

УДК 629.78+531.381

Влияние недиагональных элементов тензора инерции на точность одноосной ориентации вращающегося космического аппарата с магнитным управлением

Ролдугин Дмитрий Сергеевич^(*)

rolduginds@gmail.com

Ткачев Степан Сергеевич

stevens_L@mail.ru

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

Аннотация. Рассматривается управляемое угловое движение космического аппарата, стабилизируемого вращением. Для управления применяется алгоритм магнитной ориентации, опирающийся на рассогласование требуемой и текущей скоростей. Изучается влияние рассогласования оси вращения аппарата и главной оси инерции, возникающее в процессе компоновки. В линеаризованных уравнениях движения выявлен захват в резонанс углов ориентации оси вращения относительно требуемого направления и угла собственного вращения. Показано, что конечная точность ориентации примерно совпадает с точностью выставления оси вращения относительно главной оси.

Ключевые слова: магнитное управление, стабилизация вращением, ориентация, неопределенность тензора инерции, резонанс

Введение. Орбитальные обсерватории предоставляют уникальную возможность наблюдений, свободных от искажений в атмосфере Земли. Особняком в этом вопросе стоит использование малых космических аппаратов, в том числе кубсатов. Из-за высоких требований к качеству получаемого изображения и малых размеров телескопа приходится жертвовать углом обзора. В результате существенно повышаются требования по точности ориентации и стабилизации, чтобы успешно нацелить аппарат на требуемый объект и избежать смаза изображения.

Материалы и методы; результаты. Удачным выбором в такой задаче может показаться использование магнитной системы ориентации на быстро вращающемся аппарате. Обеспечивая высокую точность одноосной стабилизации, такой подход позволяет отказаться от двигателей-маховиков, занимающих большой объем и приводящих к вибрациям, нежелательным при астрономических наблюдениях [1]. Здесь особую роль начинает играть обычно несущественный фактор отличия строительных осей космического аппарата — в частности, оси установки телескопа — от главных центральных осей. Возникающие небольшие недиагональные элементы тензора инерции обычно не оказывают существенного влияния на точность ориентации. Однако отличие оси вращения от главной оси приводит к постоянным попыткам вращающегося аппарата перейти во вращение вокруг главной оси, тогда как система ориентации пытается поддерживать вращение вокруг строительной оси.

Влияние недиагональных элементов на возникающие нутационные колебания было ранее рассмотрено авторами [2]. В работе изучено влияние отличия

чия главной и строительной осей на стабилизацию космического аппарата с магнитным управлением, основанным на рассогласовании векторов требуемой и текущей угловых скоростей. Уравнения движения линеаризованы в окрестности требуемого вращения. Выписаны уравнения для эволюции амплитуд и фаз колебаний оси вращения в полусвязанной системе координат. Выявлено, что фазы колебаний оси вращения захватываются в резонанс с углом собственного вращения. Для такого установившегося режима получено выражение, показывающее отклонение оси вращения от требуемого направления. Проведено численное моделирование движения в реалистичном сценарии, показывающее пригодность полученного результата для описания реального движения космического аппарата.

Заключение. Для стабилизируемого вращением спутника с магнитной системой ориентации изучено влияние недиагональных элементов тензора инерции на точность ориентации. Показано, что отклонение оси вращения от требуемого направления примерно равно отклонению строительной оси (требуемой оси вращения) от главной центральной оси инерции.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-71-10009, <https://rscf.ru/project/22-71-10009/>.

Список источников

- [1] Roldugin, D.S., Tkachev S.S., Bogachev S.A., Kuzin S.V. Comparing Reaction Wheels and Magnetorquers Performance in the CubeSat Solar Observatory Stabilization. *Cosmic Research*, 2024, vol. 62, no. 5, pp. 444–453. <https://doi.org/10.1134/S0010952524600744>
- [2] Roldugin D.S., Ovchinnikov M.Y. Wobble of a spin stabilized satellite with cross products of inertia and magnetic attitude control. *Advances in Space Research*, 2023, vol. 71, no. 1, pp. 408–419. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2022.08.073>