

Анализ Работы Mppt Контроллеров Для Построения Гибридной Станции

У.У.Искандаров, доцент,

Н.У.Искандаров, магистр,

Ферганский государственный технический университет,
Узбекистан, г.Фергана

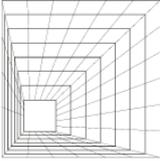
Аннотация: В данной статье исследуются механизмы и принципы взаимной соединения аппаратной части и генерации потенциалов в диапазоне 12-24 В постоянного тока с использованием гибридной станции. А также применение совместно солнечной и ветряной станции для отдаленных мобильной и других станций для обеспечения бесперебойного питания напряжением. Проведена анализ целесообразности данного технико-экономического подхода, учитывающая некоторые затраты. Исследовано отдельные элементы системы такого рода и подобных систем обеспечивающие с энергиями отдаленных мобильной и других систем.

Ключевые слова: выработка, контроллер, насыщения, вольт-амперная характеристика, встроенный процессор, точка максимальной мощности, способов поиска, разряженная батарея, КПД контроллера, глубина и частота итераций, периодичность полного сканирования, затенения модуля, прерывания генерации, жесткий выбор рабочей точки, преобразователь напряжения, принципиальная схема, энергозатраты, альтернатива.

ВВЕДЕНИЕ

Чтобы увеличить выработку энергии солнечными батареями без добавления солнечных панелей, нужно заменить солнечный контроллер на контроллер со слежением за точкой максимальной мощности (ТММ) солнечной батареи. Такой контроллер позволит в большинстве случаев увеличить выработку электроэнергии по сравнению с ШИМ контроллерами.

MPPT контроллеры появились на рынке в конце 80-х годов. Постепенно они стали применяться все шире и шире, и в будущем, скорее всего, все контроллеры будут иметь функцию слежения за ТММ солнечного модуля. Сейчас на рынке появились MPPT контроллеры с улучшенной схемотехникой, надежными электронными компонентами и с управлением микропроцессором. В простых контроллерах солнечная батарея подключается к аккумулятору напрямую, таким образом напряжение их сравнивается. В реальности же оптимальное напряжение солнечной батареи почти всегда отличается от напряжения на аккумуляторе. Типичный 12В аккумулятор требует для полного заряда поддерживать заряд при 14,4В в течение 2-4 часов. Эта стадия называется стадией абсорбции (насыщения).



PV Panel IV Curve

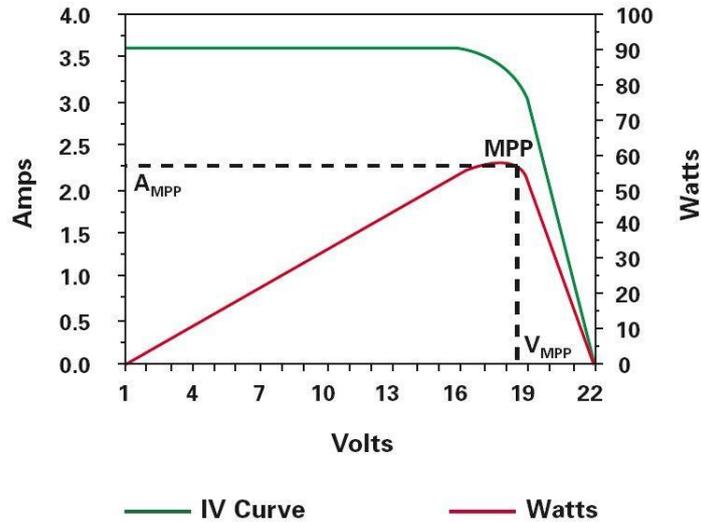
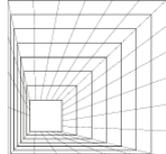


