XAY DUNG HE THONG AC BOM NUOC BANG PIN MAT TROI CHO KHU VUC HUYEN TRI TON TINH AN GIANG

DESIGN SOLAR WATER PUMP SYSTEM IN
TRI TON DISTRICT, AN GIANG PROVINCE

Trương Việt Anh[1], Nguyễn Trung Tín[2]
[1]Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM
[2]Học viên cao học trường ĐHSPKT TPHCM

TÓM TẮT

Bài báo đề cập đến vấn đề sử dụng năng lượng điện mặt trời (PV) trong bơm nước sử dụng các động cơ một chiều đồng bộ không chổi than (BLDC). Bộ chuyển đổi tăng áp DC-DC, được sử dụng như một bộ điều khiển công suất trung gian đóng một vai trò quan trọng trong việc tăng cường hiệu quả dãy PV và khởi động động cơ BLDC với điều khiển thích hợp. Điều khiển tốc độ động cơ BLDC được thực hiện bằng điều khiển PWM (Điều chỉnh độ rộng xung) của bộ biến tần nguồn điện áp (VSI) sử dụng bộ điều chỉnh điện áp thanh cái DC. Phương pháp điều khiển này cho phép không yêu cầu thêm cảm biến dòng điện như các phương pháp vector thường dùng. Hành vi của hệ thống bơm được đề xuất được chứng minh bằng cách đánh giá các hoạt động khác nhau của nó thông qua nghiên cứu mô phỏng dựa trên MATLAB / simulink.

Từ khóa: *Pin năng lượng mặt trời, động cơ BLDC, mạch tăng áp DC/DC, PWM, VSI, điều khiển vận tốc.*

ABSTRACT

This work deals with the utilization of solar photovoltaic (SPV) energy in the brushless DC (BLDC) motor driven water pump. A DC-DC boost converter, used as an intermediate power conditioning unit plays a vital role in efficiency enhancement of SPV array and soft starting of the BLDC motor with proper control. The speed control of BLDC motor is performed by PWM (Pulse Width Modulation) control of the voltage source inverter (VSI) using DC link voltage regulator. No additional control or current sensing element is required for speed control. The behavior of proposed pumping system is demonstrated by evaluating its various performances through MATLAB/simulink based simulation study.

Keywords: *Solar PV; BLDC motor; Boost converter; PWM; VSI; Speed control.*

1. GIỚI THIỆU

Việc bơm nước đã trở thành ứng dụng hấp dẫn nhất của năng lượng mặt trời (PV) đặc biệt là ở các vùng nông thôn hẻo lánh, nơi điện lưới hoặc gần như không thể hoặc kinh tế [1]. Nói chung, bộ chuyển đổi DC-DC được sử dụng để bám theo điểm công suất cực đại (MPPT) của một dãy PV. Bộ chuyển đổi buck DC-DC được sử dụng trong [2] cho máy bơm ly tâm điều khiển bằng động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu (PMDC). Một động cơ PMDC có ưu điểm là không sử dụng các bộ biến tần trong điều khiển vận tốc nhưng nó có hiệu quả thấp, chi phí bảo trì cao và yêu cầu bảo trì thường xuyên [3]. Mặt khác, một bộ chuyển đổi buck nhất thiết phải có một bộ lọc gợn ở đầu vào của nó dẫn đến chi phí và kích thước tăng lên, do đó không thích hợp.

Trong công việc này, một bộ chuyển đổi tăng áp DC-DC được sử dụng trong MPPT của mảng PV. Những lý do đằng sau việc chọn bộ chuyển đổi này là các đặc tính vốn có của nó, có thể có hiệu suất chuyển đổi cao vì ít thành phần hơn, sử dụng chuyển mạch rất tốt và loại bỏ bộ lọc gợn đầu vào vì cuộn cảm đầu vào hoạt động như một bộ lọc gợn sóng [4]. Ngoại trừ các bộ chuyển đổi Buck, Boost và Buck-boost có ít linh kiện còn các bộ chuyển đổi cải tiến khác đều có nhiều linh kiện làm tăng chi phí, kích thước trọng lượng và giảm

hiệu quả. Những vấn đề này khuyến khích sử dụng một công cụ chuyển đổi tăng áp DC/DC cho nhiệm vụ mong muốn.

