

УДК 620.9

ЭФФЕКТЫ СОЕДИНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Власенко Е.О.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Олешкевич М.М.

Данная статья посвящена исследованию эффектов соединения элементов фотоэлектрического модуля и последствиям несоответствия их параметров на вольт – амперную характеристику.

Эффекты соединения солнечных элементов

Кристаллический модуль состоит из нескольких отдельных солнечных элементов, практически всегда соединенных последовательно (рис.1), что позволяет увеличить напряжение и выходную мощность по сравнению с одним солнечным элементом. Чаще всего напряжение модуля делают так, чтобы оно соответствовало напряжению батареи 12 В. Напряжение отдельного солнечного элемента при 25 °С и атмосферной массе 1.5 составляет около 0.6 В. Учитывая тот факт, что производительность солнечных элементов уменьшается при увеличении температуры, а для аккумулятора может потребоваться напряжение 15 В, большинство модулей включают в себя 36 элементов, соединенных последовательно. Такой модуль вырабатывает напряжение 21 В при стандартных условиях тестирования и рабочее напряжение равно 17 - 18 В при максимальной мощности и температуре. Избыточное напряжение необходимо, чтобы компенсировать падение напряжения на других элементах фотоэлектрической системы и работу не в точке максимальной мощности из-за уменьшения интенсивности излучения.

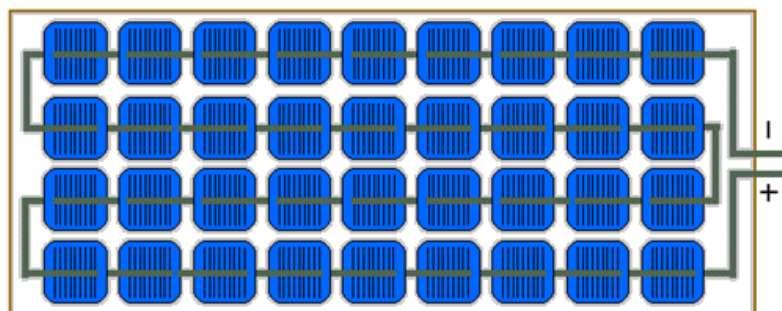


Рисунок 1 Последовательное соединение 36 элементов в фотоэлектрическом модуле.

Тогда как напряжение фотоэлектрического модуля определяется количеством солнечных элементов, вырабатываемый им ток зависит от размера солнечных элементов и их эффективности. Для атмосферной массы 1.5, при оптимальном угле наклона плотность тока, вырабатываемой солнечными элементами равна примерно 30 – 36 мА/см². Обычно монокристаллические солнечные элементы имеют площадь 100 см², и дают ток примерно равный 3.5 А [1]. Стоит отметить, что ток, вырабатываемый в модуле, не зависит от температуры, как напряжение, но в то же время он сильно зависит от угла наклона модуля по отношению к солнцу.

Однако на практике часто сталкиваются с эффектом несоответствия, который вызван соединением в одном модуле элементов с различными свойствами или работающими в различных условиях. Несоответствие является серьезной проблемой для фотоэлектрического модуля, так как выходные параметры модуля в плохих условиях определяются характеристиками солнечного элемента с самым низким выходом. Иными словами, когда на один из элементов модуля падает тень, мощность, вырабатываемая остальными элементами, может рассеяться на «плохом» элементе, что в свою очередь приведет к уменьшению полезной нагрузки и рассеянию большого количества электрической мощности на малом

участке, в результате чего на нем значительно возрастет температура и вероятность необратимого повреждения.

Затенение части модуля и отличие параметров (тока короткого замыкания или напряжения холостого хода) одного из солнечных элементов в модуле от остальных являются существенными проблемами, вызывающими несоответствие характеристик элементов в модуле. Различие между идеальной и идеальной вольт-амперными характеристиками (ВАХ) представлено ниже.



Рисунок 2 - Сравнение идеального и реального солнечных элементов

Несоответствие последовательно соединенных элементов. Наиболее часто встречаемым видом соединения фотоэлектрических элементов в модуле является последовательное и зачастую данное соединение может вызвать некоторые несоответствия[2]. Два наиболее распространенных – это несоответствие тока короткого замыкания и напряжения холостого хода, которые значительно влияют на эффективность функционирования модуля.

