

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Огоренко Д.С.

Научный руководитель: Костюченко Т.Г.

Национальный исследовательский Томский Политехнический университет

Томск, Россия.

Целью работы является проектирование системы электропитания малого космического аппарата (МКА) для дистанционного зондирования Земли. Результаты зондирования можно использовать в интересах экономики Томской области: для предотвращения крупномасштабных лесных пожаров, определение изменения площади лесных массивов, вопросы экологии.

Ключевые слова: малый космический аппарат, дистанционное зондирование земли, питание систем.

DESIGN OF A POWER SYSTEM FOR A SMALL SPACE VEHICLE

Ogorenko D. S.

Supervisor: Kostyuchenko T. G.

Tomsk Polytechnic University

Tomsk, Russia

The aim of the work is to design a power system for a small spacecraft (MCA) for remote sensing of the Earth. The sounding results can be used in the interests of the economy of the Tomsk region: to prevent large-scale forest fires, to determine changes in the area of forests, environmental issues.

Key words: small spacecraft, remote sensing of the earth, power systems.

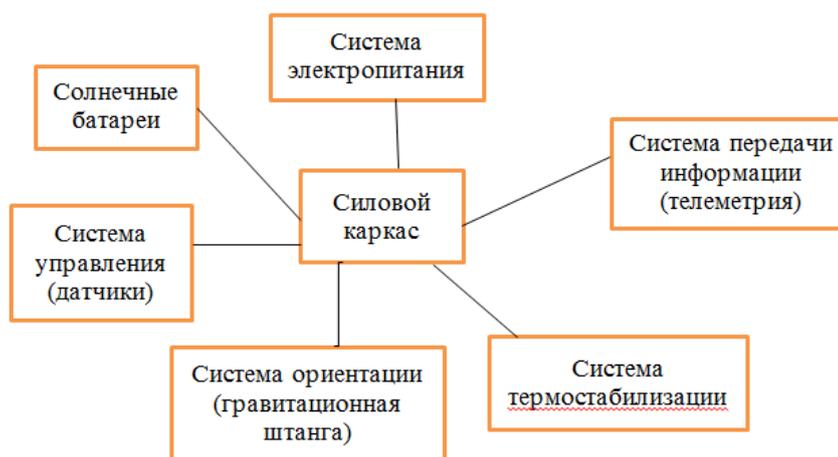
Современная наука и технологии продолжают развиваться, не имея какого-либо предела. В настоящее время космические аппараты стараются сделать все более малыми и компактными, при этом они не уступают в функциональном назначении аппаратам, выпускаемым в прошлом. С начала 90-х годов XX века активно разрабатывались малые спутники. В XXI веке началось активное развитие отрасли производства малых космических аппаратов (МКА).

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – наблюдение поверхности Земли авиационными и космическими средствами, оснащёнными различными видами съёмочной аппаратуры. Рабочий диапазон длин волн, принимаемых съёмочной аппаратурой, составляет от долей микрометра (видимое оптическое излучение) до метров (радиоволны). Методы зондирования могут быть пассивные и активные – использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия.

Малый космический аппарат (МКА) – тип искусственных спутников земли, имеющих малый вес и размеры. Обычно малыми считают спутники с массой менее 0.5 – 1

тонны. Существует более подробная классификация типов в зависимости от массы. Запуск малых спутников на орбиту может производиться более простыми ракетами (например, РН на базе МБР) или в качестве дополнительной нагрузки к обычным спутникам.

Проектируемый КА сможет в одинаковом объеме выполнять функции как спутника связи, так и спутника дистанционного зондирования Земли, а также множество других функций, в зависимости от аппаратуры модуля полезной нагрузки.



Система управления (датчики, ИО) – служит для управления оборудованием спутника на основании показаний датчиков и в соответствии с командами информационной системы;

Система ориентации (гравитационная штанга) – служит для управления ориентацией спутника относительно поверхности Земли;

Система передачи информации (телеметрия) – служит для передачи данных со спутника в центр управления и получения команд;

Система термостабилизации служит для поддержания температуры в объеме спутника в соответствии с заданными параметрами и требованиями к оборудованию спутника.