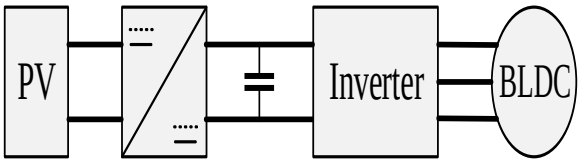
Động cơ cảm ứng được sử dụng rộng rãi cho máy bơm nước vì độ bền của nó, chi phí thấp, hiệu quả cao, sẵn có ở thị trường địa phương và chi phí bảo trì thấp so với động cơ DC [3]. Tuy nhiên, động cơ này yêu cầu điều khiển phức tạp và các vấn đề quá nhiệt, từ đó không phù hợp [5]. Do đó, động cơ không chổi than DC (BLDC) sở hữu hiệu suất và độ tin cậy cao hơn động cơ cảm ứng, EMI và tiếng ồn thấp, không bảo trì [1][6], được sử dụng trong hệ thống bơm nước được đề xuất.

Một sự kết hợp của bộ chuyển đổi tăng và động cơ BLDC đã được báo cáo trong [7] để bơm nước nhưng điều khiển vòng kín được sử dụng để điều khiển tốc độ của động cơ BLDC đòi hỏi thêm các yếu tố cảm biến dòng điện và sơ đồ điều khiển phức tạp. Trong hệ thống được đề xuất, vì tốc độ động cơ BLDC được điều khiển bởi điều chế độ rộng xung (PWM) của VSI sử dụng bộ điều chỉnh điện áp liên kết DC, không sử dụng phần tử cảm biến dòng điện bổ sung. Động cơ BLDC không cảm biến dòng theo phương pháp điều khiển vòng kín được mô tả trong các công bố xx nhưng sử dụng các cấu trúc mạch chuyển đổi Buck-Boost [7], C'uk [1] đã gây ra tình trạng chuyển mạch kém, ứng suất cao trên nguồn và thành phần công suất phản kháng [4].

Theo công bố trong [8], bộ chuyển đổi DC/DC Boost, sở hữu một vùng MPPT bị chặn, gây ra các ràng buộc thiết kế trên mảng PV. Do đó, mảng SPV được chọn là MPPT được đảm bảo bất kể điều kiện thời tiết. Hơn nữa, lựa chọn đúng đắn của mảng SPV và động cơ BLDC cũng đảm bảo thiết kế tối ưu của bộ chuyển đổi boost. Chế độ dẫn điện liên tục (CCM) của hoạt động được điều chỉnh cho hoạt động chuyển đổi tăng để giảm áp lực lên các thiết bị và linh kiện bán dẫn của nó. Dòng khởi động khởi động của động cơ BLDC cũng bị hạn chế và khởi động mềm được thực hiện bằng cách điều khiển thích hợp mảng SPV thông qua hoạt động MPP.

Hệ thống bơm được đề xuất, mang lại sự đơn giản, gọn nhẹ và hiệu quả chi phí được thiết kế để hoạt động thành công ngay cả ở mức chiếu xạ mặt trời 30% so với tiêu chuẩn. Hệ thống được thiết kế, mô hình hóa và hiệu suất của nó được phân tích trong môi trường MATLAB / simulink. Các trạng thái khởi động, trạng thái ổn định và năng động khác nhau được đánh giá, xem xét các điều kiện hoạt động thực tế, thể hiện sự phù hợp của nó đối với máy bơm nước.

2. CẤU HÌNH HỆ THỐNG ĐỀ XUẤT



Hình 1 Cấu hình hệ thống bơm nước được đề xuất

Hình 1 cho thấy một sơ đồ của mảng PV được đề xuất cho bơm nước động cơ BLDC được đề xuất. Hệ thống này bao gồm một mảng PV, bộ chuyển đổi DC-DC tăng áp, bộ nghịch lưu nguồn áp VSI, BLDC và máy bơm nước. phương pháp MPPT dựa trên P&O được dùng để tăng hiệu suất của mãng PV thông qua hoạt động của mạch Boost. Mặt khác, điều khiển tốc độ của động cơ BLDC và chuyển mạch điện tử được thực hiện bằng điều khiển PWM của VSI. Một bộ mã hóa sẵn có, được gắn trên chính động cơ BLDC, cung cấp ba tín hiệu Hall sau vị trí rotor được chuyển đổi thành sáu xung. Các phần sau xây dựng các phương pháp thiết kế và kiểm soát của hệ thống được đề xuất.

