

КРИГЕР А.П., студент каф. ЭПЭО.,  
ШИЛИН А.А., к.т.н., доц. каф. ЭПЭО  
г. Томск

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МПРТ НА БАЗЕ ПЛК

Проблема выбора оборудования, обеспечивающего максимальное использование солнечной энергии и функцию автоматического ввода резерва, часто возникает в процессе разработки автономных систем электропитания, построенных на базе солнечных батарей. Решение данной проблемы особо актуально для районов Российской Федерации, где центральное снабжение электроэнергией невозможно или неоправданно дорого, а потому нуждающихся в маломощных автономных системах. К таким территориям можно отнести небольшие населенные пункты Якутии, Бурятии, а также территории иностранных государств (Монголия и др. страны), где количество солнечных дней преобладает как в зимние, так и в летние периоды времени.

Для оценки области эффективного использования контроллера целесообразно рассмотреть семейство вольт-амперных характеристик соответствующих в результатам экспериментов при различном освещении поверхности солнечной батареи [1]. На рисунке 1 представлены характеристики вместе с кривыми мощности, где для трех характерных погодных условий серым цветом выделены фрагменты кривых, соответствующих эксплуатационным режимам заряда аккумулятора.

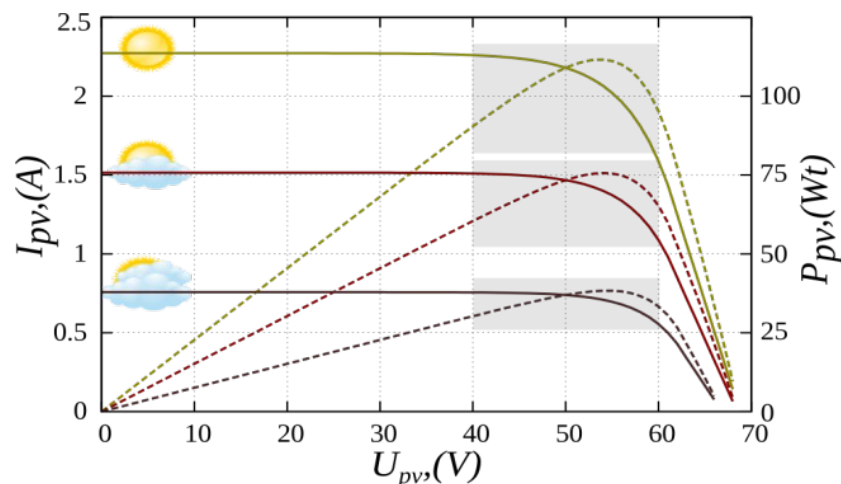


Рисунок 1: Семейство вольт-амперных характеристик.

Нижний фрагмент, описывающий вольт-амперные характеристики при пасмурной погоде, представлен подробнее на рисунке ниже.

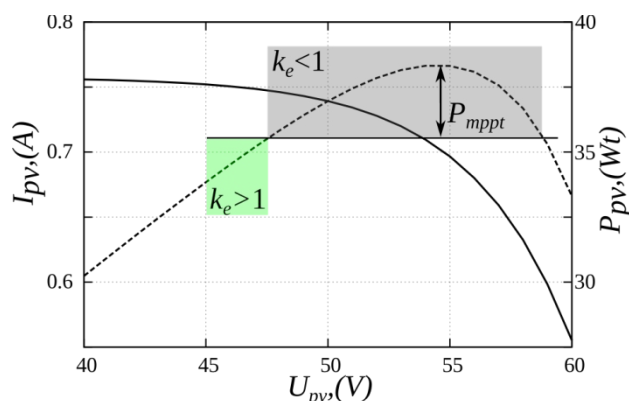


Рисунок 2: Вольт-амперные характеристики при плохой погоде

Из рисунка 2 видно, что эффективность использования МРРТ-контроллера менее единицы более выражена во время пасмурной погоды и при высоких напряжениях аккумулятора:  $U_{akk} > 47V$  [2]. В этом случае потребляемая мощность контроллера превышает разность мощностей двух схем исследования (с применением контроллера и без него). Другими словами, МРРТ-контроллер потребляет энергии больше, чем экономит.