Рис 1. Точка максимальной мощности солнечной батареи

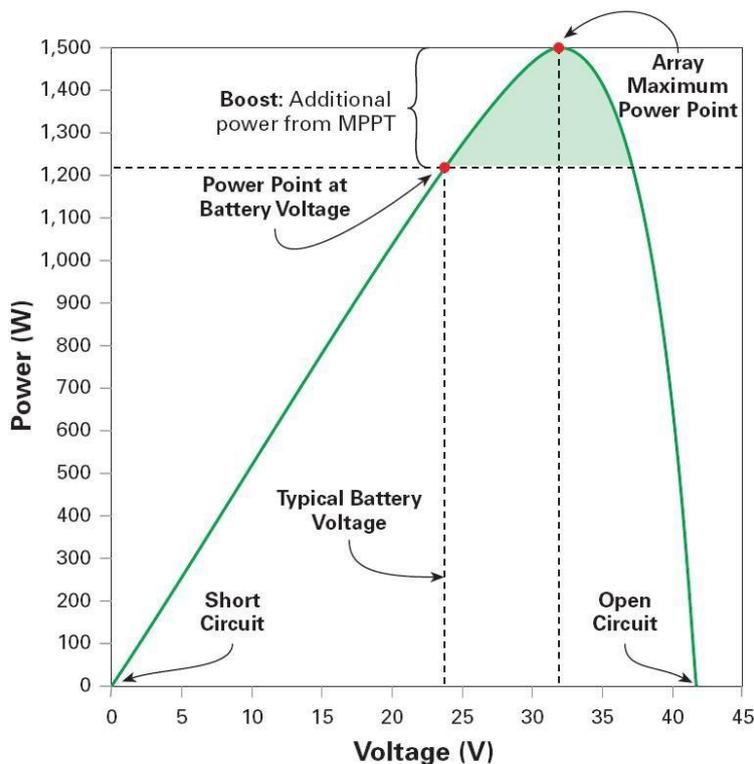
Если посмотреть на типичную ВАХ солнечной батареи, можно увидеть, что выработка энергии может быть увеличена, если контроллер заряда будет следить за точкой максимальной мощности солнечной батареи.

Типичный MPPT контроллер постоянно отслеживает ток и напряжение на солнечной батарее, перемножает их значения и определяет пару ток-напряжение, при которых мощность СБ будет максимальной. Встроенный процессор также следит, на какой стадии заряда находится аккумулятор (наполнение, насыщение, выравнивание, поддержка) и на основании этого определяет, какой ток должен подаваться в аккумуляторы. Одновременно процессор может давать команды на индикацию параметров на табло (при наличии), хранение данных, и т.п.

Точка максимальной мощности может вычисляться разными способами. В простейшем случае контроллер последовательно снижает напряжение от точки холостого хода до напряжения на аккумуляторе. Точка максимальной мощности будет находиться где-то в промежутке между этими значениями. Описание различных способов поиска ТММ описано ниже.



Power Output of a Typical PV Array



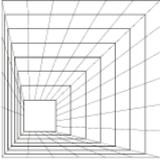
Array Rated Wattage: 1,800 W

Battery Nominal Voltage: 24 V

Array Nominal Voltage: 24 V

Рис 2. Повышение выработки энергии солнечным модулем при слежении за точкой максимальной мощности

Положение ТММ зависит от нескольких параметров — от освещенности модуля, температуры, разнородности используемых модулей и т.д. Контроллер периодически пытается немного «отойти» от найденной на предыдущей стадии точки в обе стороны, и если мощности при этом увеличивается, то он переходит на работу в этой точке. Теоретически, при поиске ТММ теряется немного энергии, но эта потеря очень незначительна по сравнению в той дополнительной энергией, которую обеспечивает МРРТ контроллер. Встроенный преобразователь постоянного тока поддерживает разное напряжение на входе и выходе контроллера. Количество дополнительно полученной энергии при использовании МРРТ контроллера трудно однозначно определить. Основными факторами, влияющими на дополнительную выработку, являются температура и степень заряженности аккумуляторной батареи. Наибольшая добавка к выработке будет при низких температурах модуля и разряженных батареях.



Maximum Power Points of a 120-Watt PV Panel

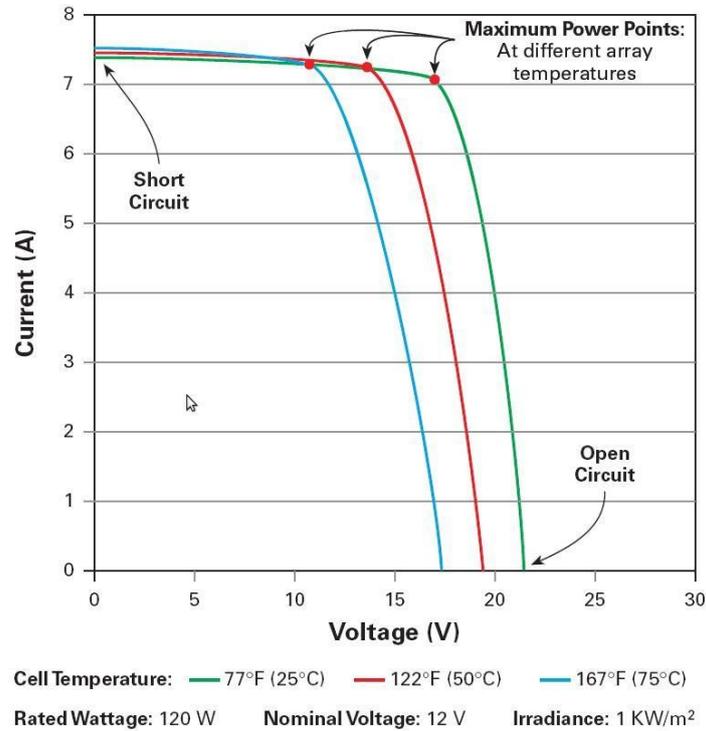


Рис 3. Точка максимальной мощности солнечной батареи при разных температурах модуля