3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG BƠM NƯỚC DÙNG PV

Thiết kế hệ thống bơm nước được đề xuất dựa trên việc lựa chọn động cơ và bơm BLDC. Một động cơ BLDC với công suất 1,8 kW được chọn, như được chỉ ra trong Bảng I, và các giai đoạn khác. PV mảng, bộ chuyển đổi tăng áp DC-DC và máy bơm nước được thiết kế cho phù hợp. Việc ước tính các thông số khác nhau được xây dựng trong các phần sau.

3.1 Thiết kế hệ thống pin PV

Mảng SPV có công suất 2 kWp được chọn để cấp nguồn cho động cơ BLDC - máy bơm công suất 1,8 kW. Công suất dư thừa từ mảng SPV là cần thiết để bù đắp tổn thất của

bộ chuyển đổi và bơm động cơ. Để ước tính các thông số khác, điện áp mảng SPV được xem xét đầu tiên theo điện áp DC định mức của động cơ BLDC và thiết kế tối ưu của bộ chuyển đổi tăng áp. Nó được lựa chọn sao cho tỷ số thời gian tối ưu tại MPP ở mức tối thiểu có thể, dẫn đến việc sử dụng chuyển mạch rất tốt, điện áp giảm và ứng suất dòng điện trên các thiết bị nguồn, giảm dòng định mức của cuộn cảm. Tấm pin được dùng là loại đa tinh thể (polycrystalline) 250Wp. Thông số của tấm pin này được thể hiện trong Hình 2 được công bố bởi nhà phân phối.

Type Of Module	TYNP62610250
Maximum Power [W]	250
Tolerance [%]	Plus
Open circuit Voltage [V]	37.2
Short circuit Current [A]	8.52
Maximum Power Voltage [V]	31.2
Maximum Power Current [A]	8.03
Module Efficiency [%]	15.26
Series Fuse Rating [A]	15
Terminal Box	IP65
Maximum System Voltage [V]	DC 600 / DC 1000
Operating Temperature [°C]	-40 to 85

Hình 2 Thông số của một tấm pin 250Wp thực tế

3.2 Thiết kế bơm nước.

Mô hình bơm nước sử dụng loại đầu bơm ly tâm. Với vận tốc định mức 3000 rpm, vận tốc quay của rotor được xác định theo (1) với là vận tốc định mức máy bơm.

$$\omega_m = \frac{n_m.2\pi}{60} = 303.68\left(rad/s\right) \quad (1)$$

Hằng số bơm được tính dựa trên thông số định mức của máy bơm như trong (2)

$$k_\omega = \frac{P}{\omega_m^3} = 7.1414e\text{-}05\left(W/\left(rad/s\right)^3\right) \quad (2)$$

Mô men đầu trục động cơ được tính toán dựa vào vận tốc quay của nó. Công thức tính toán được thể hiện trong (3) như bên dưới

$$T = k_\omega.\omega_m^2 \qquad \left(N.m\right) \quad (3)$$

3.2 Thiết kế động cơ BLDC.

Động cơ BLDC được chọn là loại động cơ có công suất định mức 1.8 kW và có thông số như thể hiện trong Hình 3 như sau.

Power, P	1.8 kW
Speed, N_r	3000 rpm
DC voltage, V_{dc}	310 V
Poles, P	4
Inertia, J	3.5 kg.cm^2
Current, I_s	5.64 A
Voltage constant, K_e	78 V/krpm
Torque constant, K_t	0.74 Nm/A
Phase resistance, R_s	2.3 Ω
Phase inductance, L_s	7.68 mH

Hình 3 Thông số động cơ 1.8 kW dùng trong mô phỏng

4. Điều khiển hệ thống đề xuất.