Система питания предназначена для питания спутника с суммарной мощностью энергосистемы 20 Вт.

Для питания систем спутника необходимо предусмотреть ряд напряжений:

+3,3В – 1А (для питания системы видеосъемки)

+5В – 1,5А (узел управления и отправки данных)

+12В – 0,5А (для системы термостабилизации)

12В – 0,5А переменного тока частотой 400 Гц для питания двигателей системы стабилизации и двигателей раскрытия солнечной батареи.

Функциональная система электропитания состоит из нескольких независимых узлов:

А) Солнечная батарея – источник энергии для питания спутника. Служит для преобразования энергии солнца в электрическую энергию. Мощность, отдаваемая солнечной батареей, должна обеспечить как питание энергосистемы, так и заряд аккумуляторной батареи для питания аппаратуры спутника при нахождении в тени Земли. Примем, что время работы солнечной батареи будет равно времени нахождения спутника в тени. Таким образом, мощность солнечной батареи должна составить удвоенную мощность энергосистемы спутника. Для нивелирования старения фотоэлементов солнечной батареи примем коэффициент запаса $K = 1,5$, тогда отдаваемая мощность солнечной батареи должна составить:

$$P_{cb} = K \cdot 2P_{эс} = 1,5 \cdot 2 \cdot 20 = 60 \text{ Вт.}$$

Номинальное напряжение на выходе солнечной батареи примем:

$$U_{cb} = 50 \text{ В.}$$

Б) Контроллер напряжения солнечной батареи служит для стабилизации напряжения получаемого от солнечной батареи.

Применение контроллера позволяет при изменении входного напряжения в зависимости от уровня освещенности солнечной батареи получить на выходе стабильное напряжение с заданным напряжением. [5]

Напряжение на входе контроллера солнечной батареи изменяется от 33,6 В при заряженной батарее, в процессе работы по мере разряда солнечной батареи оно стабилизируется на отметке около 25 В и держится до полной разрядки аккумуляторной батареи.

Контроллер заряда аккумуляторной батареи собран по схеме рекомендованной изготовителем. Каждый из аккумуляторов батареи подключен к своему контроллеру, таких узлов восемь они соединены последовательно.

Схема контроллера солнечной батареи собрана на интегральной микросхеме LM2596HV представляющей собой импульсный стабилизатор напряжения. Позволяет получить на выходе напряжение 36 В при снижении напряжения на солнечные батареи до 40 В. Таким образом, работоспособность узла заряда аккумуляторной батареи сохраняется в диапазоне входных напряжений от 40 до 60 В.

Стандартная схема включения приведена на рисунке 1.

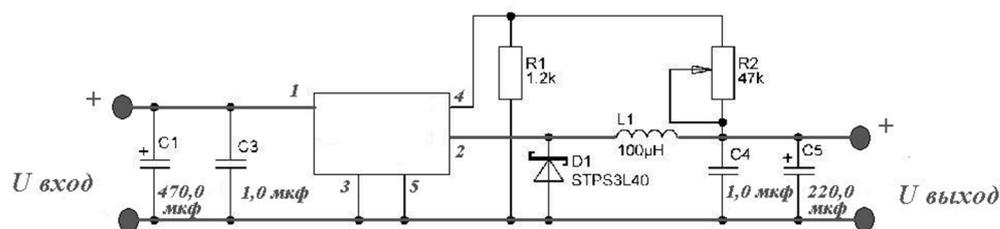


Рисунок 1 – схема включения контроллера

В) Контроллер заряда аккумуляторной батареи служит для заряда аккумуляторной батареи и предотвращает перезаряд. Его параметры определяются емкостью и типом используемой аккумуляторной батареи.

Контроллер заряда аккумулятора представляет собой специализированную микросхему, разработанную для обеспечения оптимального режима заряда аккумуляторной батареи. Контроллер заряда выполнен на ИМС - LC05111C02MTTGG.

Контроллер LC05111C02MTTGG обеспечивает точный контроль тока и напряжения, что позволяет обеспечить:

- Защиту от перезаряда
- Защиту от переразряда
- Защиту от превышения зарядного тока
- Защиту от превышения разрядного тока

Комплексная надежная защита реализуется при помощи одной микросхемы LC05111C02MTTGG и нескольких внешних пассивных компонентов изображенных на рисунке 2.

