

TỐI ƯU CÔNG SUẤT NẠP PIN DÙNG KỸ THUẬT MPPT ĐIỆN ÁP MẠCH HỖ PHÂN ĐOẠN CHO MẢNG PIN MẶT TRỜI

Võ Minh Huân

Khoa Điện Điện Tử, Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TPHCM

Tóm tắt - Bộ nạp pin bằng năng lượng mặt trời dựa trên kỹ thuật tìm điểm công suất lớn nhất (MPPT) bằng cách thiết kế mạch dùng kỹ thuật điện áp mạch hở phân đoạn thay vì dùng các bộ vi xử lý phức tạp được đề xuất. Mạch điện đề xuất dựa trên cơ sở hoạt động của mạch biến đổi điện áp DC-DC buck converter nhằm tìm điểm công suất lớn nhất từ pin mặt trời. Mạch MPPT được thiết kế dựa trên nền tảng là các đặc tính của nguồn pin năng lượng mặt trời thay đổi cường độ sáng và điện hóa học của pin Lithium-ion với quá trình nạp dòng và quá trình nạp áp. Kết quả cho thấy công suất nạp pin được tối ưu đến 90%, thời gian nạp được tối ưu 53% so với phương pháp nạp trực tiếp. Bộ nạp đơn giản và hữu dụng cho ứng dụng di động và IoT.

Từ khóa - *Maximum Power Point Tracking; Buck Converter; bộ nạp pin; pin mặt trời; điện áp mạch hở phân đoạn.*

I. GIỚI THIỆU

Năng lượng mặt trời là một trong những nguồn năng lượng tái tạo quan trọng nhất đã đạt được nhiều sự quan tâm trong những năm gần đây. Năng lượng mặt trời dồi dào, là lượng sẵn có lớn nhất so với các nguồn năng lượng khác. Lượng năng lượng mặt trời cung cấp cho trái đất hằng ngày đủ để cung cấp năng lượng cho nhu cầu năng lượng của trái đất trong một năm. Năng lượng mặt trời là năng lượng sạch và phát xạ tự do, vì nó không tạo ra chất gây ô nhiễm hay các sản phẩm có hại cho tự nhiên. Chuyển đổi năng lượng mặt trời thành năng lượng điện có nhiều ứng dụng trong từng lĩnh vực, đặc biệt trong các ứng dụng sử dụng nguồn pin trong các thiết bị di động, node cảm biến IoT [1].

Gần đây, việc nghiên cứu và phát triển các tấm pin năng lượng mặt trời phẳng với chi phí thấp. Trong tương lai không xa, chi phí của các đơn vị module năng lượng mặt trời công suất nhỏ và các nhà máy năng lượng mặt trời sẽ có tính khả thi về mặt kinh tế cho việc sản xuất và sử dụng năng lượng mặt trời quy mô lớn. Khi đó, các thiết bị điện tử sử dụng pin tiện dụng có thể tự cung tự cấp các nguồn năng lượng tái

tạo sạch để tự nuôi sống thiết bị, gia tăng thời gian sống của pin.

