

Управление большими космическими структурами

А.И.Шестоперов¹, С.С.Ткачев²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

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

При моделировании относительного движения космического аппарата (КА) и построении управления, реализующего задачи конкретной миссии, перед исследователем встает проблема описания структуры КА. Решающими факторами при принятии решения являются характер и цели миссии и физические параметры спутника. В большом количестве работ используется модель твердого тела, и данное упрощение во многих случаях является уместным. Но надо иметь в виду, что любое тело обладает свойством упругости. Упущение данного факта может повлечь за собой изменение динамики КА и, как следствие, серьезные проблемы при дальнейшем выполнении миссии.

В работе, которая носит обзорный характер, описываются различные подходы к управлению большими космическими структурами (LargeSpaceStructures, LSS). Ключевой особенностью LSS является то, что ее динамика требует учета деформаций КА и, следовательно, описывается бесконечным (или большим) количеством колебательных мод. Примером такой структуры является КА с нежесткими крупногабаритными элементами конструкции (антенны, солнечные панели).

При разработке алгоритма управления для LSS основной целью являлся поиск компромисса между его вычислительной сложностью и ограничениями, связанными с аппаратным обеспечением. Ранние работы, посвященные демпфированию колебаний в LSS, в качестве отправной точки использовали линейный квадратичный гауссов регулятор (LQG) [1]. При дальнейших исследованиях оказалось, что данная концепция управления содержит значительные недостатки (например, отсутствие робастности). Существует два выхода из сложившейся ситуации – прямое расширение возможностей LQG и полная замена функционала в задаче оптимального управления. Основное внимание текущего обзора уделено работам, принадлежащим первому классу.

При построении управления, в первую очередь, необходимо построить модель системы [2, 3] и провести ее анализ. На основе разработанной модели строится управление. Здесь, в зависимости от технических возможностей, могут быть построены либо независимое управление модами колебаний (IMSC technique) [4], либо различные модификации LQG контроллера для LSS [5,6]. При этом во втором случае необходимо учесть возбуждение неуправляемых мод (control spillover) [7].

Материал не затрагивает проблему идентификации системы и построения адаптивного управления. Задача настоящей работы заключается в том, чтобы систематизировать достижения предшествующих исследований, определить основные правила и выявить закономерности необходимые для построения качественного управления LSS. Поэтому подход к поставленной проблеме был осуществлен с позиций общей теории управления, что объясняется желанием добиться большей общности результатов.

В основу доклада положены статьи [8] и [9]. Структура и порядок изложения материала во многом опираются на них. Авторы надеются, что результаты данной работы, будут полезны не только в качестве обзора, но и станут хорошим подспорьем при реализации управления конкретным КА.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-31-20058.

Литература

1. *Anderson B. Moore J.*, Linear Optimal Control- Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J – 1971– 399 p.
2. *Hughes P.C. and Skelton R.E.*, Modal Truncation for Flexible Spacecraft–Journal of Guidance and Control – 1981 –Vol. 4, pp. 291-297.
3. *Skelton R.E., Hughes P.C., Hablani, H.B.*, Order Reduction for Models of Space Structures Using Modal Cost Analysis - Journal of Guidance, Control and Dynamics –1982 – Vol. 5, pp. 351-357.
4. *Meirovitch L., Baruh H., and Oz H.*, A Comparison of Control Techniques for Large Flexible Structures–Journal of Guidance, Control and Dynamics – 1983– Vol. 6, pp. 302-310.
5. *Sesak J.R.*, Control of Large Space Structures via Singular Perturbation Optimal Control - AIAA Conference on Large Space Platforms – 1978 – 7 p.
6. *Sesak J.R. and Likins P.*, Model Error Sensitivity Suppression: Quasi-Static Optimal Control for Flexible Structures –IEEE Conference on Decision and Control – 1979 – pp. 207-213.
7. *Balas M.J.*, Active Control of Flexible Systems –Journal of Optimization Theory and Applications – 1978 -Vol. 25, pp.415-436.
8. *Nurre G.S., Ryan R.S., Scofield H.N.*, Dynamics and Control of Large Space Structures – Journal of Guidance, Control and Dynamics – 1984– Vol. 7, pp. 514-526.
9. *Hyland D.C., Junkins J.L., Longman R.W.*, Active Control Technology for Large Space Structures–Journal of Guidance, Control and Dynamics – 1993– Vol. 16, pp. 801-821.