На рисунке показано, как может меняться напряжение в точке максимальной мощности при разных температурах модуля. Чем горячее солнечный модуль, тем меньше напряжение на модуле и, соответственно, выработка энергии солнечной батареей. В какие-то моменты точка максимальной мощности может быть ниже напряжения на аккумуляторе, и в этом случае вы не получите никакого выигрыша в выработке энергии по сравнению с ШИМ контроллером. Такое же влияние оказывает и частичное затенение солнечной батареи. Поэтому обычно при использовании MPPT контроллеров нужно коммутировать солнечные батареи на более высокое напряжение. Большинство контроллеров может отслеживать точку максимальной мощности в широких пределах. Такое решение также позволит повысить выработку энергии солнечной батареей при пониженных освещенностях. Однако, не нужно делать слишком большую разницу между входным и выходным напряжением, иначе КПД контроллера падает. Методы поиска точки максимальной мощности (ТММ) солнечной батареи MPPT контроллером.

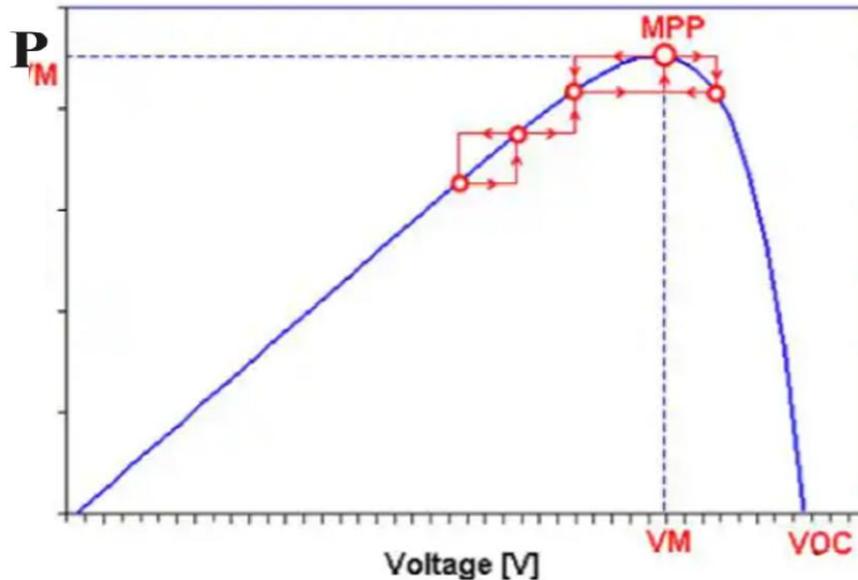
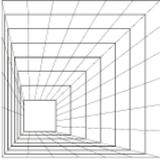
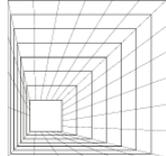


Рис 4. График отслеживание ТММ в установке.

Обычно используется метод **Perturb and Observe**. При этом методе проводится периодическое полное сканирование всей вольт-амперной характеристики солнечной батареи (ВАХ) (обычно раз в 2 часа, но в SunStar MPPT этот интервал можно задавать от 1 минуты до 4 часов), находится ТММ, и до следующего полного сканирования контроллер «рыщет» от этой точки и вычисляет, как меняется мощность солнечной батареи, и сдвигает рабочую точку на новое напряжение, если при нем мощность больше. Практически во всех контроллерах применяется именно этот метод. Недостатком метода считается постоянная необходимость проводить измерения, во время которых генерация энергии от модулей прерывается. Различные производители подбирают параметры поиска — глубину и частоту итераций, периодичность полного сканирования, — для того, чтобы наиболее оптимально отслеживать точку максимальной мощности солнечной батареи и получать максимальное количество энергии от Солнца.



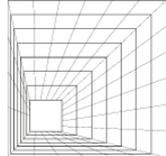
Многие производители даже имеют фирменные названия для своего метода поиска ТММ, но в конечном счете все эти методы являются реализацией метода «Отклониться и наблюдать» (именно так можно перевести Perturb & Observe). Подавляющее большинство контроллеров не позволяет выбирать параметры метода поиска ТММ. Исключение составляет тайваньский MPPT контроллер Prosolar Sunstar MPPT.

Все остальные методы доступны для выбора только в контроллерах Prosolar Sunstar MPPT. Может быть есть еще и другие контроллеры с такими возможностями, но мы о них не знаем.