Thuật toán MPPT (Maximum Power Point Tracker) được sử dụng để dò tìm điểm cực đại công suất nhằm đạt được công suất tối đa của nguồn năng lượng do các tấm cell mặt trời tạo ra. Ý tưởng cơ bản của kỹ thuật MPPT là tìm kiếm tự động điểm điện áp và điểm dòng điện ở đó các cell quang điện nên hoạt động để đạt được ngõ ra công suất lớn nhất dưới điều kiện ánh sáng và nhiệt độ đã cho [2]. Có nhiều kỹ thuật MPPT khác nhau đã được nghiên cứu và xuất bản cho tới nay. Trong đó, kỹ thuật Hill Climbing sử dụng bộ vi xử lý để tăng hoặc giảm điện áp xung quanh điểm công suất cực đại thường được sử dụng, tuy nhiên, kỹ thuật này phải viết chương trình cho bộ xử lý hoặc sử dụng một DSP chip riêng biệt để bám điểm công suất cực đại nên sẽ tốn năng lượng, độ phức tạp và chi phí nhiều [3]. Kỹ thuật MPPT dùng mạng fuzzy logic và mạng nơron nhân tạo cũng thường được dùng vì khả năng tìm điểm MPPT với độ chính xác cao hơn và đáp ứng điểm cực đại công suất nhanh hơn đối với sự thay đổi điều kiện nhanh chóng nhưng phức tạp và khó thiết kế [2][4]. Kỹ thuật mạng neuron nhân tạo dùng CPU, DSP, MatLab, để thực hiện đào tạo (training) và học các quy luật dựa trên điều kiện cường độ sáng và nhiệt độ để tìm được điểm cực đại công suất [4]. Kỹ thuật điện áp mạch hở phân đoạn cũng thường được dùng để thể hiện mối liên hệ tuyến tính giữa điện áp có điểm công suất lớn nhất MPP (Maximum Point Power) và điện áp mạch hở (Open Circuit voltage) của các cell quang điện [5][6]. Dưới mức nhiệt độ và cường độ sáng khác nhau, phương pháp điện áp hở mạch được thực hiện qua phương trình $V_{MPP}=kV_{OC}$. Ở đây k là một hằng số tỉ lệ. k phụ thuộc vào đặc tính của cell năng lượng mặt trời được dùng. Nó thường tính bằng tay dựa trên kinh nghiệm để xác định V_{MPP} và V_{OC} cho mảng cell năng lượng tại các mức nhiệt độ và cường độ sáng khác nhau. Giá trị của k khoảng 0,71 tới 0,78 [2]. Ưu điểm của phương pháp điện áp hở mạch là sử dụng mạch điện tử tương tự để dò điểm công suất cực đại. Bởi sử dụng những mạch thiết kế đơn giản giúp tiết kiệm năng lượng tiêu thụ thay vì dùng các bộ xử lý phức tạp, nên phương pháp này phù hợp với các ứng

Tác giả liên hệ: Võ Minh Huân
Email: huanvm@hcmute.edu.vn
Đến toàn soạn: 7/2018, chỉnh sửa: 8/2018, chấp nhận đăng: 9/2018

dùng di động tiêu thụ công suất thấp. Khi biết giá trị k , V_{MPP} có thể được tính theo V_{OC} bởi một mạch điện tử tương tự đơn giản. Vì vậy, kỹ thuật MPPT điện áp hồ phần đoạn chỉ đơn giản là các opamp, mạch OTA, các linh kiện điện tử so với kỹ thuật HC climbing gồm các CPU, DSP, v.v. Mặc dù phương pháp đề xuất có kết quả bám điểm công suất cực đại chưa đạt tối đa nhưng phù hợp với các ứng dụng di động đòi hỏi công suất tiêu thụ trên các bộ nạp thấp trong một kích thước tấm pin nhỏ hợp lý trên ứng dụng di động.

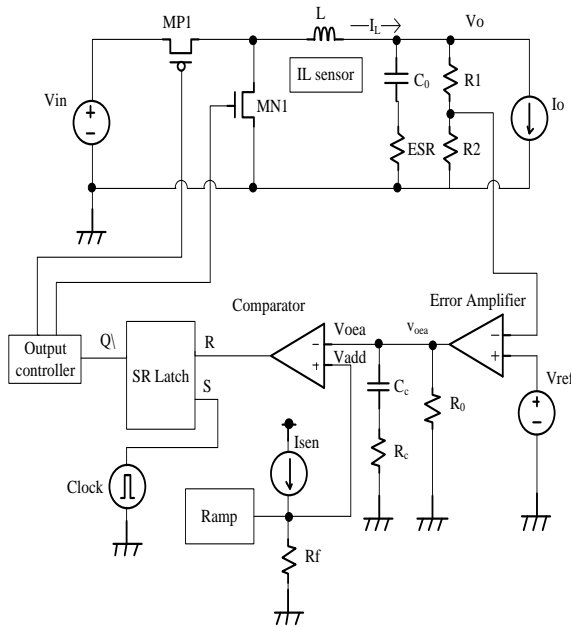
II. MẠCH CHUYỂN ĐỔI DC- DC BUCK CONVERTER VÀ QUÁ TRÌNH NẠP PIN

A. Mạch chuyển đổi DC-DC Buck converter

Buck converter là mạch biến đổi điện áp DC-DC có điện áp ngõ ra được điều biến theo xung PWM từ điện áp ngõ vào [7]. Điện áp ngõ ra được tính như sau:

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} = V_{in} \times D \tag{1}$$

Với D là chu kỳ công tác, t_{on} , t_{off} lần lượt là chu kỳ tác động và không tác động của xung.