Автономная система электропитания требует для работы программируемый логический контроллер (PLC), поскольку он выполняет функции по обеспечению автоматического ввода резерва, запуска генератора по своеобразному сценарию и т.д. В таком случае реализация МРРТ-алгоритма возможна в виде FBD (Function Block Diagram) программы, используемой в ПЛК, что в свою очередь дает возможность отказаться от промышленного МРРТ-контроллера, добиваясь значительной экономии в денежных средствах и потребляемой энергии.

Сама по себе реализация МРРТ-алгоритма в виде FBD программы является проблемой, так как авторам неизвестны публикации, где представлены законченные решения в виде FBD программы (действующие прототипы на дешевых микроконтроллерах). Ниже предложено решение данной проблемы.

Существует несколько видов МРРТ-алгоритмов, которые могут быть представлены в виде программ, построенных на дифференциальных уравнениях и функционалах. Все рассмотренные алгоритмы используют вычисление частных производных от измеренных значений тока и напряжения, которые имеют конечный и значительный для 10-12 разрядных ADC шаг квантования по уровню. Поэтому на этапе реализации алгоритмов в PLC возникают проблемы устойчивости и точности данных алгоритмов.

В результате ряда исследований на действующей системе оптимального заряда от солнечных батарей, авторы выбрали метод поиска оптимальной точки заряда, где не используется измерение производной. Метод можно основывается на попеременной работе системы заряда для двух значений PWM, которые показаны на рисунке 3.

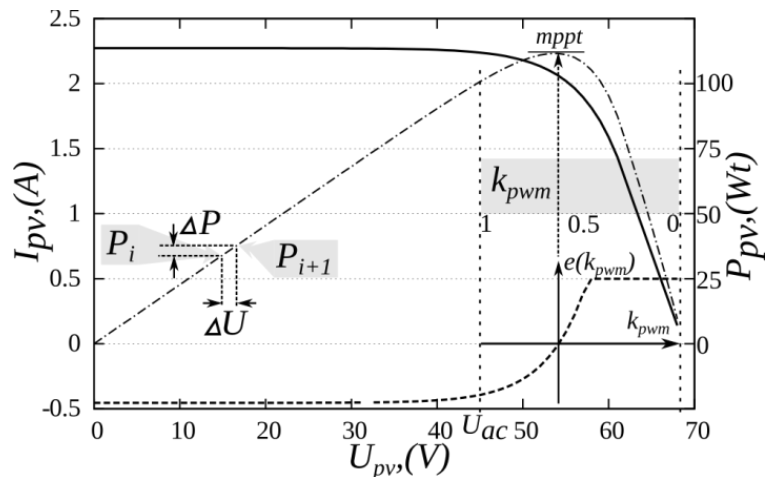


Рисунок 3: Метод двух значений управления PWM.

Кривая, полученная из разницы между  $P_{i+1}$  и  $P_i$ , является сигналом рассогласования для ПИД-регулятора. PID-регулятор во всех известных PLC существует и отработан на практике.

Если рассмотреть мощность двух точек на характерных участках кривой мощности, то можно утверждать, что оптимальное (максимальное) потребление энергии будет при условии равенства  $P_1$  и  $P_2$ , при условии, что  $P_1 \rightarrow P_2$  [3]. Выполнение равенства мощностей обеспечивает единственное решение на том основании, что экстремальная точка мощности одна и не находится на крайних положениях значений PWM-контроллера. Таким образом, разность мощностей можно рассматривать как значение рассогласования для замкнутого контура управления значением PWM.

Покажем, что представленный алгоритм реализуем на PLC с ограниченным базисом. В качестве PLC с ограниченным базисом рассмотрим контроллер «ВЭСТ», реализованный на процессоре STM32F101, способный выполнять скрипты на FBD на частоте 8 МГц, при этом потребление PLC от источника 24В не превышает 4 мА.

