

УДК 621.311.6 621.472

А.П. КРИГЕР, студент гр. 5Г2Б (ТПУ)
Научный руководитель В.Г. БУКРЕЕВ, д.т.н., профессор (ТПУ)
г. Томск

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА БАЗЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Введение. Растущая тенденция экологической безопасности предопределяет широкое использование возобновляемых источников энергии (*Distributed generation – DG*) наряду с существующими крупными системами энергообеспечения. На основании *DG* могут быть созданы локальные распределительные «умные сети», позволяющие получить ряд экономических и социальных преимуществ [1].

Важным направлением в области возобновляемых источников энергии являются фотоэлектрические системы, которые преобразуют солнечное излучение в электрическую энергию, не загрязняя окружающую среду. Распределенное производство электроэнергии требуется в тех районах Российской Федерации, где невозможно организовать централизованное снабжение электроэнергией. К таким территориям можно отнести небольшие населенные пункты на территории, например, Якутии, Бурятии, где количество солнечных дней преобладает как в зимние, так и в летние периоды времени.

При этом актуальной проблемой в таких системах является требование бесперебойного электроснабжения, т.к. стандартные MPPT-контроллеры при пасмурной погоде могут быть недостаточно эффективны и потреблять для своей работы значительно больше энергии [2].

Использование стандартных контроллеров в маломощных энергосистемах. Оценкой эффективности MPPT-контроллеров является отношение разницы переданной энергии в накопительный аккумулятор к потребляемой энергии. Эффективность использования MPPT-контроллера менее единицы более выражена во время пасмурной погоды и при высоких напряжениях аккумулятора, например, $U_{akk} > 51V$. В этом случае потребляемая мощность контроллера превышает разность мощностей двух схем исследования (с применением контроллера и без него).

Для оценки области эффективного использования контроллера рассмотрим семейство вольт-амперных характеристик $I_{pv}(U_{pv})$ (рисунок 1). На рисунке 1 представлены вольт-амперные характеристики и кривые мощности P_{pv} , где для трех характерных погодных условий (серым цветом выделены фрагменты, соответствующие эксплуатационным режимам заряда аккумулятора).

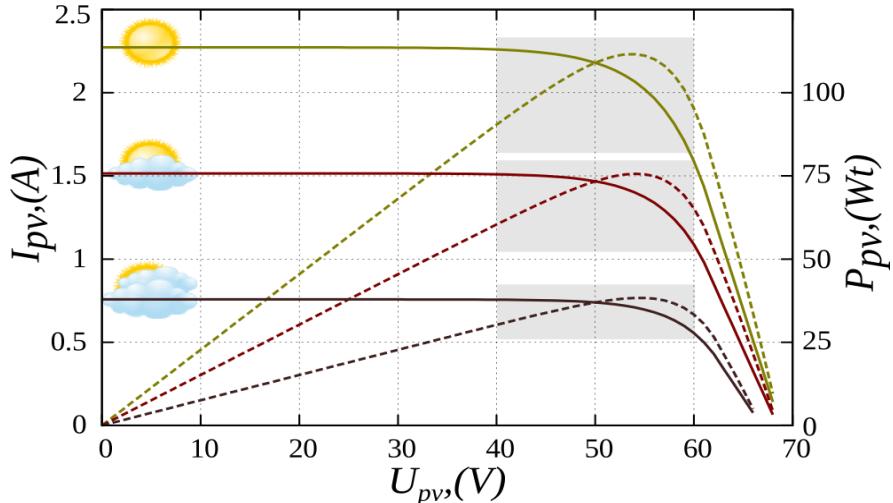


Рис. 1. Семейство вольт-амперных характеристик

Из рисунка следует, что добиться эффективности более единицы можно только в солнечные дни при малых напряжениях аккумулятора или путем минимизации потребления *MPPT*-контролера.

Выбор *PLC* в автономных системах позволяет расширить его функциональные возможности для эффективной реализации одного из известных *MPPT*-алгоритмов, представленных в литературе [3], [4]. Для этих целей необходимо создать измерительные и исполнительные элементы согласования с *PLC* [5].