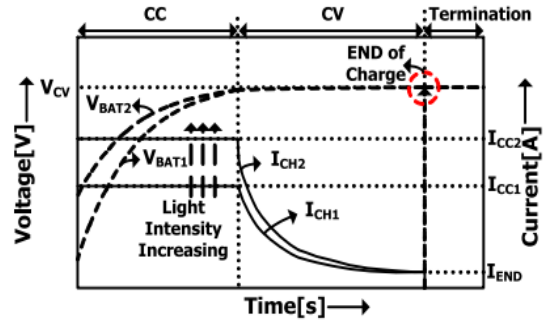


Hình 1. Cấu trúc mạch buck converter được thiết kế ở chế độ dòng với tăng điều khiển PWM [8].

B. Quá trình nạp pin dựa trên Buck Converter

Quá trình nạp pin Li-ion cơ bản gồm nạp dòng không đổi CC (Constant Current) và nạp áp không đổi CV (Constant Voltage). Tuy nhiên, quá trình CC ở

buck converter có dòng nạp thay đổi [9].



Hình 2. Quá trình nạp pin Li-ion [6]

1) Nạp dòng

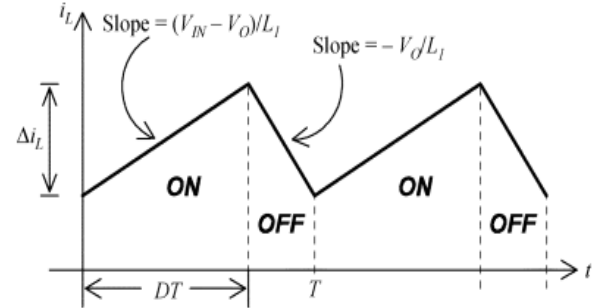
Xét tín hiệu điều khiển quá trình nạp pin V_{add} :

$$V_{add} = (I_{sen} + I_{ramp}) \times R_f \tag{2}$$

Trong đó, V_{add} được điều chỉnh bởi I_{sen} là dòng cảm biến từ dòng I_L qua cuộn dây được phân tích ở khối cảm biến dòng. Dòng cảm biến I_{sen} phụ thuộc vào I_L trong chu kỳ ON và $I_{BIAS} (\ll \alpha \cdot I_L)$ trong chu kỳ OFF của I_L .

Trong chu kỳ T_{on} , I_L tăng dần, V_{add} cũng tăng dần. V_{add} vượt qua V_{oea} sẽ tạo tín hiệu Reset = '1' đến mạch PWM, mạch này điều khiển ngắt transistor MP1 và đóng MN1, chuyển sang T_{off} .

Sự thay đổi dòng nạp pin trong quá trình nạp như sau:



Hình 3. Dòng điện qua cuộn dây. $V_{IN} = V_{sa}$, $V_O = V_{bat}$

Khi V_{bat} (hay điện áp ngõ ra V_O của buck converter) thấp, cạnh tăng của i_L sẽ có độ dốc lớn, cạnh giảm có độ dốc rất nhỏ nên dòng nạp hầu như luôn tăng.

Khi $V_{bat} \geq V_{sa} - V_{bat}$ (hay $V_O \geq V_{IN} - V_O$), cạnh tăng của i_L lại có độ dốc nhỏ và cạnh giảm có độ dốc lớn nên dòng nạp hầu như luôn giảm. Lúc này điện áp pin đã xấp xỉ mức đầy, quá trình nạp sẽ tiếp tục với quá trình nạp áp.

2) Nạp áp

Khi $V_{bat} \sim 80\% V_{ref}$, mạch OTA làm cho V_{oea} giảm dần về mức 0V. Do lúc này dòng nạp cho pin đã ổn định nên sự giảm dần của tín hiệu lỗi V_{oea} làm rút ngắn chu kỳ của tín hiệu Reset đến mạch chốt S-R, khiến các chu kỳ hoạt động của dòng qua cuộn dây bị thay đổi: **T_{on} giảm và T_{off} tăng**. Quá trình trên làm dòng nạp pin giảm nhanh về mức 0. Đến khi Reset luôn bằng '1' thì dòng nạp bằng 0. Điện áp V_{ref} sẽ duy trì điện áp nạp pin suốt quá trình nạp áp.