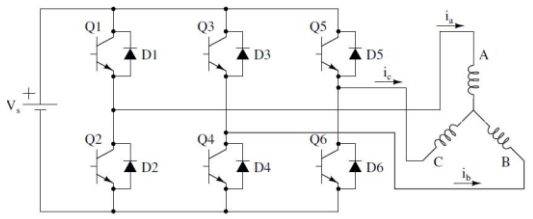
Các kỹ thuật kiểm soát được sử dụng ở các giai đoạn khác nhau của hệ thống bơm nước được đề xuất được chia thành ba phần sau đây.

4.1 Dò điểm MPP của hệ thống pin

Để nâng cao hiệu quả của một mảng SPV, MPPT là bắt buộc do điều kiện thời tiết thay đổi. Hệ thống được đề xuất thích nghi với một giải thuật P&O trong dò tìm MPPT [9]–[14]. Kỹ thuật này đáp ứng tốt khi có giao động công suất trên dãy PV. Việc kiểm soát tỉ số điều chế được sử dụng bởi vì nó cung cấp các đặc tính ổn định và đơn giản. Tỷ số điều chế thời gian ban đầu được thiết lập bằng không trong khi khởi động động cơ. Tương tự như vậy, kích thước nhiễu loạn là 0,001 để giảm giao động xung quanh điểm vận hành tối ưu.

4.2 Điều khiển động cơ BLDC.

Bộ nghịch lưu nguồn áp VSC cấp công suất cho BLDC hoạt động. Để quay động cơ thì trình tự chuyển mạch được thực hiện theo một trình tự như trình bày trong [1]. Việc xác định vị trí của trạng thái đóng cắt trong chuỗi được thực hiện bằng cách sử dụng các cảm biến Hall gắn đồng trục với trục rotor. Có tổng cộng 6 trạng thái của các khóa đóng cắt cho 6 vùng góc rotor dựa trên cảm biến Hall như thể hiện trong Hình 4 và Hình 5 bên dưới.



Hình 4 Giản đồ đơn giản của một BLDC

Switching Interval	Sequence Number	Pos. Sensors			Switch Closed		Phase Current		
		H1	H2	H3			A	B	C
0^0 - 60^0	0	1	0	0	Q1	Q4	+	-	Off
60^0 - 120^0	1	1	1	0	Q1	Q6	+	Off	-
120^0 - 180^0	2	0	1	0	Q3	Q6	Off	+	-
180^0 - 240^0	3	0	1	1	Q3	Q2	-	+	Off
240^0 - 300^0	4	0	0	1	Q5	Q2	-	Off	+
300^0 - 360^0	5	1	0	1	Q5	Q4	Off	-	+

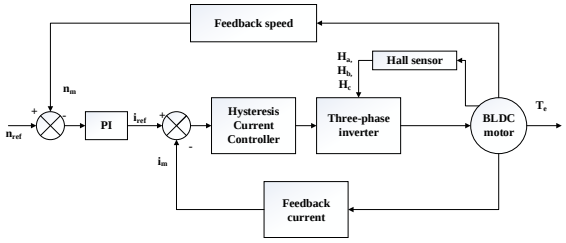
Hình 5 Thứ tự chuyển mạch của BLDC

4.3 Điều khiển vận tốc động cơ BLDC.

Điều khiển tốc độ của bơm động cơ BLDC được thực hiện bằng cách chuyển mạch PWM của VSI trong khi điều chỉnh điện áp DC bus của nó. Nguyên tắc ổn áp trên thanh cái DC được thể hiện như trong Hình 6 bên dưới. Có thể tóm tắt nguyên tắc điều khiển này như sau:

- Khi điện áp trên thanh cái DC (V_{dc}) lớn hơn điện áp đặt trước (V_{nom}). Đây là trạng thái báo hiệu công suất bơm thấp hơn công suất thu được từ các tấm PV. Lúc này, sai số ngõ ra sẽ mang dấu dương. Điều này đồng nghĩa với việc giá trị vận tốc tham chiếu máy bơm sẽ tăng lên. Khi vận tốc máy bơm tăng sẽ làm tăng công suất hệ thống bơm nước. Lúc này giá trị điện áp trên thanh cái DC sẽ giảm xuống tương ứng.
- Khi điện áp trên thanh cái DC (V_{dc}) thấp hơn điện áp đặt trước (V_{nom}). Đây là trạng thái báo hiệu công suất bơm cao hơn công suất thu được từ các tấm PV. Lúc này, sai số ngõ ra sẽ mang dấu âm. Điều này đồng nghĩa với việc giá trị vận tốc tham chiếu máy bơm sẽ giảm xuống. Khi vận tốc máy bơm giảm sẽ làm tăng công suất hệ thống bơm nước. Lúc này giá trị điện áp trên thanh cái DC sẽ tăng lên tương ứng.

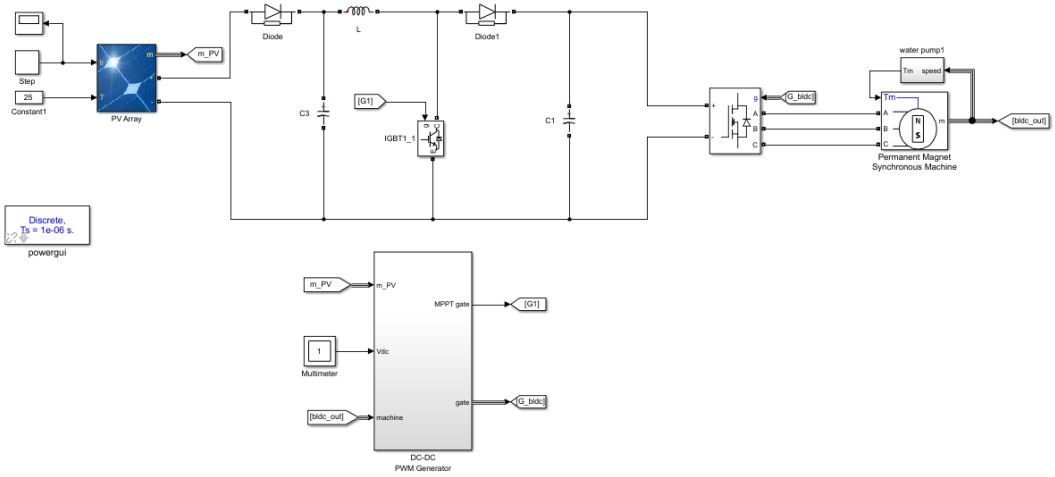
Như vậy, với sự tham gia của bộ điều khiển vận tốc máy bơm thì điện áp trên thanh cái DC sẽ được giữ không đổi tại điện áp cho trước. Hay nói cách khác, công suất phát đã cân bằng công suất thu.



Hình 6 Hệ thống điều khiển vòng đôi cho động cơ BLDC

5. Kết quả mô phỏng.

Dựa trên các phân tích hệ thống bơm nước bằng sử dụng năng lượng mặt trời được đề xuất có mô hình hóa mô phỏng như thể hiện trong Hình 7. Qua quá trình mô phỏng, kết quả mô phỏng được thể hiện trong các hình sau.

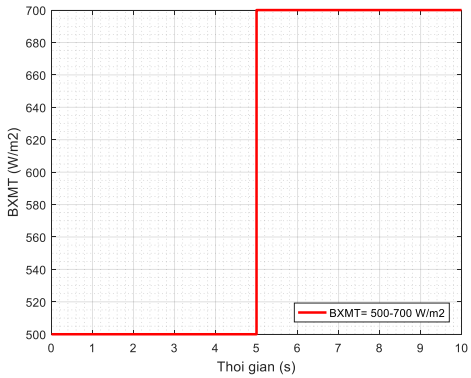


Hình 7 Mô hình mô phỏng hệ thống bơm nước PV được đề xuất

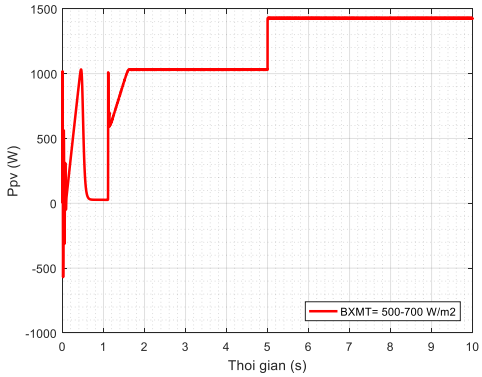
5.1 Khi cường độ bức xạ mặt trời 500-700 W/m2

