

НИКИТАНОВ С.В., ЕВИШЕВ А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОВЫШАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования параметров повышающего преобразователя напряжения, работающего с солнечными батареями. На основе типовой схемы применения микросхемы SPV1040 был сконструирован экспериментальный макет преобразователя и проведены его измерения. Конвертер адекватно работает пока напряжение солнечной панели выше 2 В, а при использовании двух солнечных панелей мощностью 5 мВт можно производить зарядку трех никель-металл-гидридных аккумуляторов с напряжением 3,7 В.

Ключевые слова: конвертер, солнечный, элемент, батарея, микросхема, интеллектуальный, алгоритм, эффективность, макет, напряжение, мощность, аккумулятор, зарядка.

NIKITANOV S.V., EVISHEV A.V.

A RESEARCH OF SOLAR BATTERY STEP-UP CONVERTER PARAMETERS

Abstract. The article presents the results of solar battery step-up converter parameters research. An experimental layout of the converter has been designed and measured, using SPV1040 application circuit. Thus the converter operates correctly until the solar panel voltage is above 2 V, and the using of two 5 mW solar batteries allows charging of three Ni-mH battery with a voltage 3.7V.

Keywords: converter, solar element, battery, chip, smart, algorithm, efficiency, layout, voltage, power, battery, charger.

Проблема сокращения запасов углеводородов на нашей планете давно известна, и настанет момент, когда потребность в альтернативных источниках энергии может приобрести колоссальные масштабы по всему миру. В отдельных странах, таких как США и Канада особое внимание отводится солнечной энергетике, а в нашей стране уже работают заводы по производству солнечных панелей [1-2].

Известно, что в летнее время на земную поверхность попадает значительно большее количество солнечной энергии, чем в зимнее. Также известно, что количество солнечной энергии, падающее на единицу земной поверхности, зависит от широты местности и угла падения солнечных лучей. Таким образом, месячная сумма прямой радиации на горизонтальную поверхность существенно различается не только от сезона к сезону, но и по широте. Например, в г. Саранск (54° с.ш.) - 676,1 МДж/м² в июле против 53,6 МДж/м² в декабре, а в г. Якутск (62° с.ш.) - 594,2 МДж/м² в июле против 6,5 МДж/м² в декабре [1].

Поэтому использование солнечных элементов питания наиболее оправдано в летнее время преимущественно для южных районов России.

Развитие солнечной энергетики привело к появлению высокоэффективных солнечных элементов и новой элементной базы. Уже существуют солнечные установки, которые в летнее время могут полностью обеспечить суточной электроэнергией небольшой дом. Работа установок основана на преобразовании мощности солнечной батареи в энергию, запасенную в аккумуляторах, и преобразовании последней в мощность переменного тока, сбрасываемого в сеть 220 В частотой 50 Гц. Преобразование мощности солнечной батареи в энергию, запасенную в аккумуляторе, выполняет повышающий преобразователь напряжения (ППН).

Существует множество ППН для солнечных батарей разной мощности и рассчитанных на работу с разными аккумуляторами. Одним из них является микросхема SPV1040 фирмы ST Microelectronics [2]. Это интеллектуальный ППН, предназначенный для заряда компактных никель-металл-гидридных или литий-ионных аккумуляторов с напряжением 1,25 и 3,7 В, соответственно. Основное преимущество данной микросхемы перед аналогами, например, перед микросхемами MAX866 и TPS61200 заключается в особом интеллектуальном алгоритме работы. Он позволяет передать наибольшую мощность от солнечной батареи в нагрузку при изменении освещенности и температуры, с чем и достигается максимальная эффективность преобразования 95%.

Схема включения микросхемы построена на основе классической схемы ППН (рисунок 1).

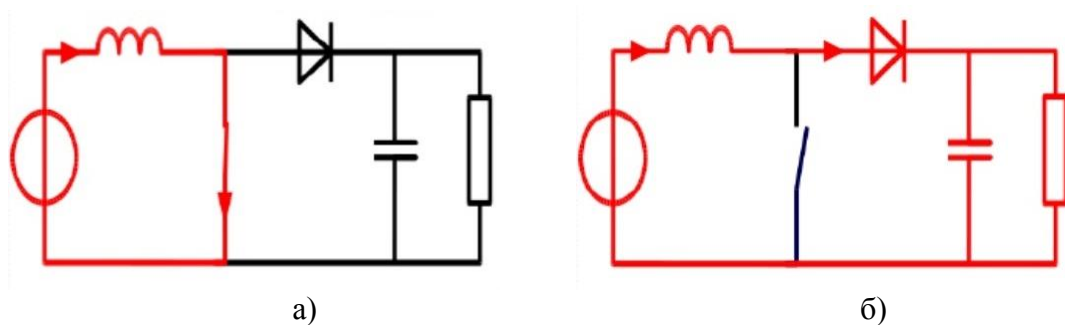


Рис. 1. Принцип работы ППН:
а – ключ открыт; б – ключ закрыт

В микросхеме используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ) для регулировки среднего значения выходного напряжения и мощности на нагрузке. Длительность включенного состояния интегрированного в микросхему ключа или скважность импульсов может меняться в соответствии с изменением уровня напряжения солнечной батареи. Кроме этого в микросхеме предусмотрен режим запуска в случае разряда аккумулятора до 0,8 В, при котором ток на выход протекает через внутренний диод, и напряжение на выходе

повторяет напряжение на входе микросхемы. Также микросхема имеет защиту от перегрузки, от смены полярности солнечной батареи и от превышения температуры.