C. Tối ưu công suất nạp pin với MPPT dùng phương pháp điện áp mạch hở phân đoạn dựa trên đặc tính của pin mặt trời

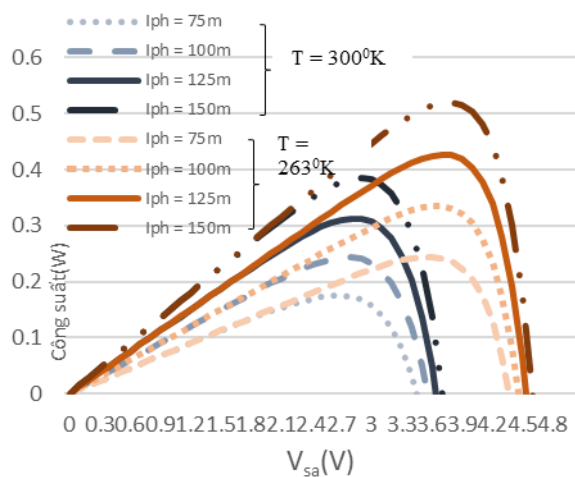
Điện áp của pin mặt trời tương ứng với công suất tối đa phụ thuộc tuyến tính với điện áp mạch hở của pin đối với các cường độ ánh sáng và nhiệt độ khác nhau:

$$V_{MPP} = k \cdot V_{OC} \tag{3}$$

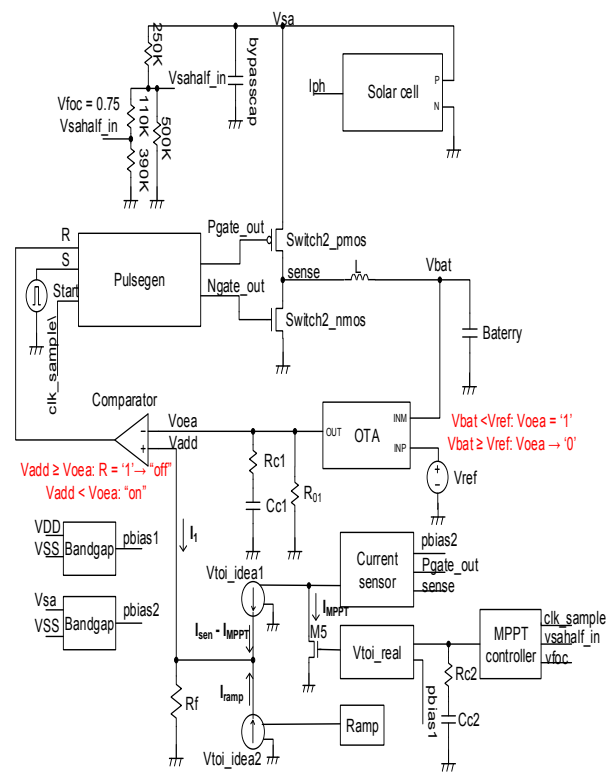
Trong đó, V_{MPP} là điện áp tại điểm công suất cực đại, V_{OC} là điện áp mạch hở của pin phụ thuộc nhiệt độ và cường độ ánh sáng môi trường, và k là hệ số điện áp có giá trị 0,71 đến 0,78 phụ thuộc vào đặc tính của pin mặt trời. Trong mạch thiết kế, $k=0,75$ [2].

Khi chu kỳ ON của dòng qua cuộn dây, dòng điện qua điện trở R_f là I_1 có độ lớn:

$$I_1 = I_{sen} - I_{MPPT} + I_{ramp} = K \cdot I_L - \frac{(V_{sa} - k \cdot V_{OC}) \cdot A_{V1(s)}}{R_2} + I_{ramp} \tag{4}$$



Hình 4. Mô hình công suất pin mặt trời được đặc trưng bởi cường độ sáng và nhiệt độ mô phỏng trên Cadence



Hình 5. Sơ đồ mạch hệ thống hoàn chỉnh

R_2 là điện trở trong mạch biến đổi áp – dòng (v_{toi_real}), $A_{V1}(s)$ là hàm truyền của khối OTA (mạch OTA trong khối MPPT controller):

$$A_{V1}(s) = \frac{V_{EA}}{k \cdot V_{OC}} \approx g_m R_{O2} \frac{1 + sC_{C2}R_{C2}}{1 + sC_{C2}R_{O2}} \text{ với } R_{O2} \square R_{C2} \tag{5}$$

Trong đó, g_m là độ dẫn dẫn và R_{O2} là điện trở ngõ ra của OTA.

