

1121508138. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/138.pdf>, 0,813 у.п.л.

5. Параскевов А.В. ИТ диверсии в корпоративной сфере / А.В. Параскевов, И.М. Бабенков, О.Б. Шилович // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного

аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №02(116). С. 1355 – 1366. – IDA [article ID]: 1161602086. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/86.pdf>, 0,75 у.п.л.

ТЕХНОЛОГИЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА ФЭП ЭНЕРГОСИСТЕМЫ МКА CUBESAT

Алимкина Светлана Вячеславовна

*Магистрант Рязанского Государственного
Радиотехнического университета, г. Рязань*

В энергосистеме МКА формата CubeSat система управления питанием и распределением отвечает за многие задачи, включая настройку мощности на конкретные требования к напряжению и току каждого компонента, принятии решений о том, какие системы должны получать питание, когда спрос превышает доступную мощность, эффективно распределяя мощность для всех подсистем в соответствующее время, а также включение и выключение устройств. Существует множество вариантов блока регулирования и контроля. Большин-

ство из них сосредоточены в двух категориях: прямая передача энергии и отслеживание пиковой мощности. При прямой передаче энергии мощность солнечной батареи напрямую передается нагрузкам. Чтобы регулировать напряжение шины на заданном уровне, шунтирующий регулятор рассеивает любую избыточную мощность в виде тепла внутри системы. На рисунке 1 изображена структура данной архитектуры, на которой видно, что солнечная батарея подключается к распределительному блоку; регулируемая система архитектуры достигается заменой диода на регулятор разряда.

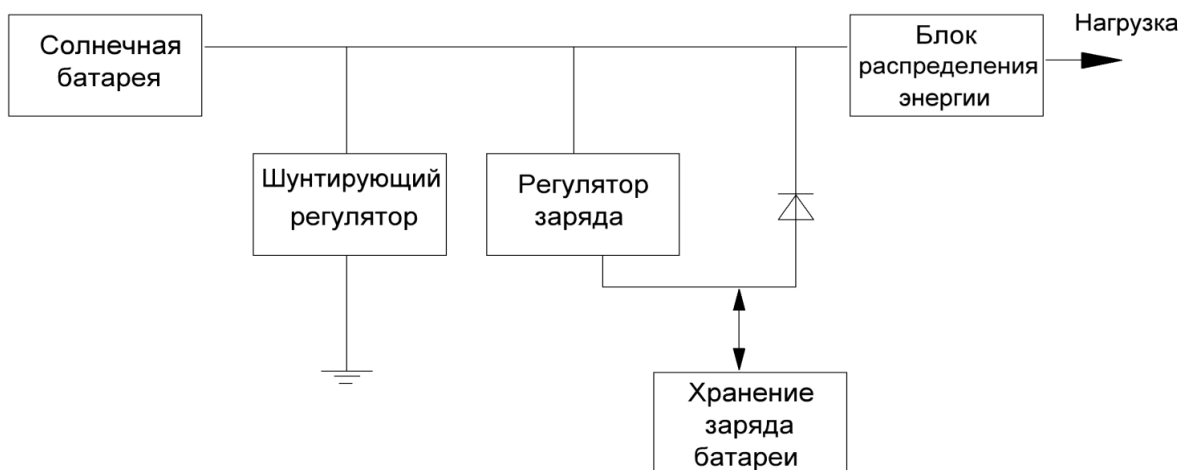


Рисунок 1. Архитектура прямой передачи энергии

Этот стиль требует, чтобы солнечная батарея, нагрузка и аккумулятор были под напряжением. Зарядка аккумулятора осуществляется регулятором заряда, который заряжает батареи постоянным током во время освещения солнцем части орбиты. Для нерегулируемой системы прямой передачи энергии, показанной на рисунке 1, батареи разряжаются через выпрямительный диод в течение периода нахождения в тени, прижимая шину к диоду, падающему ниже напряжения батареи. Регулируемый аналог также широко используется, когда специальный регулятор разряда может повышать/понижать напряжение батареи, чтобы соответствовать желаемому напряжению шины.

При архитектуре отслеживания пиковой мощности последовательно устанавливается регулятор между солнечной батареей и нагрузками. Управляя рабочей точкой вольт-амперной характеристики солнечной батареи, регулятор пытается управлять солнечной батареей таким образом, чтобы максимизировать потребляемую от нее мощность. Это повышает эффективность и устраняет потенциальные проблемы теплового рассеяния, наблюдаемые в системах прямой передачи энергии. Такой регулятор, показанный на рисунке 2, часто называют регулятором отслеживания максимальной мощности, и он используется как для зарядки батарей, так и для питания нагрузки.