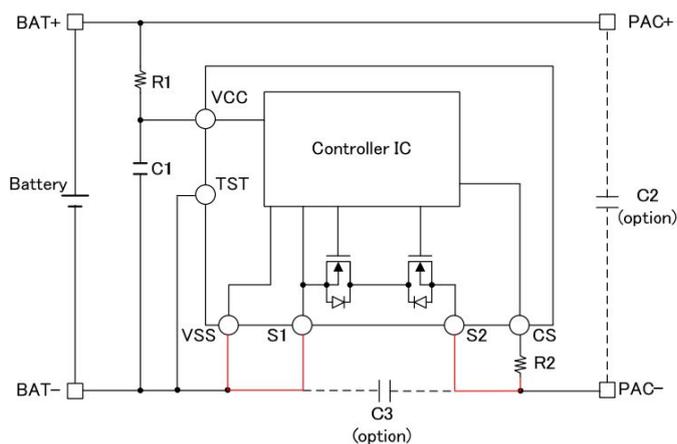


Рисунок 2 – микросхема LC05111C02MTTGG

Г) Аккумуляторная батарея служит основным источником питания энергосистемы спутника. В качестве аккумулятора предполагается использование литий-железо-фосфатный аккумулятор - LiFePO₄ (LFP).

Д) Стабилизаторы напряжения обеспечивают необходимые напряжения для питания аппаратуры спутника. Каждый из стабилизаторов позволяет регулировать

выходное напряжение, это позволит использовать аппаратуру с отличным от принятого напряжения питания без изменения энергосистемы спутника.

Е) Инвертор напряжения позволяет получить из постоянного напряжения переменное с заданными параметрами.

Для получения переменного напряжения используем преобразователь на ИМС КР1211ЕУ1, схема включения которой приведена на рисунке 3. [4]

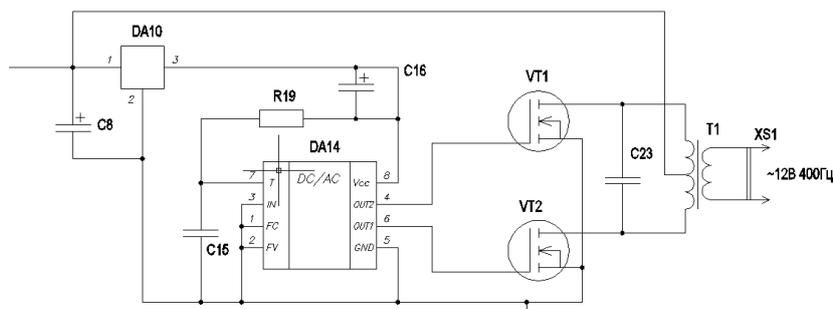


Рисунок 3 – Инвертор переменного тока

Основная особенность микросхемы КР1211ЕУ1 – наличие двух достаточно мощных каналов управления ключами, работающих в противофазе с обязательной паузой между выходными импульсами (импульс во втором канале появляется через некоторое время после окончания импульса в первом, и, наоборот; в западной терминологии эта пауза носит название Dead time - время простоя). Благодаря этому микросхема хорошо подходит для построения импульсных преобразователей напряжения. [6]

Список литературы:

1. Малые спутники (Википедия) – [Электронный ресурс]: (https://ru.wikipedia.org/wiki/Малые_спутники);
2. Малые космические аппараты – новые средства дистанционного зондирования Земли из космоса – [Электронный ресурс]: (<http://jurnal.vniiem.ru/text/100/2.pdf>);
3. Боднер В.А., «Системы управления летательными аппаратами. М.: Машиностроение, 1973. 502 с.;
4. Инверторы переменного тока – [Электронный курс]: (<https://ru.wikipedia.org/wiki/инвертор>);
5. Контроллеры – [Электронный курс]: (<https://www.solnechnye.ru/controllery-zaryada/vybor-controllera-zaryada.htm>);
6. Микросхема КР1211ЕУ1 – [Электронный курс]: (<http://rfanat.qrz.ru/s5/pit-501.html>).