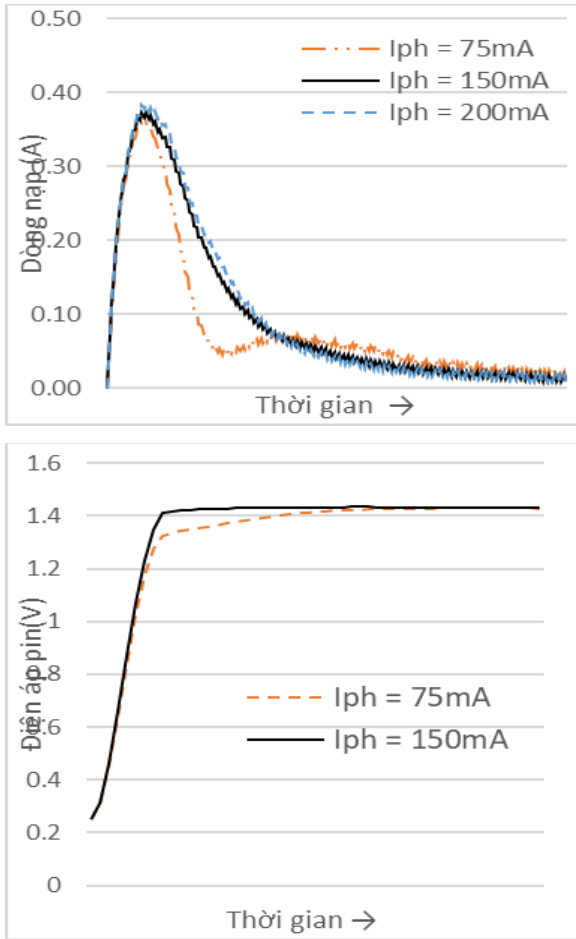
Dòng I_1 sau đó tạo thành tín hiệu điện áp V_{add} , cùng với V_{oea} , kiểm soát quá trình nạp.

Ở một mức cường độ ánh sáng, điểm công suất cực đại của pin mặt trời được dò theo như sau: khi $V_{sa} > k \cdot V_{OC}$, dòng I_{MPPT} tăng. V_{add} sẽ giảm khi I_{MPPT} tăng hay V_{add} sẽ bị dòng I_{MPPT} hãm lại quá trình tăng lên theo I_{sen} . Do đó, dòng I_{MPPT} sẽ kéo dài hơn thời gian $V_{add} < V_{oea}$ hay chu kỳ T_{on} của dòng qua cuộn dây được tăng, T_{off} giảm nên dòng nạp cho pin tăng.

Theo đặc tính dòng – áp của pin mặt trời, dòng ở ngõ ra tăng sẽ làm giảm V_{sa} . Quá trình này kết thúc khi $V_{sa} = k \cdot V_{OC}$. Khi đó, pin được nạp với công suất tối đa từ pin mặt trời.

Khi điều kiện ánh sáng thay đổi, quá trình nạp dòng CC được tối ưu do V_{sa} bám theo $k \cdot V_{oc}$ để mạch đạt điểm công suất tối đa mới.

III. KẾT QUẢ MÔ PHÒNG

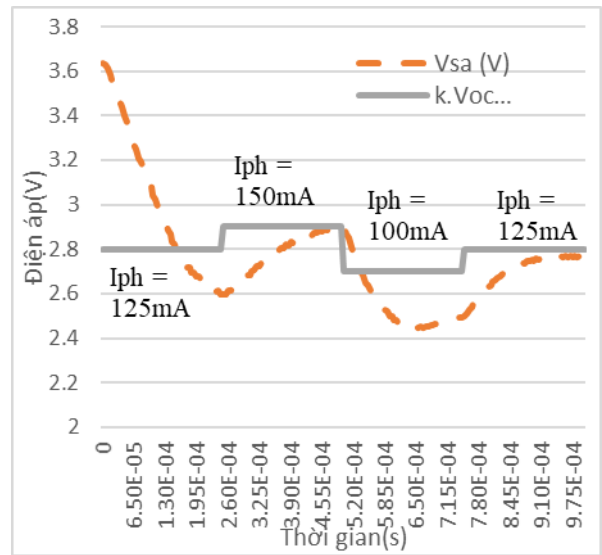


Hình 6. Điện áp và dòng nạp khi ánh sáng mạnh và yếu thể hiện qua hai giai đoạn nạp dòng và nạp áp. Dòng nạp được điều chỉnh với MPPT và điện áp nạp không đổi