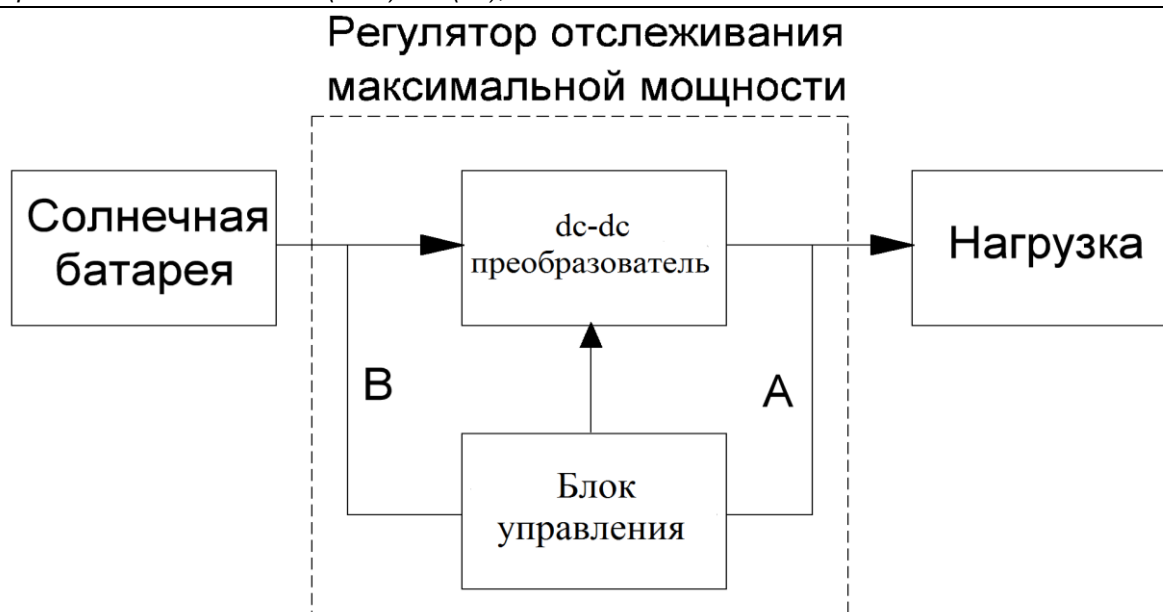


Рисунок 2. Работа регулятора отслеживания максимальной мощности

Отслеживание максимальной мощности можно разделить на два блока: блок управления и блок питания. Блок питания обычно представляет собой dc-dc преобразователь, который воздействует на напряжение солнечной батареи вверх или вниз (или в обе стороны) в соответствии с напряжением шины. Блок управления, который может быть

реализован в аппаратном или программном обеспечении, измеряет параметры солнечной батареи и устанавливает новые рабочие точки [6].

Изменения уровней освещенности оказывает влияние на вольт – амперную характеристику, что отображено на рисунке 3.

