

Использование силы Лоренца для совершения орбитальных маневров

Научный руководитель – Асланов Владимир Степанович

Армянинова Ульяна Юрьевна

Студент (бакалавр)

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.

Королева, Институт ракетно-космической техники, Самара, Россия

E-mail: uarmyaninova@mail.ru

Существует большое количество работ, в которых исследуется влияние магнитного поля Земли на заряженный спутник. Работы [1-3] посвящены исследованию влияния сил Лоренца на вращательное движение искусственного спутника Земли, оснащенного электростатической защитой. В результате этих и более поздних исследований показано, что силы Лоренца могут существенно влиять на динамику вращательного движения заряженного спутника вокруг его центра масс. В работах [4-5] изучалось влияние силы Лоренца на орбитальное движение спутника на низкой околоземной орбите и на управление ориентацией спутника.

В отличие от работ, посвященных исследованию и учету возмущающего влияния сил Лоренца на заряженный спутник, было предложено намеренно заряжать спутник и использовать индуцированную силу Лоренца в качестве движущей силы для совершения орбитальных маневров и управления ориентацией [6]. Силу Лоренца предлагалось использовать для «парения», т.е. зависания спутника около определенного объекта на орбите [7].

В настоящей работе сила Лоренца будет использована для реализации перелета с одной круговой экваториальной орбиты на другую. Рассматриваемый подход позволяет как увеличивать радиус орбиты (при удельном заряде спутника $q/m > 0$, Рис.1), так и уменьшать его ($q/m < 0$, Рис.2). Решение этой задачи делится на два этапа. На первом этапе спутник находится на начальной круговой орбите, обусловленной только силой притяжения Земли. Затем в некоторый момент на спутнике генерируется заряд, в результате чего на него начинает действовать сила Лоренца со стороны магнитного поля Земли, благодаря которой заряженный спутник без затрат топлива достигает необходимой высоты. На втором этапе с помощью реактивных двигателей скорость спутника увеличивается (при повышении орбиты) или уменьшается (при понижении орбиты) таким образом, чтобы заряженный спутник вышел на круговую орбиту, обусловленную совместным действием силы притяжения Земли и силы Лоренца.

Для решения поставленной задачи выведены уравнения движения с учетом действия сил Лоренца. Затем на основе численного интегрирования полученных уравнений движения показано влияние сил Лоренца на движение спутника. Далее найдены условия движения по круговой орбите и импульс скорости, который необходимо сообщить заряженному спутнику с помощью реактивных двигателей для выхода на заданную круговую орбиту. Проведено сравнение предложенного комбинированного метода и традиционного двухимпульсного перелета по эллипсу Цандера-Гомана и показана эффективность рассматриваемого метода. Кроме того, рассмотрена задача перехода с начальной эллиптической орбиты на круговую с использованием сил Лоренца. В этом случае переход с эллиптической на круговую орбиту осуществляется только лишь за счет сил Лоренца и не требует затрат топлива.

Источники и литература

- 1) Лунев В. В. Вращательное движение заряженного тела в магнитном поле // Дисс. канд. физ.-мат. наук. Л., 1979. 152 с.
- 2) Ляховка Г. В. Частные случаи движения тела с экраном электростатической защиты относительно центра масс // Прикл. механика, вып. 5., изд. Ленингр ун-та, 1981. с. 48-63.
- 3) Петров К. Г., Тихонов А. А. Момент сил Лоренца, действующих на заряженный спутник в магнитном поле Земли. 4.2 Вычисление момента и оценки его составляющих.// Вестн. С.-Петербург. Ун.-та. Сер.1, 1999, Вып. 3 (№15), с. 81-91.
- 4) Abdel-Aziz, Yehia, Lorentz force effects on the orbit of a charged artificial satellite: New approach, Journal of Applied Mathematical Sciences Vol 1, No 31, pp. 1511-1518, 2007.
- 5) Abdel-Aziz, Yehia and M. Shoaib, Attitude dynamics and control of spacecraft using geomagnetic Lorentz force. Research in Astronomy and Astrophysics (RAA) Vol 15 No. 1, 127-144, 2015.
- 6) Peck, M. A., "Prospects and Challenges for Lorentz-Augmented Orbits," Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, AIAA Paper 2005-5995, Aug. 2005.
- 7) Xu Huang, Ye Yan, Yang Zhou, 2014. Dynamics and control of spacecraft hovering using the geomagnetic Lorentz force. Advances in Space Research 53, 518-531.

Иллюстрации

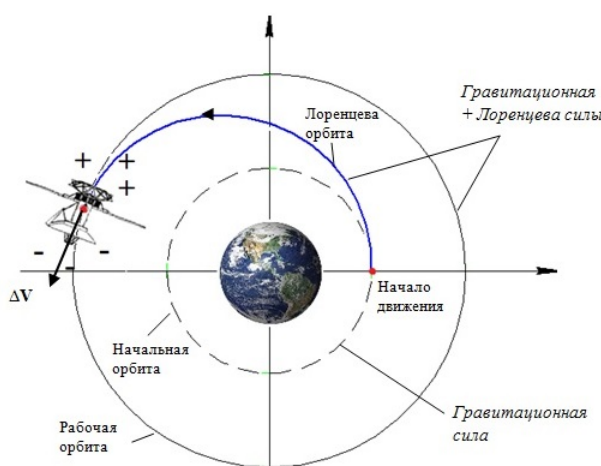


Рис. 1. Рисунок 1 - Повышение орбиты

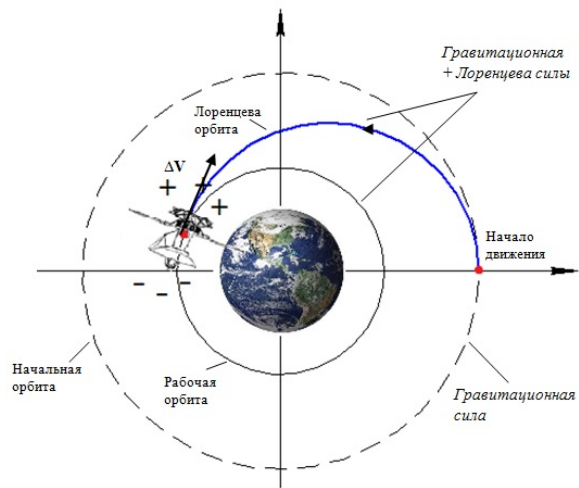


Рис. 2. Рисунок 2 - Понижение орбиты