Dòng nạp được thay đổi với các điều kiện ánh sáng (I_{ph}) khác nhau trong quá trình nạp dòng bởi mạch MPPT dựa trên buck converter. Dòng nạp đạt tối đa là 359mA, 373mA và 385mA lần lượt với các cường độ dòng điện tạo bởi ánh sáng 75mA, 150mA và 200mA. Cũng trong quá trình này, điện áp pin tăng dần. Khi pin đạt xấp xỉ điện áp đầy (1,4V), dòng nạp được điều chỉnh giảm dần, quá trình nạp dòng kết thúc và quá trình nạp áp diễn ra. Ta thấy với các cường độ sáng thấp hơn, quá trình nạp áp sẽ diễn ra sớm hơn và ngược lại.

Dòng I_{MPPT} tạo ra từ mức sai khác giữa V_{sa} và $k.V_{oc}$ sẽ làm giảm V_{add} , làm tăng chu kỳ đóng (T_{on}) của transistor khóa điều khiển nạp dòng từ pin mặt trời, do đó làm tăng dòng nạp đến pin. Dòng nạp tăng làm giảm điện áp V_{sa} . Quá trình này ổn định khi $V_{sa} = k.V_{oc}$.

Ở đây P_0 : mức công suất tối đa tại $k.V_{oc}$, P : mức công suất đạt được tại V_{sa} , %P: mức đạt được của P so với P_0 .



Hình 7. Mạch MPPT điều chỉnh dòng I_{MPPT} để V_{sa} thay đổi theo điểm công suất tối đa được quyết định bởi $k.V_{oc}$, khi cường độ ánh sáng thay đổi

Bảng 1 Sai số giữa $k.V_{oc}$ so với V_{sa} và sai số giữa điểm công suất đạt được so với mong muốn

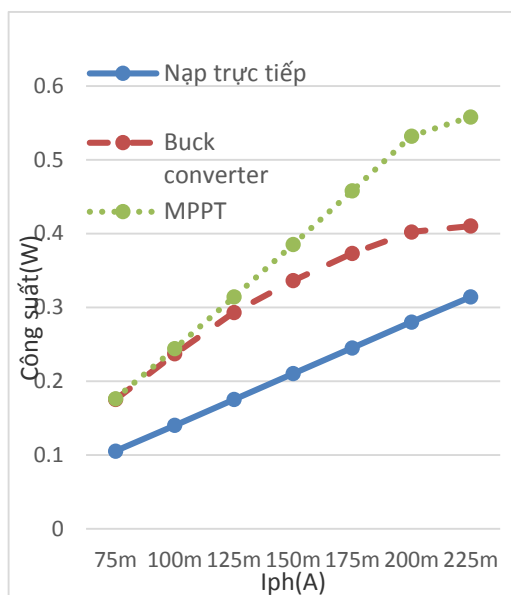
	Iph1	Iph2	Iph3	Iph4
V_{sa}	2,596	2,897	2,491	2,769
$k.V_{oc}$	2,8	2,9	2,7	2,8
P_0	0,3132	0,3851	0,243	0,3132
P	0,3047	0,385	0,2348	0,3123
%P	97,28608	99,97403	96,62551	99,71264

Dựa trên bảng, có thể nhận thấy sự sai số phần trăm công suất đạt được so với công suất cực đại của năng lượng mặt trời gần như đạt tối đa theo cường độ ánh sáng.

Dựa trên kết quả Hình 8, có thể nhận thấy công suất đạt được của phương pháp MPPT luôn lớn nhất so với kỹ thuật buck converter và nạp trực tiếp. Ví dụ tại cường độ sáng $I_{ph}=200mA$, công suất đạt được của phương pháp nạp trực tiếp là 0,28W, của kỹ thuật buck converter là 0,402W, của kỹ thuật MPPT đề xuất là 0,532W. Công suất đạt được của kỹ thuật MPPT tăng 90% so với kỹ thuật nạp trực tiếp và 33% so với kỹ thuật của buck converter.

Khi nạp pin trực tiếp từ pin mặt trời, điện áp ngõ ra pin mặt trời phụ thuộc vào điện áp pin $V_{sa} = V_{bat} \ll V_{oc}$. Pin ban đầu được nạp có điện áp thấp nên làm cho V_{sa} ở mức thấp và dòng nạp ở mức tối đa. Khi đó, điểm công suất của pin mặt trời sẽ nằm ở vùng bên trái của đặc tuyến công suất. Quá trình nạp pin dừng lại khi V_{sa} tăng đến điện áp nạp đầy pin (V_{ref}).