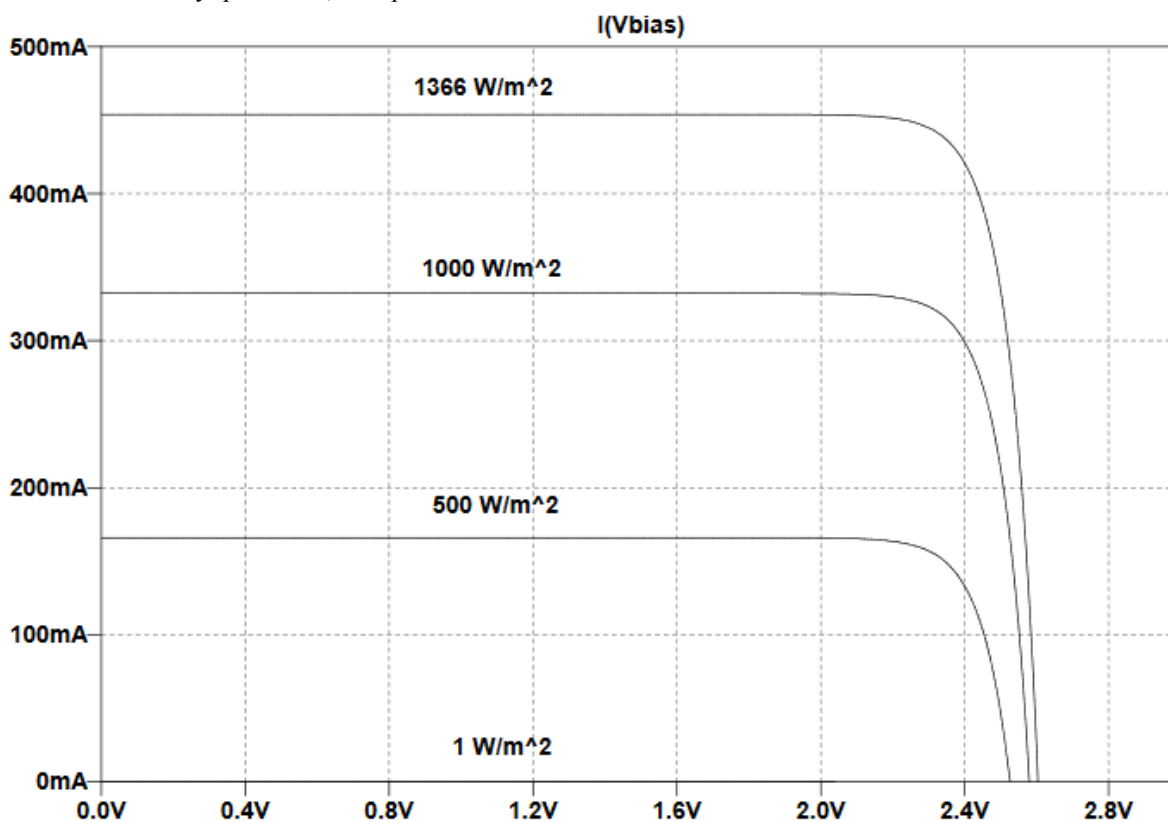


Рисунок 3. Зависимость вольт-амперной характеристики от уровня освещенности

Напряжение разомкнутой цепи - сильная функция температуры. Воздействие температуры на ток короткого замыкания достаточно небольшое. Это

влияние на вольт – амперную характеристику отображено на рисунке 4.