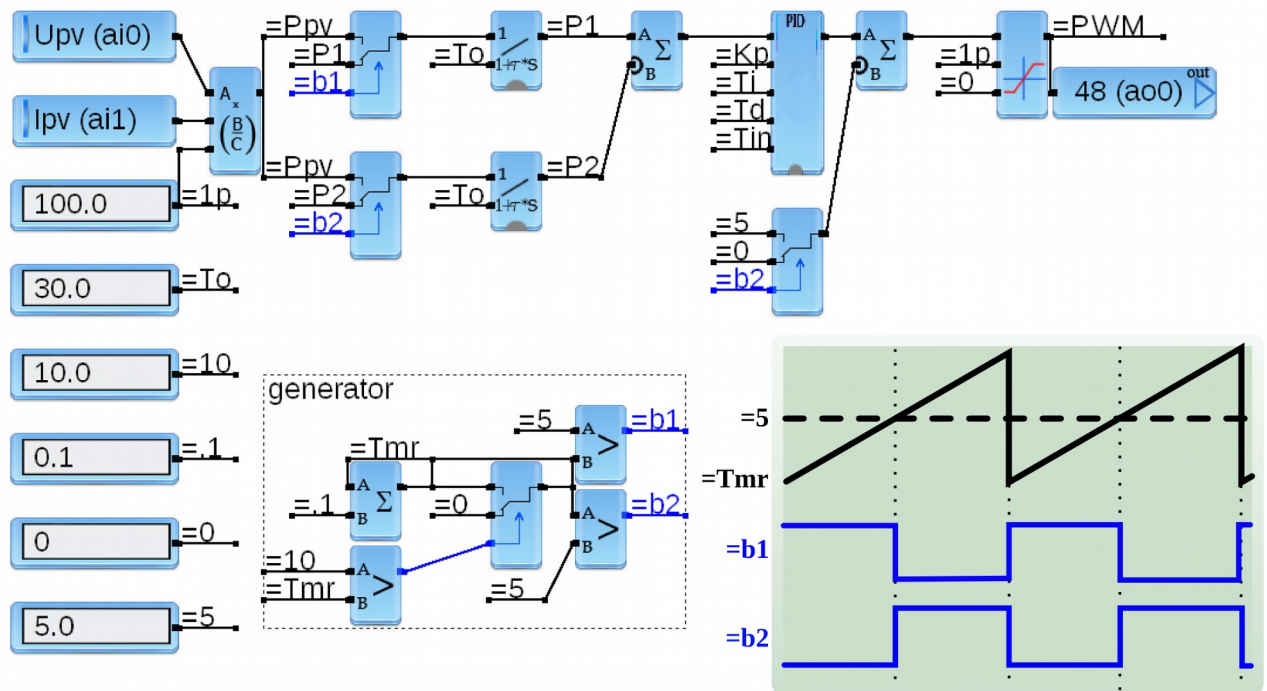


Рисунок 4: Функциональный блок

P1 – результаты мощности при P1

P2 – результаты мощности при P2

Мощности усредняются и затем сравниваются между собой. ПИД регулятор формирует выходной сигнал на основе рассогласования P1 и P2. Второй блок вычитания формирует смещение выходного сигнала для PWM на основе вычитания из выходного значения PID-регулятора показателя на селекторном блоке.

Таким образом, на основании экспериментальных исследований, можно утверждать, что представленный выше алгоритм реализуем на базе PLC и используется при производстве автономных системах электропитания.

#### Список литературы:

1. Evaluation of performance of MPPT devices in PV systems with storage batteries [текст]: Renewable Energy / S.A. Kalogirou / <http://www.elsevier.com/locate/renene>, 2007. – 1611–1622 с.
2. MPPT techniques for photovoltaic applications [текст]: Renewable and Sustainable Energy Reviews / L. Kazmerski / <http://www.elsevier.com/locate/rser>, 2013. – 793–813 с.
3. PV systems linked to the grid: Parameter identification with a heuristic procedure [текст]: Sustainable Energy Technologies and Assessments / L.A. Schaefer / <http://www.elsevier.com/locate/seta>, 2015. – 29–39 с.