Измерительные схемы согласования с *PLC* для реализации *MPPT*. Для обеспечения функционирования *MPPT*-алгоритма в программе *PLC*, необходимо подключить датчик тока и напряжения на солнечной батарее к схеме согласования АЦП контролера, а также обеспечить ШИМ-управление силовым ключом в цепи управления зарядом аккумулятора.

На рис. 2 представлена упрощенная схема согласования элементов автономной системы с периферийными узлами *PLC*, где на операционном усилителе U_1 реализована схема измерения тока.

Ключ управления зарядом аккумулятора построен по принципу импульсного источника питания с PWM-управлением. Расчет параметров диода D_1 и дросселя L_1 можно выполнить в соответствии с известными методиками.

После выбора схемотехнических решений следует определиться с выбором программируемого контроллера, удовлетворяющего требуемым функциональным возможностям. На рынке представлено достаточно большое количество *PLC*, позволяющих реализовать практически все потребности разработчика, однако ограничение на потребление питания заставляет разработчиков использовать недорогие контроллеры, построенные на базе энергоэффективных микропроцессоров.

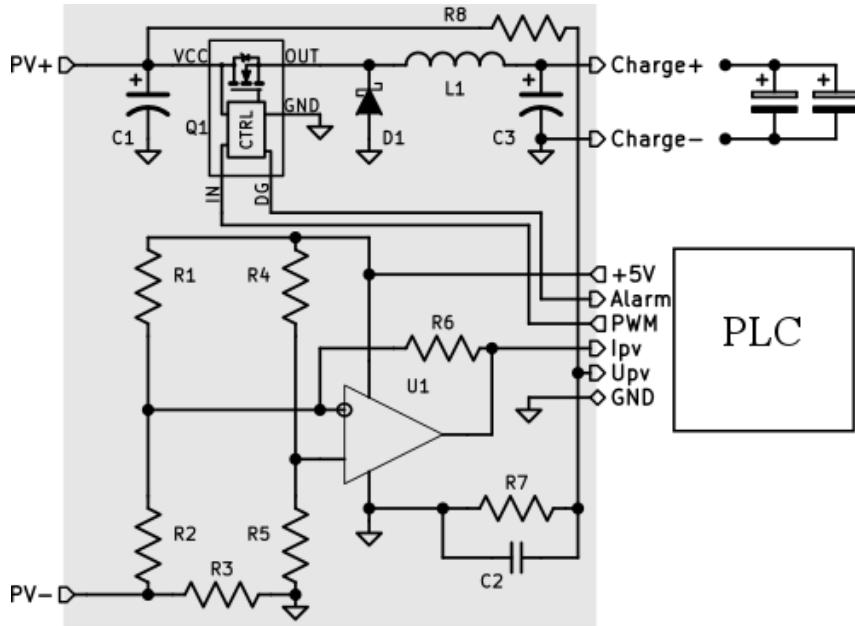


Рис. 2. Схема согласования автономной системы с периферийными узлами PLC

Синтез MPPT-алгоритмов на функциональных блоках с ограниченным базисом. В результате ряда исследований на действующей системе оптимального заряда от солнечных батарей, был выбран метод поиска оптимальной точки заряда, где не используется измерение производной. Метод основывается на периодической работе системы заряда для двух значений PWM (рис. 3).