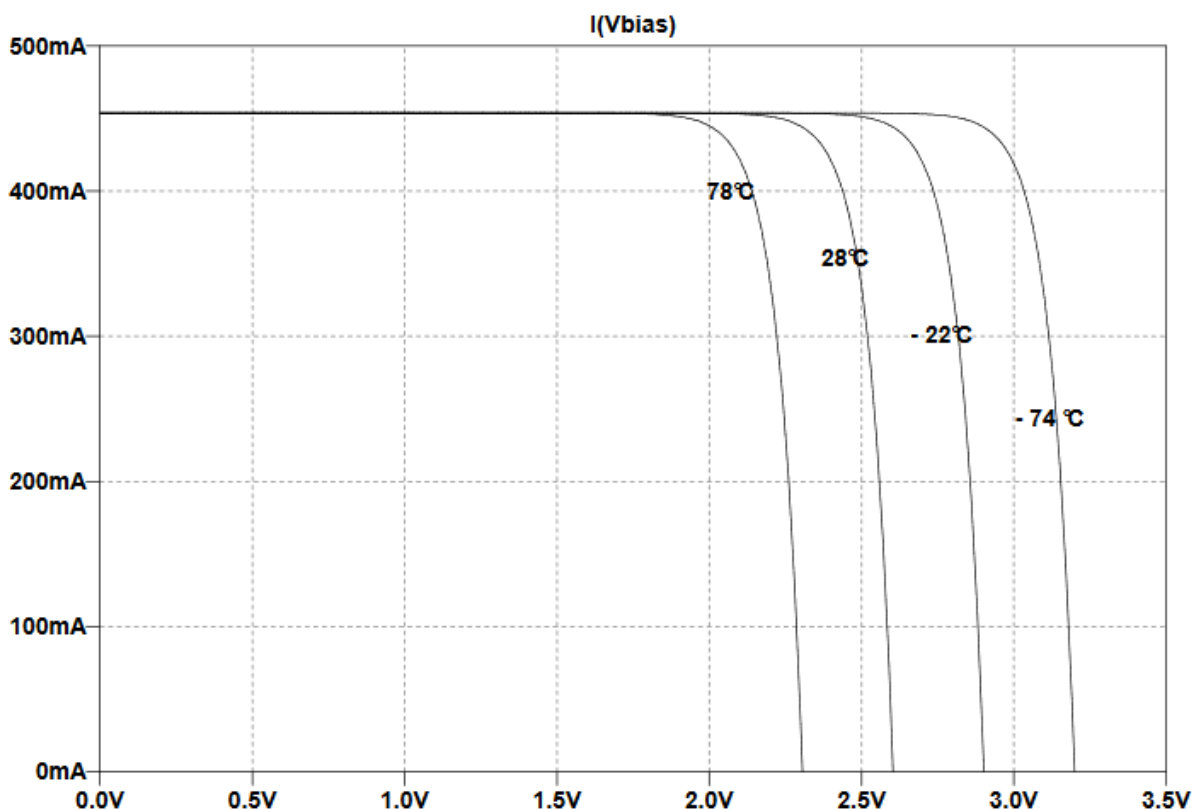


Рисунок 4. Зависимость вольт-амперной характеристики от перепада температур

Существует несколько методов управления с различными архитектурами и различные по степени сложности. Самым простым методом отслеживания является метод постоянного напряжения. Также есть метод инкрементной проводимости, но его недостатком является длительное время преобразования.

Метод постоянного напряжения регулирует напряжение на клеммах солнечной батареи и сопоставляет его с фиксированным опорным напряжением, которое является предполагаемой точкой максимальной мощности ФЭП. Метод прост; необходимо измерить напряжение в преобразователе, сравнить его с эталонным и использовать разницу, чтобы управлять стабилизатором напряжения. Хотя этот метод требует очень мало вычислений и, таким образом, очень быстро находит аппроксимированную точку максимальной мощности, он обладает низкой точностью из-за игнорируемых зависящих от температуры изменений напряжения в разомкнутой цепи солнечного элемента. Фактически, «постоянный» метод напряжения в этом контексте

по своей сути ошибочен, поскольку он основан на ложном предположении, что напряжение ФЭП является постоянным.

Существует вариация этого метода, которая работает путем отвода преобразователя через равные промежутки времени и измерения напряжения разомкнутой цепи. Новое рабочее напряжение, т. е. аппроксимируемая максимальная точка питания, затем устанавливается на уровне около 75% от этого значения, которое должно находиться вблизи точки максимальной мощности.

Другой метод называется метод возмущений и наблюдений. Трекер работает, периодически увеличивая или уменьшая напряжение солнечной батареи и измеряя изменение мощности ФЭП. Если изменение приведет к увеличению выходной мощности ФЭП, трекер повторит свое последнее действие. В противном случае, если результатом будет уменьшение, то следующее возмущение будет в обратном направлении. Реализация данного метода осуществляется по схеме, представленной на рисунке 5.

