

осуществлен по результатам расчета основных характеристик пьезоакселерометра, а также исходя из особенностей технологии изготовления пьезоакселерометра.

Список литературы:

1. Ж. Аш Датчики измерительных систем. Книга 2. – Изд.: Москва «Мир», 1992. – 424 с.
2. Энциклопедия физики и техники. Пьезоэлектрические материалы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.femto.com.ua/articles/part_2/3200.html, свободный.
3. В. Шарапов, М. Мусяенко, Е. Шарапова Пьезоэлектрические датчики. – Изд.: Москва «Техносфера», 2006. – 637 с.

Система электроснабжения малого космического аппарата

Вьюнг Суан Чьен

Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент кафедры ТПС
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: chientomsk@gmail.com

Современный космический аппарат невозможно представить без надежной системы электроснабжения. На космических аппаратах различного служебного назначения существует большое число потребителей электроэнергии: система ориентации, система связи с центром управления, кино- и фотоаппаратура, другая научная аппаратура. В данной работе проводится сравнительный анализ существующих систем электроснабжения КА и выбор наиболее приемлемой для МКА системы электроснабжения.

1. Источники электрической энергии, применяемые в настоящее на борту КЛА Ядерные источники (Ядерный реактор)

Известны ядерные реакторы, которые применялись на космических аппаратах: SNAP, Ромашка, Бук, Топаз, Енисей [1]. Ядерные реакторы применяют в космосе, если необходимое количество энергии невозможно получить другими способами.

Принцип работы ядерного реактора заключается в том, что в результате цепной ядерной реакции высвобождается большая тепловая энергия, которая определенным образом преобразуется в электрическую энергию.

Система электроснабжения КА, на основе использования солнечной энергии

В настоящее время наибольшее применение нашли солнечные энергоустановки на базе панелей солнечных батарей, потому что с поверхности панелей солнечных батарей можно получить большие количества энергии. Для получения максимальной энергоотдачи, панели батарей должны находиться перпендикулярно к потоку солнечного света [2].

Аккумуляторные батареи

В космосе наибольшее применение получили никель-водородные или литий-ионные аккумуляторные батареи, которые обеспечивают наибольшее количество циклов заряд - разряд. Основным параметром аккумуляторов является удельная энергия, определяющая их массогабаритные характеристики [2, 3].

В таблицу 1 сведены основные характеристики источников энергии, на основании сравнения которых можно сделать вывод о предпочтительном применении того или иного источника энергии для каждого конкретного случая [3, 4, 5].





Сравнительный анализ параметров позволяет сделать выбор в пользу солнечных батарей.

2. Система энергоснабжения на основе использования солнечной энергии

Структура системы представлена на рис.1. В состав системы входят: панели солнечных батарей, блок стабилизации напряжения, в состав которого входит зарядное устройство,

аккумуляторные батареи. Полезной нагрузкой для системы электроснабжения служат различные приборы, бортовой компьютер, система ориентации и др.

Таблица 1 - Характеристики источников энергии для космических аппаратов

Источник энергии	Тепловая мощность, кВт	Электрическая мощность, Вт	Масса, кг	Отношение мощности к массе, Вт/кг	Ресурс, дни	Фото	
Ядерные реакторы							
SNAP-10A	30	590	290	2,0344	43		
Ромашка	40	-	-	-	-		
Бук	100	3000	900	3,3333	135		
Топаз	150	5000-6000	11	454,54-545,454	1 год		
Енисей	115- 135	4500-5500	-	-	3 год	-	
Солнечные энергоустановки							
Тип	Удельная мощность СБ при АМ0, 25°C в оптимальной точке ВАХ, Вт/м2	Удельная мощность СБ при АМ0, 60°C, в оптимальной точке ВАХ, Вт/м2	Удельная масса (по фотообразующей части без учёта каркаса), кг/м ²		Деградация рабочего тока за САС, %		
			сетчатая подложка	сотовая подложка	10 лет GEO	10 лет LEO	10 лет на эллиптической и промежуточной орбитах
Монокристаллический	200	165-170	1,7-1,85	1,4-1,5	20	20	30
GalnP2-GalnAs-Ge трехкаскадные	~350	~320	1,9	1,6	15	15	25
Аморфный	90-100	80-90	0,3		Радиационная деградация ~7%		
Аккумуляторные батареи							
Тип	Диапазон емкостей, Ач	Удельная энергия, Вт·ч/кг		Способы термостатирования	Срок службы, лет		
		Аккумулятора	Батарей		На геостационарной орбите	На околоземной орбите	
Никель-водородных	20-160	75-90	45-60	Кондуктивный Радиационный Тепловыми трубами	15	Более 7	
Литий-ионных	10-120	145-175	110-130	-	15	-	

