением, разгрузки кинетического момента, демпфирования конструкции и поддержания плоской формы пленочного диска, а на определенных участках орбиты целиком отказаться от гироскопического управления, и также может быть применено для управления другими гибкими космическими конструкциями.

Список литературы

1. Лукьянов А.В. Пленочные отражатели в космосе. – М.: МГУ, 1977. – 70 с.
2. Попов В.И. Системы ориентации и стабилизации космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1977. – 184 с.
3. Белецкий В.В., Левин Е.М. Динамика космических тросовых систем. – М.: Наука, 1990. – 336 с.
4. Карп К.А., Леонов В.В., Симон К.И. Вероятностный анализ и моделирование сложных систем //Тез. докл. Всесоюз. научно-технич. конф. "Перспективы развития и применения средств вычислительной техники для моделирования и автоматизированного исследования". – Москва: ВНТОРЭС, НИИСчетМаш, 1991, с. 3-4.
5. Коваленко А.П. Магнитные системы управления космическими летательными аппаратами. – М.: Машиностроение, 1975.– 248 с.
6. Апшазов Р.Ф., Сытин О.Г. Методы проектирования траекторий носителей и спутников Земли. – М.: Наука, 1987. – 440 с.

7. Лебедев А.А., Красильщиков М.Н., Малышев В.В. Оптимальное управление движением космических летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1974. - 200 с.

УДК 629.78.062

Ю.С.Мануйлов, В.В.Черныш, С.В.Шалымов, И.А.Бажнин,
Ю.В.Белов, Ф.А.Мирошниченко

ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ К БОРТОВОМУ СПЕЦИАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСУ И КОНСТРУКЦИИ КА

Программный пакет (ПП) оптимизации требований к бортовому специальному комплексу (БСК) и конструкции КА предназначен для решения следующих задач:

- проведения совместной априорной оценки точности определения угловых элементов внешнего ориентирования (УЭВО) специальной бортовой аппаратуры (СБА) и стабилизации объекта;

- оценки и минимизации уровня возмущений, обусловленных динамикой упругих элементов конструкции (УЭК) объекта за счет оптимизации его конструктивно-компоновочной схемы;

- определения требований к характеру и уровню возмущений, обусловленных внешними факторами (гравитационный, аэродинамический и другие моменты), а также динамикой элементов бортовой аппаратуры;

- моделирования процессов управляемого углового движения объекта и оценки качества функционирования системы управления движением с точки зрения обеспечения требуемой точности;

- оптимизации требований к системе измерения углового положения (СИУП) оптических осей СБА, системе управления движением и конструкции объекта.

Для эффективного выполнения указанных задач ПП позволяет:

- задавать и оперативно изменять динамические параметры объекта, в том числе, отражающие особенности его конструктивно-компоновочной схемы, параметры чувствительных элементов (ЧЭ) СИУП и исполнительных органов (ИО) системы управления угловым движением (СУУД);