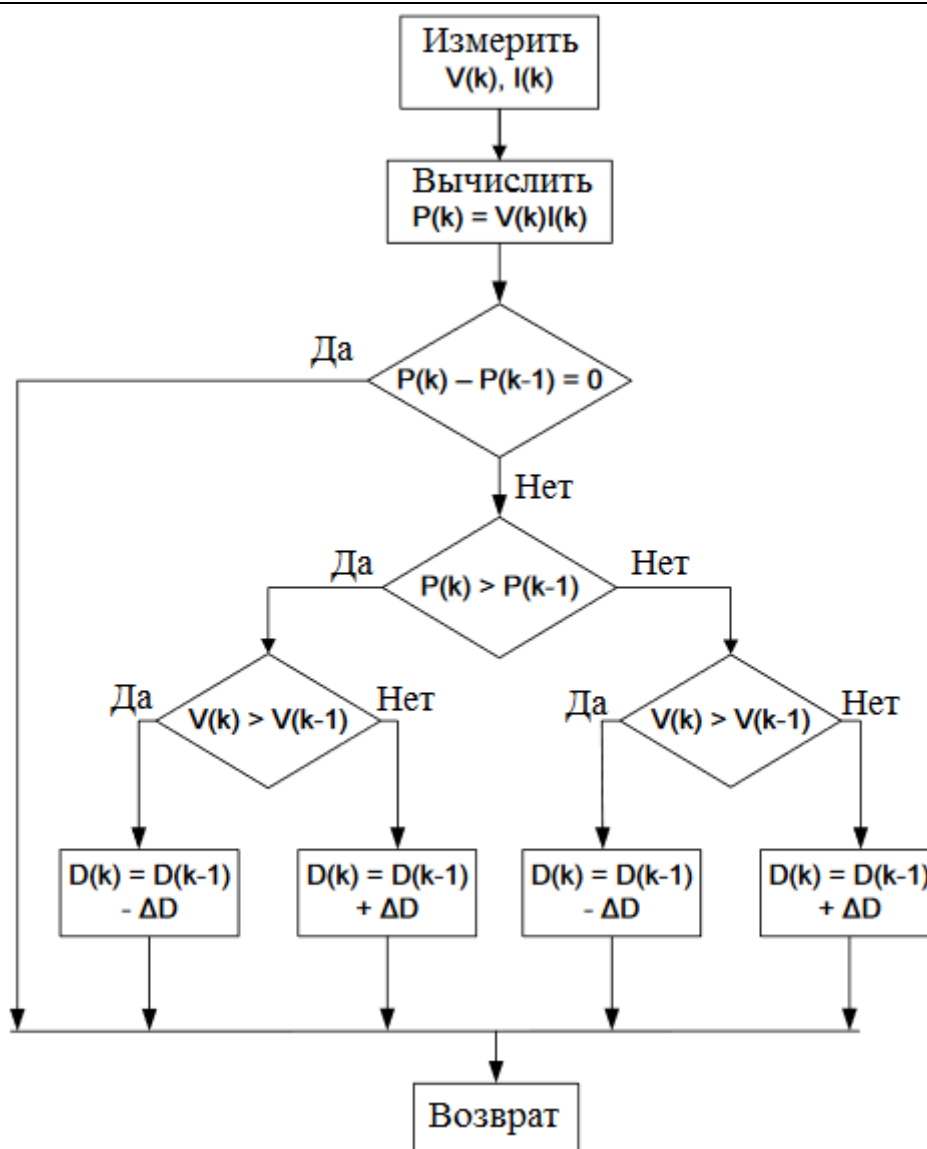


Рисунок 5. Реализация метода возмущений и измерений

Одним из побочных эффектов этого метода является то, что процесс возмущения является непрерывным процессом - метод будет возмущать рабочую точку, даже если она находится в точке максимальной мощности. Таким образом, по определению, даже если метод найдет точку максимальной мощности, он никогда не останется там. Фактически, рабочая точка будет колебаться вокруг точки максимальной мощности с амплитудой, заданной разрешением широтно – импульсной модуляции. Потенциальной слабостью метода является

его неспособность отличить падение мощности из-за облучения по сравнению с падением мощности из-за возмущения. Алгоритм может не интерпретировать падение мощности для того, чтобы продолжать возмущать предельное напряжение в неправильном направлении, что еще больше уменьшит мощность.

На рисунке 6 изображена структура архитектуры, описанной выше, на которой отражен регулятор отслеживания максимальной мощности, контролирующий выходной сигнал солнечной батареи.



Рисунок 6. Архитектура отслеживания пиковой мощности

Преимущество этой архитектуры в том, что солнечная батарея может быть отделена от нагрузки, что позволяет упростить конструкцию батареи. Архитектура отслеживания пиковой мощности не полагается на сопоставление батареи с нагрузками, и, таким образом оптимизация получается на гораздо более широком множестве условий.

Когда батареи полностью заряжены, трекер электронным образом перемещает рабочую точку (в сторону состояния разомкнутой цепи) из максимальной точки питания, и в процессе она оставляет энергию от солнца как тепло в самой солнечной батарее, а не превращает её в электрическую. Поскольку большая часть поступающей солнечной энергии уже оставлена в виде тепла на 28% эффективных панелях во время нормальной работы, еще несколько процентов не создают тепловой проблемы в отношении солнечной батареи. Несмотря на то, какой выбран тип архитектуры передачи

энергии, мощность должна в конечном счете распределяться и регулироваться до требуемого напряжения для каждого компонента малого космического аппарата.

Список литературы:

1. Charles R. Sullivan and Matthew J. Powers. A High-Efficiency Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Arrays in a Solar-Powered Race Vehicle. Power Electronics Specialists Conference, 24th Annual IEEE, 24:574-580, 1993.
2. User Manual: Cubesat 1U Electronic Power System and Batteries, Cly-de Space LTD., Glasgow, Scotland, 2010.
3. Mukund R. Patel. Spacecraft Power Systems. CRC Press, Boca Raton, 2005.
4. Vikrant.A.Chaudhar, "Automatic peak power tracker for solar pv modules" July 2005
5. Efram, Trishan; P.L. Chapman (2007). «Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques». IEEE trans. on Energy Conv.