Hình 8 thể hiện cường độ bức xạ mặt trời chiếu vào hệ thống pin trong suốt thời gian mô phỏng. Qua hình có thể nhận thấy cường độ bức xạ mặt trời được chia làm hai giai đoạn. Giai đoạn đầu có cường độ bức xạ 500 W/m2 chiếu trong thời gian 5 s đâu. Trong thời gian 5 s tiếp theo, cường độ bức xạ mặt trời chiếu vào hệ thống pin có giá trị 700 W/m2.

Tương ứng với cường độ bức xạ chiếu vào tấm pin mặt trời, công suất điện từ pin mặt trời được thể hiện trong Hình 9. Qua dạng sóng công suất thu được có thể thấy giải thuật dò điển MPP có hiệu quả tốt khi công suất ngõ ra không thay đổi sau quá trình quá độ hệ thống ban đầu.



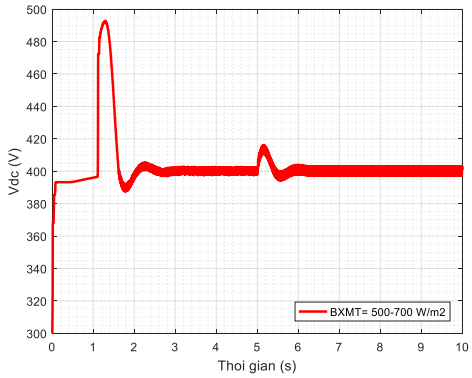
Hình 8 Cường độ BXMT cấp cho dãy PV



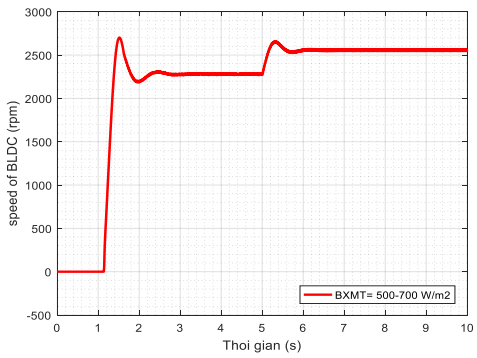
Hình 9 Công suất thu được từ dãy PV khi BXMT đạt 500-700W/m2

Đồ thị điện áp trên tụ DC trong trường hợp bức xạ mặt trời thay đổi từ 500 W/m2 sang 700 W/m2 được thể hiện qua Hình 10. Qua hình có thể thấy sau quá trình quá độ thì giá trị điện áp được giữ ổn định tại giá trị điện áp danh định 400 Vdc. Khi xuất hiện quá đột thì điện áp này cũng giao động trong một khoảng nhỏ với thời gian ngắn rồi ổn định lại tại điện áp 400 Vdc. Điều này cho thấy giải thuật cân bằng công suất giữa nguồn phát điện PV và công suất tiêu thụ trên các động cơ có chất lượng tốt.

Vận tốc quay rotor của động cơ bơm nước khi bức xạ mặt trời thay đổi từ 500 W/m2 sang 700 W/m2 được thể hiện qua Hình 11. Sau khoảng thời gian ngắn nạp năng lượng cho hệ thống điện từ hệ thống pin năng lượng mặt trời, động cơ được khởi động và nhanh chóng đạt được vận tốc lý tưởng để cân bằng với công suất thu được từ hệ thống pin quang điện. Sau quá trình quá độ ngắn thi vận tốc động cơ được giữ ổn định trong suốt thời gian mô phỏng. Khi có sự thay đổi cường độ bức xạ mặt trời cấp cho hệ thống pin quang năng, vận tốc động cơ cũng thay đổi theo nhằm cân bằng với công suất hệ thống pin. Sau cân bằng thì vận tốc động cơ được giữ không đổi trong thời gian mô phỏng còn lại.