Схема включения микросхемы SPV1040, на основе которой был сконструирован макет ППН, приведена на рисунке 2.

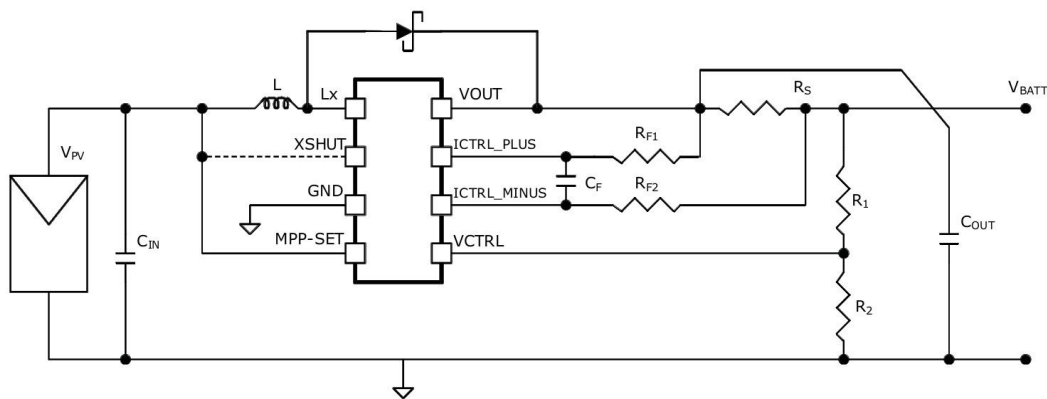


Рис. 2. Схема включения микросхемы SPV1040

Схема содержит элементы обратной связи, с помощью которых микросхема контролирует выходное напряжение и выходной ток. Микросхема работает в нескольких режимах: запуск, плавный старт, слежение за точкой максимальной мощности, экономичный режим и режим сна. Питание осуществляется выходным напряжением, которое смещает синхронный р-канальный MOSFET транзистор, а при выходном напряжении от 0,8 до 2 В интегрированный п-канальный MOSFET ключ работает с фиксированной скважностью импульсов и среднее напряжение на выходе не меняется. Режим слежения за точкой максимальной мощности включается при выходном напряжении от 2 В. Максимальный ток, который микросхема способна пропускать через себя при использовании солнечных батарей с напряжением не более 5 В может достигать 1,8 А. Выходной ток протекает через внутренний диод р-канального MOSFET транзистора, а максимальный выходной ток определяется токовым резистором R_S (рисунок 2) по соотношению $I_{OUT} = 50 \text{ мВ} / R_S$.

Когда напряжение аккумулятора достигает зарядного напряжения, а напряжение на выводе MPPT-SET падает ниже 450 мВ, микросхема уменьшает скважность импульсов до 10% и переходит из режима слежения в экономичный режим. В этом случае период повторения импульса включенного состояния в 2-16 раз больше периода самого импульса.

В исходную схему между выводами солнечной батареи был добавлен делитель напряжения с потенциометром, задающим потенциал на входе MPPT-SET для регулировки зарядного напряжения. Также был удален диод Шоттки между входом LX и выходом VOUT, который необходимо включать, если зарядное напряжение выше 4,8 В. Диод Шоттки,

включенный параллельно встроенному р-канальному MOSFET транзистору, уменьшает падение напряжения между входом и выходом с 0,7 до 0,3 В когда транзистор закрыт.

Проводилось исследование работы макета ППН с двумя солнечными батареями мощностью 5 мВт. Результаты измерений показали, что в условиях непрямого солнечного света в дневное зимнее время при напряжении двух последовательно соединенных солнечных батарей 3,2 В выходное напряжение ППН можно регулировать с 2 до 5,2 В. Это позволяет осуществлять зарядку трех никель-металл-гидридных или одного литий-ионного аккумулятора с напряжением 3,7 В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев А.А. Косвенные методы расчета характеристик солнечной радиации // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле. – 2013. – № 1. – С. 130-135.
2. SPV1040 - High efficiency solar battery charger with embedded MPPT / Product datasheet: DocID18080, Rev 5. - STMicroelectronics. – 2013. – 15 p.