

скоростью являются недостатками, которые в известной мере могут быть компенсированы техническими приемами.

Список литературы:

1. Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г. Управление космическими летательными аппаратами.- Москва: «Машиностроение», 1974.
2. Б.В. Раушенбах. Управление движением космических аппаратов.- Москва: «Знание», 1986
3. Условия космического полета// Библиотека по астрономии и космонавтике. [Электронный ресурс] URL <http://12apr.su/books/item/f00/s00/z0000023/st003.shtml> (Дата обращения 1.03.2015)
4. Система ориентации космического аппарата// Википедия.[Электронный ресурс] URL <http://ru.wikipedia.org/> (Дата обращения 10.03.2015)
5. Механика космического полета в элементарном изложении, Левантовский В.И., Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1970, 492с.

### **Двигатель-маховик малого космического аппарата**

Затонов И.А.

Научный руководитель: Мартемьянов В.М., к.т.н., доцент кафедры ТПС  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: [ivan.zatonov@yandex.ru](mailto:ivan.zatonov@yandex.ru)

При полете на космический летательный аппарат (КЛА) воздействуют внешние и внутренние моменты. Внутренние моменты, вызываемые движением отдельных частей аппарата, могут использоваться для поддержания требуемой ориентации КЛА. В качестве одного из видов управляющих устройств для стабилизации и ориентации спутника применяют двигатели-маховики.

Двигатели-маховики рационально применять на КЛА предназначенных для длительного полета. Объяснение заключается в отсутствии зависимости суммарной массы управляющего устройства (УУ) и массы источников энергосбережения от продолжительности функционирования системы. Для трехосной ориентации создание внутренних моментов по трем связанным осям осуществляется посредством применения трех двигателей-маховиков. В настоящее время такая система получила широкое распространение [1].

Для приводов маховиков используются двигатели различных типов. Наиболее оптимальным решением является применение электрических двигателей. В настоящее время в качестве исполнительных устройств широкое применение получили бесконтактные двигатели постоянного тока.

В общем виде двигатели маховики состоят из массивного ротора, который устанавливают на опоры и приводят во вращение электродвигателем. Ротор закрепляют на маховике, а статор- на основании системы. Возможно помещение конструкции в герметичную камеру для снижения момента сопротивления вращению маховика.

Управляющий момент создается за счёт изменения момента количества движения маховика. Данный момент определяется формулой [1-2].

$$\bar{M}(t) = \frac{d(I(t) \cdot \bar{\omega}(t))}{dt}, \text{ где} \quad (1)$$

$I(t)$  – момент инерции тела относительно оси вращения;  
 $\bar{\omega}(t)$  - вектор угловой скорости маховика;

$t$ - время;

$\vec{M}(t)$ - вектор момента количества движения.

Основными конструкционными элементами двигателя являются ротор и статор. На статоре расположены обмотки управления. Ротор изготавливают из магнито-мягких и магнито-твердых материалов. Ротор изготовленный из магнито-мягких материалов принято называть реактивным ротором, а из магнито-твердых – активным ротором.

Использование бесконтактных двигателей с магнитным ротором обуславливает [3]:

- Возможность получения больших крутящих моментов;
- Повышенная надежность и долговечность;
- Высокий уровень энергосбережения.

Для управления малым КЛА необходим свой маховик с собственными рабочими характеристиками. В настоящее время, доступность таких двигателей-маховиков на отечественном рынке остается низкой, т.к. их производством занимаются предпочтительно за рубежом. Применение микродвигателей общего назначения для привода КЛА является нецелесообразным ввиду ряда конструктивных ограничений.

На кафедре Точного Приборостроения института Неразрушающего Контроля было предложено создать двигатель-маховик на основе элементов привода флоппи-дисков (Рисунок 1). Двигатели таких приводов имеют плоскую конструкцию, что подходит для конструирования на их основе двигателей-маховиков.

Простота конструкции ряда приводов флоппи-дисков позволяет на их основе собрать действующий макет и получить необходимые для дальнейших исследований характеристик.



Рисунок 1 - Устройство Флоппи-накопителя

Наряду с разработкой двигателя-маховика, в настоящее время проводится разработка демонстрационного стенда для пояснения принципа работы маховичной системы управления.

Список литературы:

1. Исследование вибрационных характеристик электродвигателей-маховиков систем ориентации космических аппаратов / Ю.А. Бритова, Г.Н. Гладышев, В.С. Дмитриев; Томский политехнический университет.- Томск: Из-во Томского политехнического университета, 2012.-139с.

2. Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г. Управление космическими летательными аппаратами.- Москва: «Машиностроение», 1974.

3. Б.В. Раушенбах, Управление движением космических аппаратов.- Москва: «Знание», 1986

4. Механика космического полета в элементарном изложении, Левантовский В.И., Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1970, 492с.