Второй метод — **Scan and Hold** — после первичного сканирования напряжение устанавливается на уровне найденной точки и держится до следующего полного сканирования. Такой метод хорош там, где нет облаков и нет затенения модулей. Преимущества — высокая скорость работы, практически нет прерывания генерации на измерения.

Третий метод — **Percentage of open circuit voltage** — замеряется напряжение холостого хода и рабочая точка выбирается на уровне $U_{oc} \cdot k$, где k может быть от 0 до 1, по умолчанию 0,8. Точка держится до следующего сканирования. Такой метод хорош там, где нет облаков и нет затенения модулей. Преимущества — высокая скорость работы, практически нет прерывания генерации на измерения.

Четвертый метод — жесткий выбор рабочей точки. Назначаете любое напряжение, которое контроллер будет поддерживать. Никаких измерений и вычислений он уже не делает, т. е. работает постоянно. Недостаток — такое напряжение может быть далеко от реальной ТММ. Однако, если вы точно знаете, при каком напряжении ваша батарея вырабатывает максимальную мощность, и СБ работает практически постоянно при ясном небе, то можно использовать и этот метод. При



запуске системы нужно задать напряжение, которое будет поддерживать контроллер, оно вычисляется исходя из параметров конкретной солнечной батареи.

Есть еще экзотические методы поиска ТММ, с использованием искусственного интеллекта, но они в массовых контроллерах не применяются.

Источники.

1. Rayimdjanova Odinakhon Sadikovna, Usmonali Umarovich Iskandarov, & Orifjonova Mohidil Oqiljon qizi. (2023). Analyses of Base of the Development and Organize of the Digital Television Format. Eurasian Journal of Media and Communications, 16, 1–5. Retrieved from
2. Rayimdjanova Odinakhon Sodikovna, & Iskandarov Usmonali Umarovich. (2023). Research of a multi - stage receiver of a laser microphone. European Journal of Interdisciplinary Research and Development, 14, 240–244. Retrieved from
3. Sadikovna, R. O., & Iskandarov, U. U. (2023). Analyses of Base of the Development and Organize of the Digital Television Format. Eurasian Journal of Media and Communications, 16, 1-5.
4. Усмонали Умарович Искандаров, & Жураева Гулноза Фазлитдиновна. (2022). Разработка устройства охраны и безопасности в импульсном режиме с невидимым лазерным лучом. European Journal of Interdisciplinary Research and Development, 10, 252–256.
5. Umarovich I. U. et al. Methods of reducing the probability of signal loss on optical fiber communication lines //Наука, техника и образование. – 2020. – №. 6 (70). – С. 27-31.
6. Iskandarov, U. U., & Abduqodirov, A. A. o'g'li. (2023). Masofaviy lazerli akkustik mikrofonlarining potensial sezgirligi va qabul qilish masofalari tahlili. Educational Research in Universal Sciences, 2(11), 344–347.
7. Dalibekov, L. R. (2023). Innovative applications of apv elements in optoelectronics. International Journal of Advance Scientific Research, 3(10), 286-292.
8. <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/mppt.htm>
9. Karimov, A., & Muxammadjonov, X. (2020). Information technologies: Information education and informatics. Экономика и социум, (8 (75)), 40-43.
10. Akbarov, D., Umarov, S., Turdimatov, M., Sotvoldiyev, H., Abduqodirov, A., & Karimov, U. (2024). Research on the criteria of cryptographic resistant of continuous encryption algorithms. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 587, p. 03005). EDP Sciences.
11. Akbarov, D., Umarov, S., Abdurakhmonova, M., Nurmatova, I., Karimova, G., & Karimov, U. (2025, October). Application of logical operations and table replacements in basic transformations of hash function algorithms. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3377, No. 1, p. 060002). AIP Publishing LLC.
12. Karimov, U. U., & Karimova, G. Y. (2021). The importance of innovative technologies in achieving educational effectiveness. Журнал естественных наук, 1(1).
13. Karimov, U., Kaxarov, S., Yokubjonov, S., & Ziyodov, D. (2018). Using new information technologies in distance learning system. In *Новая промышленная революция в зеркале современной науки* (pp. 9-11).
14. Мадаминов, А. А. (2025). ИННОВАЦИОН ТЕХНОЛОГИЯЛАРНИНГ ЖАМИЯТ ТАРАҚҚИЁТИГА ФУНКЦИОНАЛ ТАЪСИРИНИНГ ИЖТИМОЙФАЛСАФИЙ ЖИҲАТЛАРИ. Экономика и социум, (5-1 (132)), 1272-1275.
15. Мадаминов, А. А. (2024). РОЛЬ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ПРОЦЕССЕ КОММУНИКАЦИИ. Экономика и социум, (5-1 (120)), 1381-1384.

