

ЗВЕЗДНЫЙ И СОЛНЕЧНЫЙ ДАТЧИКИ ДЛЯ КУБСАТОВ

С.В. Кузин^{1,2}

¹Институт космических исследований РАН

²Институт солнечно-земной физики СО РАН

s.v.kuzin@cosmos.ru

Быстрый прогресс в развитии наноспутников типа «кубсат» [1] позволяет переводить на эту платформу все более сложные научные и прикладные космические приборы. Сейчас широко реализуются в основном эксперименты *in-situ*, связанные с локальными измерениями околоспутникового пространства, и эксперименты, связанные с приемом и передачей информации, а также отчасти – с распространением радиоволн.

Адаптация под кубсаты таких инструментов, как изображающий оптические приборы, как для задач ДЗЗ, так и астрофизики, сдерживается в значительной мере из-за ограничений, накладываемых со стороны космического аппарата (КА). В частности, к этим ограничениям относятся сравнительно низкие характеристики ориентации и стабилизации КА во время регистрации изображений. Так, например, для получения изображений среднего качества с разрешением по поверхности Земли в 10 м необходимо наводиться на выбранную точку на поверхности Земли с точностью в 10-20 угловых секунд и иметь стабилизацию не хуже 3 угл. секунд в секунду по 3-м осям. Для астрофизических наблюдений качество ориентации и стабилизации должно быть примерно таким же.

Одним из ключевых элементов системы ориентации КА являются датчики, дающие информацию о текущем направлении осей КА в какой-либо системе координат и/или их отклонении от выбранного направления. Высокоточные характеристики, обеспечивающие возможность достижения значений системы ориентации, требуемых для эксплуатации изображающей аппаратуры имеют звездные (3-х координатные) датчики, солнечные датчики (2 координаты) и датчики горизонта (2 координаты).

Несмотря на то, что на мировом рынке такие датчики довольно широко представлены [2], их практическое применение ограничено высокой ценой и сложностью поставок.

В рамках работ по программе «УниверСат» [3] были разработаны и изготовлены солнечные и звездные датчики для использования на кубсатах различных отечественных производителей.

Солнечный датчик представляет собой прибор, регистрирующий отклонение направления на Солнце относительно собственной оптической оси. В оптической схеме разработанного солнечного датчика в качестве детектора использован 4-х секционный фотодиод, на котором строится изображение Солнца с помощью специальной маски. Разность сигнала в разных секциях фотодиода позволяет определить отклонение от направления на центр диска Солнца с высокой точностью за счет большого отношения сигнал/шум на детекторе. Для уменьшения тепловых нагрузок маска нанесена на специальный светофильтр, блокирующий инфракрасное излучение Солнца. Конфигурация маски и ее положение относительно фотодиода позволяет варьировать величину поля зрения солнечного датчика и точность измерений в большой степени. Использование диода позволяет получать данные по отклонению с частотой 20Гц. Основные характеристики Солнечного датчика приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметр	Значение
Поле зрения (широкопольный вариант), град	30
Точность определения отклонения (широкопольный вариант), угл. сек	60
Поле зрения (прецизионный вариант), град	3
Точность определения отклонения (прецизионный вариант), угл. сек	2
Частота обновления информации, Гц	20
Габариты, мм	40x27x10
Масса, гр	50
Энергопотребление, Вт	0,5
напряжение питания, В	+5 В... +7
Интерфейсы	RS485/CAN

Звездный датчик предназначен для определения текущего направления своей оси визирования в экваториальной системе координат по регистрации изображения звездного неба и его сравнения с звездным каталогом, находящемся в памяти прибора. Прибор имеет классическую оптическую схему, состоящую из объектива с блендой, фокусирующего изображение звездного неба на КМОП-матрицу. Изменение параметров звездного датчика возможно как за счет использования объектива с другим фокусным расстоянием, так и за счет использования другой матрицы. Основные характеристики звездного датчика приведены в табл. 2

Таблица 2

Параметр	Значение
Система координат	Экваториальная J2000
Точность RA/ DE/ RO, угл. мин	1/1/10
Частота обновления информации, Гц	10
Габариты, мм	93x45x45
Масса, гр	150
Энергопотребление, Вт	1,5
напряжение питания, В	+5 В... +12
Интерфейсы	RS485/CAN

Как в солнечном, так и в звездном датчиках обработка информации проводится на ПЛИС с помощью алгоритмов повышенной устойчивости к сбоям, что позволяет существенно повысить радиационную стойкость датчиков.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-72-30002, <https://rscf.ru/project/23-72-30002/>.

Список литературы:

1. The DAILI (Daily Atmosphere and Ionosphere Limb Imager) CubeSat Mission / J.H. Hecht, L.J. Gelinas, D.A. Hinkley [et al.] // American Geophysical Union, Fall Meeting 2019, abstract #SA44A-08.
2. One-stop webshop for CubeSats and Nanosats: [сайт]. – URL: <https://www.cubesatshop.com/> (дата обращения: 18.06.2023).
3. Программа запуска малых космических аппаратов «УниверСат» // Официальный сайт «Роскосмос». – URL: <https://www.roscosmos.ru/23836/> (дата обращения: 22.06.2023).