Trường hợp nạp pin với MPPT là phương pháp được tối ưu dựa trên mạch buck converter. Khi bắt đầu quá trình nạp pin, điện áp ngõ ra pin mặt trời V_{sa} xấp xỉ V_{oc} , dòng nạp pin rất nhỏ (hầu như bằng 0) do transistor điều khiển cấp dòng nạp ở trạng thái ngắt. Sau đó transistor này được điều khiển đóng làm dòng nạp tăng dần. Điểm công suất của pin mặt trời ban đầu sẽ nằm ở vùng bên phải của đặc tuyến công suất.



Hình 8. So sánh công suất pin mặt trời ở các điều kiện ánh sáng khác nhau xét trong ba trường hợp: sử dụng MPPT, mạch buck và nạp trực tiếp

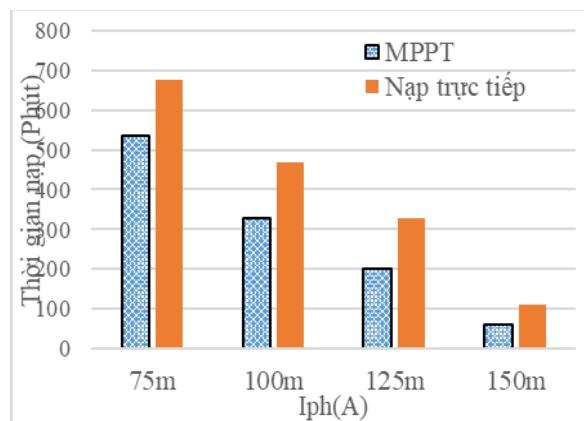
Sự khác biệt giữa phương pháp sử dụng mạch buck converter và MPPT là rằng mạch buck converter có dòng nạp được kiểm soát bởi mức điện áp nạp đầy của pin như đã phân tích ở hoạt động nạp pin của mạch buck converter. Điều này tương tự như nạp trực tiếp, nhưng hoạt động tăng dần dòng nạp, giảm dần V_{sa} làm cho pin mặt trời hoạt động với các điểm công suất ở mức cao hơn nạp trực tiếp.

Ở điều kiện cường độ ánh sáng không đổi, nếu mức điện áp đầy của pin V_{ref} xấp xỉ điện áp chênh lệch $V_{oc} - V_{ref}$, quá trình nạp pin với mạch buck converter vẫn có thể đạt điểm công suất tối đa như phương pháp MPPT. Tuy nhiên, khi cường độ ánh sáng thay đổi, điều đó không thể đạt được. Với mạch MPPT, dòng nạp được kiểm soát bởi mức điện áp sai khác $V_{sa} - k \cdot V_{oc}$, hay độ lớn của dòng I_{MPPT} . I_{MPPT} làm tăng dòng nạp nên làm giảm V_{sa} . V_{sa} được thay đổi đến $k \cdot V_{oc}$ thì dừng lại. Do đó, V_{sa} không phụ thuộc điện áp pin. Khi cường độ ánh sáng thay đổi, V_{sa} sẽ được điều chỉnh theo cơ chế trên để đạt giá trị $k \cdot V_{oc}$ mới. Như vậy, quá trình nạp pin luôn ở điểm công suất tối đa với mọi điều kiện ánh sáng.

Ngoài ra, khi nhiệt độ thay đổi, V_{oc} và I_{sc} của pin mặt trời cũng thay đổi. Mạch MPPT vẫn dựa vào cơ chế trên để tối ưu quá trình nạp pin.

Hình 8 mô phỏng được thực hiện và đánh giá trường hợp sử dụng MPPT và so sánh với trường hợp nạp trực tiếp. Thời gian nạp một pin dung lượng 3000F ở mức 1,4V như sau:

Theo kết quả mô phỏng, tại cường độ $I_{ph} = 150mA$, thời gian nạp trực tiếp để đầy pin khoảng 105 phút trong khi nạp dùng kỹ thuật MPPT hoảng 50 phút. Vì vậy bộ nạp nguồn pin nhanh hơn khoảng 53% thời gian nạp.



