УДК 625.232

МОДЕЛИРОВАНИЕ MPPT-КОНТРОЛЛЕРА

Тарола Дмитрий Игоревич

Научный руководитель: А.И. Андриянова

к.т.н., доц.

ФГБОУ ВО "Брянский государственный технический университет"

Аннотация: В работе был рассмотрен метод повышения коэффициента полезного действия солнечных батарей при помощи MPPT технологии, с помощью которой осуществляется поиск точки максимальной мощности, а так же рассмотрен один из возможных алгоритмов работы данной технологии. Помимо описания алгоритма работы устройства, производилось и его моделирование на базе понижающего преобразователя, в качестве нагрузки применяется аккумуляторная батарея ёмкостью 200 А/ч.

Ключевые слова: MPPT, алгоритм поиска ТММ, perturbation and observation, моделирование, понижающий преобразователь.

MODELING AN MPPT CONTROLLER

Tarola Dmitry Igorevich

Abstract: The paper considers a method for increasing the efficiency of solar cells using MPPT technology, which is used to search for the maximum power point, and also considers one of the possible algorithms for this technology. In addition to describing the operation algorithm of the device, its simulation was also performed on the basis of a step-down Converter, a 200 A/h battery is used as a load.

Key words: MPPT, TMM search algorithm, perturbation and observation, modeling, step-down Converter.

Известно, что мировое потребление электроэнергии ежегодно увеличивается, и, как ожидается, дальнейший рост будет обусловлен повышением численности населения и возрастающими требованиями современного образа жизни. Увеличение спроса на электроэнергию приводит

к быстрому истощению традиционных ископаемых видов топлива и обостряет проблему загрязнения окружающей среды. Поэтому существует необходимость в развитии альтернативных источников энергии. Примером являются солнечные батареи, которые имеют огромный потенциал, экологическую чистоту и доступность.

Основные проблемы солнечных панелей (СП) является невысокий коэффициент полезного действия, а также зависимость от внешних климатических факторов. КПД солнечных модулей составляет 9-16%. В целях увеличения этого показателя применяется технология слежения за точкой максимальной мощности MPPT (maximum power point tracking, англ.), которая позволяет увеличить вырабатываемую электроэнергию на 40% [2, 3, 4]. Устройства, которые преобразуют энергию солнечной панели в энергию зарядки аккумулятора, называют MPPT-контроллеры. Технологию MPPT можно реализовать с помощью специальных алгоритмов управления DC-DC преобразователем, в составе MPPT-контроллера.

В данной работе рассматривается система управления на основе алгоритма P&O (perturbation and observation, англ.) [1], в отечественной литературе упоминается как (возмущение и наблюдение).

Блок-схема алгоритма P&O представлена на рис. 1. При включении устройства, MPPT-контроллер производит анализ выходного напряжения и тока солнечной панели, на рис.1 представлена вольт-ваттная характеристика (ВВХ) солнечного модуля при уровне освещения 1 КВт/м².

Алгоритм носит итерационный характер.

Пусть X_0 является рабочей точкой системы на первой итерации. Далее происходит возмущение системы, путём подачи управляющих воздействий на преобразователь, что приводит к перемещению рабочей точки (РТ) в позицию X_1 . После этого производится сравнение мощности солнечной панели в точках X_1 и X_0 . Если мощность в точке X_0 больше, чем мощность в точке X_1 , РТ системы перемещается на позицию X_0 .

На второй итерации алгоритма происходит возмущение системы, после которого рабочая точка перемещается с позиции X_0 на позицию X_2 . Так как мощность в точке X_2 больше X_0 (рис. 1), РТ системы остаётся в позиции X_2 до следующей итерации алгоритма.

На третьей итерации алгоритма рабочая точка системы переходит в позицию X3, где происходит проверка, идентичная проверке, производимой на предыдущей итерации.

На четвертой итерации алгоритма происходит перемещение рабочей точки системы с позиции X3 на позицию X4. Поскольку мощность в точке X4 меньше чем в X3, рабочая точка системы возвращается в позицию X3.

При изменении условий освещенности ВВХ меняет свои параметры и происходит новый поиск точки максимум мощности солнечной панели.

Рис. 1. Характеристики солнечного модуля в условиях постоянного солнечного излучения

Данный алгоритм, обладает хорошими характеристиками, но только при условии, что интенсивность солнечного излучения не изменяется слишком быстро. В установившемся состоянии рабочая точка колеблется вокруг координат, соответствующих точке максимальной мощности.