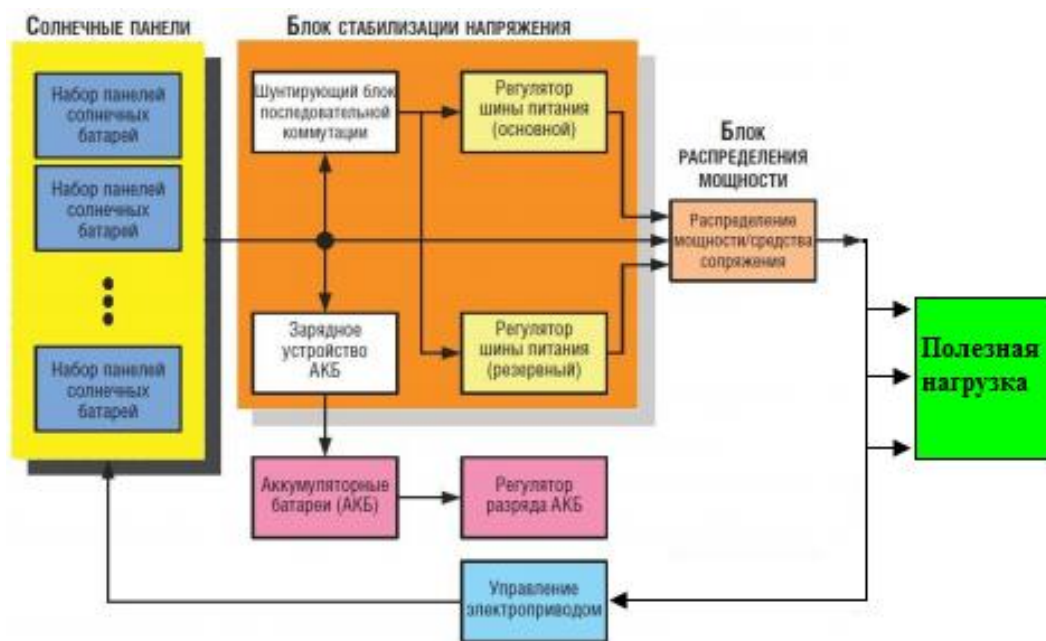


Рисунок 1 - Схема электроснабжения КА

3. Обзор существующих систем ориентации солнечных батарей на КА

Преимущественно панели солнечных батарей располагаются на внешней поверхности космического аппарата или на раскрывающихся жёстких панелях. Система ориентации солнечных батарей (СОСБ) предназначена для наведения панелей солнечных батарей на Солнце, и поддержание требуемой ориентации панелей относительно Солнца. Для этой цели используются электромеханические приводы, установленные в корпусе КА [6].

Существуют следующие классификации [6] способов ориентации СБ:

- По способу формирования сигналов отклонения солнечных батарей от направления на Солнце;
- По типу ориентации СБ;
- По числу степеней свободы (осей поворота) УПБС;
- По виду связи поворотных солнечных батарей с корпусом КА;
- По характеру взаимовлияния контура СОСБ с контуром управления КА и дополнительным функциям СОСБ;
- По способам взаимодействия панелей солнечных батарей с внешними полями.

4. Выбор способа разворота панелей СБ МКА

В результате проведенного анализа принято решение о комбинированном размещении панелей солнечных батарей на МКА: жесткое крепление панелей на корпусе КА и применение панелей с использованием системы ориентации на Солнце (рис.2).

В состав СОСБ входят: солнечный датчик (1), солнечная панель спутника (2), поворотное устройство (3), бортовой компьютер (4).

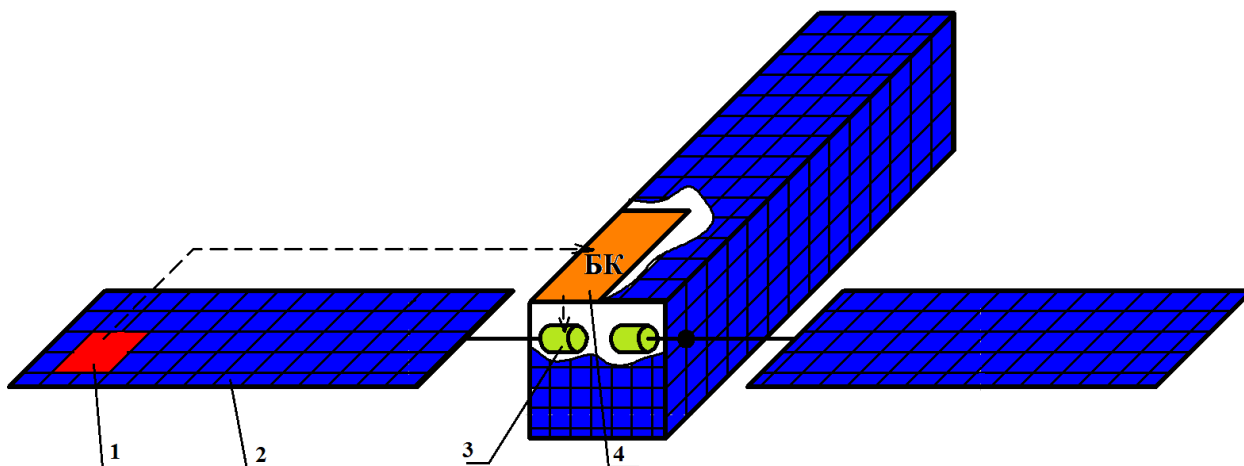


Рисунок 2 - Элементная база

При развороте панелей поворотными устройствами необходимо обеспечить неизменное положение корпуса КА относительно Земли или другого ориентира.

Список литературы:

1. Википедия/ Ядерные реакторы на космических аппаратах /- URL: [2. Википедия/ Система энергоснабжения космического аппарата/- URL: \[3. ФЕДЕРАЛЬНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ АГЕНСТВО/ Главная / Космическая промышленность / Продукция предприятий и организаций/- URL: <http://www.federspace.ru/2011>.\]\(https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B0, режим доступа – свободный.</p>
</div>
<div data-bbox=\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B_%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%85, режим доступа – свободный.</p>
</div>
<div data-bbox=)

4. Lozga/ Публикации/ Поле пашет мирный трактор, по небу летит реактор/ атомных реакторов в космосе/ - URL: <http://geektimes.ru/post/229625>.

5. Rnnrusnanonet/ Российская национальная нанотехнологическая сеть/ Главная страница / Каталог разработок / Солнечные элементы и батареи космического применения/ Солнечные элементы и батареи космического применения/- URL: <http://www.rusnanonet.ru/products/21131>.

6. Википедия/ Система ориентации солнечных батарей/- URL: [101](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D1%81%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B1%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%B9, режим доступа – свободный.</p>
</div>
<div data-bbox=)