Несоответствие напряжения холостого хода ($U_{хх}$) для последовательно соединенных элементов.

Как показано на следующем рисунке в точке короткого замыкания общий ток модуля остается неизменным, однако мощность модуля в точке максимальной мощности уменьшается из-за более низкой производительности «плохого» солнечного элемента[3]. Поскольку два элемента подключены последовательно, через них течет одинаковый ток и результирующее напряжение можно вычислить, если сложим напряжения на двух элементах.

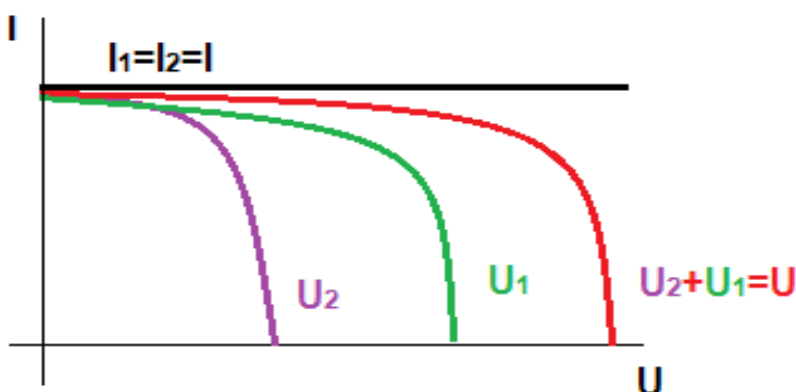


Рисунок 3 - Несоответствие напряжения холостого хода ($U_{хх}$)

Несоответствие тока короткого замыкания у элементов, соединенных последовательно.

Как изображено на рисунке ниже, в точке напряжения холостого хода влияние снижения тока короткого замыкания относительно не велико, так как оно логарифмически зависит от тока короткого замыкания. Однако, так как ток, текущий через два элемента, должен быть одним и тем же, суммарный ток не может превышать ток от плохого элемента. Поэтому ток от двух элементов не может быть больше, чем ток короткого замыкания плохого элемента.

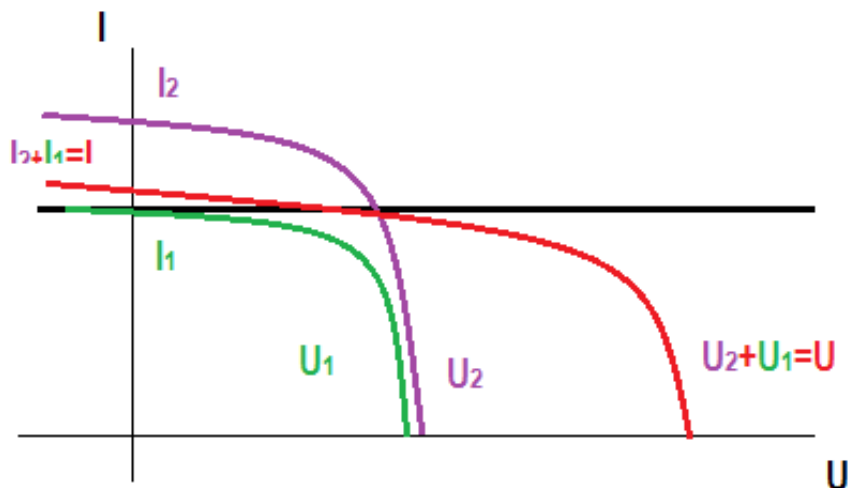


Рисунок 4 - Несоответствие тока короткого замыкания ($I_{кз}$)

В общем и целом, несоответствие тока и напряжения при последовательном соединении может вызвать значительное падение вырабатываемой мощности из-за высокого рассеяния энергии в плохом элементе, что, в свою очередь, приводит к необратимым разрушениям в модуле.

Литература

1. Luque, St. Hegedus, "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering". Applied Energy 86, стр. 1179, 2003.
2. Karatepe E, Boztepe M, Çolak M. Development of a suitable model for characterizing photovoltaic arrays with shaded cells. Solar Energy 2007;81: 977–92.
3. Silvestre S, Chouder A. Effects of shadowing on photovoltaic module performance. Programme Photovoltaics: Res Appl 2008;16:141–9.