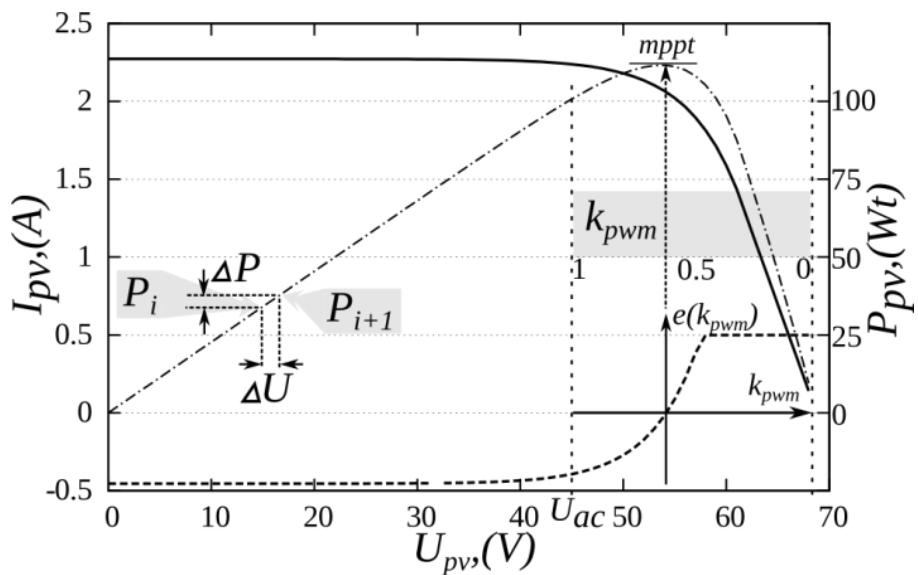


Рис. 3. Метод двух значений управления PWM

Если рассмотреть две точки на характерных участках кривой мощности, то при условии $P_i < P_{i+1}$ можно вычислить оптимальное (максимальное) потребление энергии. Равенство мощностей $P_i = P_{i+1}$ позволяет получить оптимальное решение с учетом того, что экстремальная точка мощности не находится на крайних положениях значений PWM-контроллера k_{pwm} . При этом разность мощностей ΔP можно рассматривать как значение рассогласования $e(k_{pwm})$ для замкнутого контура управления значением PWM k_{pwm} .

Заключение. Существует несколько видов MPPT-алгоритмов, которые могут быть представлены в виде программ, построенных на уравнениях, приведенных в соответствующей литературе [6], [7]. Все рассмотренные алгоритмы используют вычисление частных производных от измеренных значений тока и напряжения, которые имеют значительный шаг квантования по уровню для 10-12 разрядных АЦП, поэтому на этапе реализации алгоритмов в PLC возникают проблемы устойчивости и точности данных алгоритмов.

Эта проблема послужила причиной отказа от использования измерения производной и выбора алгоритма, который будет более подходящим для работы с соответствующими аналого-цифровыми преобразователями. Данная система реализуема на PLC с ограниченными вычислительными ресурсами, и может успешно использоваться в маломощных системах. Система автономного электропитания прошла тестовые испытания на двух опытных образцах.

Список литературы:

1. G. Lazaroiu Comparative analysis of fixed and sun tracking low power PV systems considering energy consumption / M. Longo, M. Roscia, M. Pagano // Energy Conversion and Management. – (2015) – C. 143–148.
2. B. Huang Development of high-performance solar led lighting system / M. Wu, P. Hsu, J. Chen, K. Chen // Energy Conversion and Management. – (2010) – C. 1669–1675.
3. A. E. Mohamed MPPT techniques for photovoltaic applications / Z. Zhengming // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – (2013) – C. 793–813.
4. S. Lyden Maximum power point tracking techniques for photovoltaic systems: A comprehensive review and comparative analysis / M. Haque // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – (2015) – C. 1504 – 1518.
5. J. Fernandez-Ramos Improvement of photovoltaic pumping systems based on standard frequency converter by means of programmable logic controllers / L. Narvarte-Fernandez, F. Poza-Saura // Solar Energy. – (2010) – C. 101–109.

6. K. Itako A current sensorless mppt control method for a standalone-type pv generation system / T. Mori // Electrical Engineering in Japan. – (2006) – C. 65–71.

7. J. Ma Improving power-conversion efficiency via a hybrid mppt approach for photovoltaic systems / K. Man, T. Ting, N. Zhang, S. Guan, P. Wong, E. Lim, T. Krilavicius, J. Kapociute-Dzikiene, C. Lei // Elektronika ir Elektrotehnika. – (2013) – C. 57–60.