Hình 9. So sánh thời gian nạp với MPPT và nạp trực tiếp

IV. KẾT LUẬN

Với mạch MPPT được thiết kế nhằm tối ưu quá trình nạp dòng được thêm vào mạch buck converter, hệ thống có thể điều chỉnh dòng nạp theo điều kiện ánh sáng, nhiệt độ để truyền tải công suất tối đa từ pin mặt trời đến pin Li-ion. Quá trình nạp áp không đổi sau đó giúp duy trì điện áp pin đến mức đầy và kết thúc quá cả trình nạp với hiệu suất được tối ưu. Từ kết quả mô phỏng, ta thấy hệ thống có khả năng tối ưu công suất nạp cao hơn đến 90%, thời gian nạp được tối ưu hơn 53% so với phương pháp nạp pin trực tiếp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Huang-Chen Lee, *et al*, “ Design of Multifunctional Wireless Sensor for In-Situ Monitoring of Debris Flows”, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 59, pp. 2958 – 2967, 2010.
- [2] Trishan Eeram; Patrick L. Chapman, “comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques”, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Volume: 22, Issue: 2, Pages: 439 – 449 2007.
- [3] Hussam Al-Atrash; Issa Batarseh; Khalid Rustom, “Effect of Measurement Noise and Bias on Hill-Climbing MPPT Algorithms”, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 46, pp. 745 – 760, 2010.
- [4] Haider Saif Agha; Zafar-ullah Koreshi; Mohammad Bilal Khan, “Artificial neural network based maximum power point tracking for solar photovoltaics”, 2017 International Conference on Information and Communication Technologies (ICICT), 2017.
- [5] Jawad Ahmad, “A fractional open circuit voltage based maximum power point tracker for photovoltaic arrays”, 2010 2nd International Conference on Software Technology and Engineering, Volume: 1, pp. 247 -250, 2010.
- [6] Eun-Sub Lee, Chul-Mun Jung, Huan Minh Vo, Kyeong-Sik Min, School of Electrical Engineering, Kookmin University, “Compact and efficient Maximum Power Point Tracking circuit for portable solar battery charger”, *IEICE Electronics Express*, June 25, 2011.
- [7] C. Leung, *et al*, “An integrated CMOS current-sensing circuit for low-voltage current-mode Buck regulator,” *IEEE Trans. Circuits Syst. 2*, Vol. 52, No. 7, p. 394, July 2005.
- [8] Cheung Fai Lee, Phillip K. T. Mok, “A Monolithic Current-Mode CMOS DC-DC Converter with On-Chip

Current Sensing Technique”, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 39, No. 1, January 2004.

- [9] M.Chen and G. A. Rincon-Mora, “Accurate, compact, and power-efficient Li-ion battery charger circuit,” IEEE Trans. Circuits Syst. 2, vol. 53, no. 11, pp. 1180–1184, Nov. 2006.

OPTIMIZING BATTERY CHARGING POWER USING FRACTIONAL OPEN CIRCUIT VOLTAGE BASED MPPT TECHNIQUE FOR PHOTOVOLTAIC ARRAYS

Abstract: The solar cell battery charger based on the Maximum Power Point Tracking (MPPT) method using fractional open circuit voltage method is proposed instead of using the complex microprocessors. The proposed circuit is based on the operation principle of DC-DC buck converter to find the maximum power point from the solar cell. The MPPT circuit is based on the characteristics of the various light density solar cell and electrochemical power of the lithium-ion battery with the constant current charging and constant voltage charging. As the result, the proposed solar battery charger shows 90% optimum charging power, 53% optimum charging time compared to the direct battery charger. The charger is simple and useful for mobile and IoT applications.

Key words: *Maximum Power Point Tracking; Buck Converter; battery charger; solar cell; fractional open circuit voltage.*



Võ Minh Huân nhận bằng đại học và thạc sỹ chuyên ngành Kỹ thuật Điện Tử Viễn Thông năm 2005 và 2007 tại Đại học Bách Khoa TPHCM và bằng tiến sỹ tại Đại học Kookmin, Seoul, Hàn Quốc năm 2013. Anh ta hiện tại là giảng viên, đảm

nhiệm chức vụ Phó trưởng khoa, Khoa Điện Điện Tử Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TPHCM. Lĩnh vực nghiên cứu hiện tại về thiết kế vi mạch tích hợp, công nghệ IoT, tối ưu công suất thấp.