

Управление формацией спутников с использованием силы солнечного давления

Р.В. Досаев¹, С.С. Ткачев²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

Формация спутников (Formation Flying) – это группировка из нескольких спутников, летящих на сравнительно близком расстоянии друг от друга и выполняющих единую задачу. Отличительной особенностью формации является способность одновременного выполнения одной задачи несколькими аппаратами. Это позволяет решать качественно новые задачи с одной стороны и повышает надежность группировки с другой (при выходе из строя одного спутника решение общей задачи будет продолжено). Невозмущенное относительное движение спутников обычно описывается либо уравнениями Клохесси-Вилтшира-Хилла [1], либо уравнениями в оскулирующих элементах [2]. При этом даже в отсутствие возмущений, таких как нецентральность гравитационного поля Земли, влияние сопротивления атмосферы, влияние солнечного давления, замкнутость относительной траектории требует выполнения специальных условий, которые на практике не достижимы [3]. Иными словами, периодические движения неустойчивы и спутники разлетаются друг относительно друга. По этой причине, необходимо синтезировать управление, которое бы обеспечивало заданное относительное движение. В качестве управления могут выступать различные механизмы, такие как реактивные двигатели, электромагнитные силы, сила атмосферного сопротивления и солнечного давления.

В работе проведен обзор различных подходов для использования силы солнечного давления в качестве управляющего воздействия. Высокий интерес к данному воздействию обусловлен снижением затрат рабочего тела и его универсальностью: он может быть использован как для околоземных, так и для межпланетных миссий. Рассматриваются формации на околоземных солнечно-синхронных орбитах [4] и в коллинеарной точке либрации L_2 системы Солнце/Земля [5]. Обсуждаются различные законы управления, предназначенные не только для удержания спутников, но и для реконфигурации их относительных траекторий. Особое внимание уделено использованию солнечного паруса с переменной отражательной способностью [6].

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда проект № 14-11-00621.

Литература:

1. *Hill G.W.* Researches in Lunar Theory. - American Journal of Mathematics. - 1878. – Vol. 1. - P. 5–26.
2. *T. Williams, Z. Wang.* Uses of solar radiation pressure for satellite formation flight. - International Journal of Robust and Nonlinear Control. – 2002. – Vol.12. – P. 163-183.
3. *J. Junkins, and H .Schaub,* Analytical Mechanics of Aerospace Systems. - Texas A&M University. – 2001. – 588 p.
4. *S.Gong [et al.].* Solar sail formation flying on an inclined Earth orbit. - Acta Astronautica. – 2011. Vol. 68. – P. 226-239.
5. *Kamran Shahid, Krishna Dev Kumar.* Multiple spacecraft formation reconfiguration using solar radiation pressure. - Acta Astronautica. – 2014. – Vol.103. P. 269-281
6. *Borggr A. [et al.].* Attitude control of large gossamer spacecraft using surface reflectivity modulation // 65th International Astronautical Congress (IAC 2014). – 2014. – C. IAC-14