На рис. 2 изображена блок-схема алгоритма, по которому производится поиск точки максимальной мощности, где k-1 предыдущая точка, а k точка в настоящий время. Алгоритм Р&О склонен к неустойчивому поведению в условиях быстрого изменения уровня освещенности. Это может привести к

медленному или неправильному отслеживанию точки максимальной мощности (ТММ). В этом случае для увеличения быстродействия системы можно применить нейросетевую систему управления [4].

В качестве преобразователя, задействован понижающий преобразователь [2, 3, 4], который будет работать с MPPT-контроллером. Регулирование выходного напряжения данного преобразователя осуществляется изменением соотношений времени, включенного и выключенного состояний транзистора [2].

Солнечная панель используется CHN250-60P, параметры которой приведены в табл. 1. Так как в качестве нагрузки используется аккумуляторная батарея (АКБ) ёмкостью 200 А/ч, зарядный ток должен составлять 0.1С, по этой причине используются два солнечных модуля подключённых последовательно, в сумме получаем напряжение холостого хода на клеммах солнечной панели 72 вольта и максимально возможную мощность, при уровне освещённости примерно 1000 Вт/м², 500 Вт.

Основная цель MPPT-контроллера – это обеспечение желаемых выходных параметров для солнечного модуля, а именно выходное напряжение и выходной ток. При этом необходимо учитывать, что уровень инсоляции и температура солнечной панели постоянно меняются, что отражается на вольт-амперных и соответственно вольт-ваттных характеристиках солнечного модуля.

Рис. 2. Блок-схема алгоритма

Установлено, что интенсивность солнечного излучения оказывает влияние на величину выходного тока, а температура – на выходное напряжение солнечного элемента. Так, при уменьшении интенсивности светового потока в 2 раза ток короткого замыкания солнечного элемента уменьшается в 2 раза, в то время как напряжение холостого хода изменяется незначительно. Существует температурный коэффициент, учитывающий разницу температур и составляющий порядка нескольких миллиампер на один градус Цельсия.

Таблица 1

Параметры солнечной панели

Наименование	Ед.Изм.	Параметр
Мощность	Вт	250
Максимальное напряжение	В	30,9
Максимальный ток	А	8,1
Напряжение холостого хода	В	36,6
Ток холостого хода	А	8,75
КПД	%	15,40
Технология солнечной панели и размер модуля	мм	ПолиКристалл 156x156мм
Тип байпасных диодов		диод Шоттки
Рабочая температура	°С	от - 40 до +85

Компьютерная модель МРРТ-контроллера, показанная на рис. 3, состоит из блока, реализующего модель солнечной панели, к которому подключена модель понижающего преобразователя, управление которым осуществляется с помощью алгоритма (рис. 2). В качестве нагрузки используются две аккумуляторные батареи (АКБ) GX 12-200, соединённые последовательно с целью получения напряжения до 24 вольт, характеристики данного АКБ приведены в таблице 2.

При моделировании было принято во внимание изменение во времени температуры солнечной панели и интенсивности солнечного излучения.

Таблица 2

Параметры аккумулятора GX 12-200

Наименование	Ед.Изм.	Параметр
Тип аккумулятора		GEL (гелевый)
Номинальное напряжение	В	12
Номинальная ёмкость	Ач	200
Рабочий температурный диапазон	°С	-20...+60
Число элементов	шт	6
Максимальный зарядный ток	А	40

На (рис. 3) представлен график изменения температуры от времени, а также на (рис. 4) график изменения инсоляции, все эти изменения происходят в виде ступенчатого воздействия.

Рис. 3. Изменение температуры солнечной панели во времени

Рис. 4. Изменение уровня инсоляции во времени

Рис. 5. Модель МРРТ-контроллера

На рисунке 6 показан полученный в результате моделирования временные диаграммы выходной мощности солнечной панели.

Рис. 6. Временные диаграммы выходной мощности солнечной панели

А основании полученных результатов можно сделать выводы, что применение МРРТ алгоритма обеспечивает максимальную выходную мощность солнечной панели, что повышает эффективность системы в целом.

Список литературы

1. Faranda R., Leva S. Energy comparison of MPPT techniques for PV systems. WSEAS Transactions on Power Systems, vol. 3, iss. 6, 2008, pp. 447–455.
2. А.И. Андриянов, Транзисторные преобразователи напряжения. Анализ и расчет: учеб. пособие. Брянск: БГТУ, 2010.
3. А.И. Андриянов and А.А. Малаханов, “Модель корректора коэффициента мощности с управлением внутри одного тактового цикла” Системы управления и информационные технологии, no. 1-1 (27), pp. 108–113, 2007.
4. Андриянов, А.И. Нейросетевая система управления нелинейной динамикой непосредственного понижающего преобразователя напряжения / А.И. Андриянов, Н.А. Краснов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2013. – Vol. 56. – № 12. – Р. 33-38.

© Д.И. Тарола, 2020