Hình 10 Điện áp trên tụ DC khi BXMT đạt 500-700W/m2

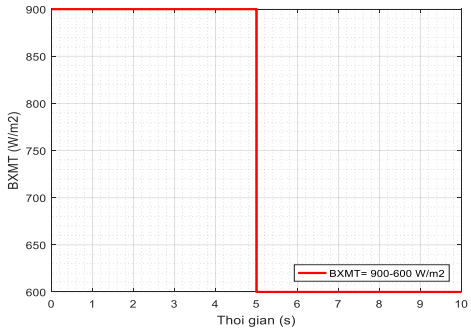


Hình 11 Vận tốc động cơ khi BXMT đạt 500-700W/m2

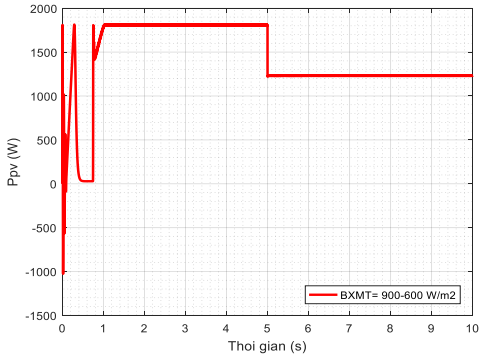
5.2 Khi cường độ bức xạ mặt trời 900-600 W/m2

Hình 12 thể hiện cường độ bức xạ mặt trời chiếu vào hệ thống pin trong suốt thời gian mô phỏng. Qua hình có thể nhận thấy cường độ bức xạ mặt trời được chia làm hai giai đoạn. Giai đoạn đầu có cường độ bức xạ 900 W/m2 chiếu trong thời gian 5 s đâu. Trong thời gian 5 s tiếp theo, cường độ bức xạ mặt trời chiếu vào hệ thống pin có giá trị 600 W/m2.

Tương ứng với cường độ bức xạ chiếu vào tấm pin mặt trời, công suất điện từ pin mặt trời được thể hiện trong Hình 13. Qua đồ thị công suất thu được có thể thấy giải thuật dò điển MPP có hiệu quả tốt khi công suất ngõ ra không thay đổi sau quá trình quá độ hệ thống ban đầu.



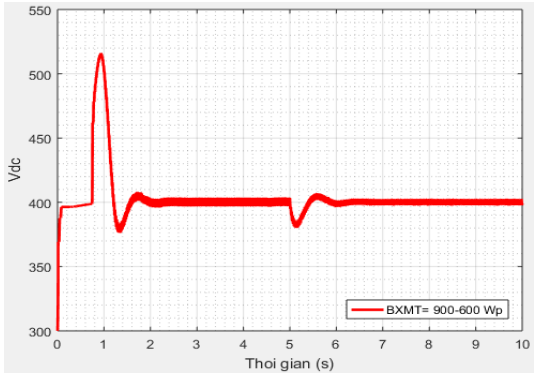
Hình 12 Cường độ BXMT cấp cho dãy PV



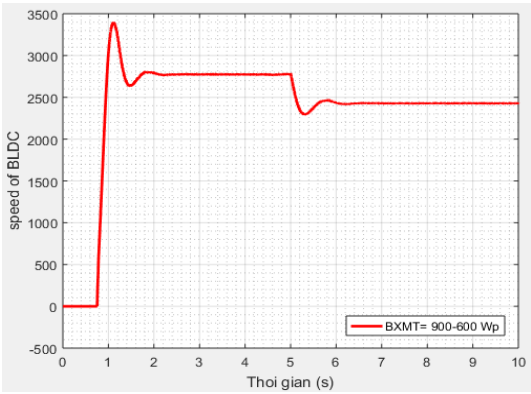
Hình 13 Công suất thu được từ dãy PV khi BXMT đạt 900-600W/m2

Đồ thị điện áp trên tụ DC trong trường hợp bức xạ mặt trời thay đổi từ 900 W/m2 sang 600 W/m2 được thể hiện qua Hình 14. Qua hình có thể thấy sau quá trình quá độ thì giá trị điện áp được giữ ổn định tại giá trị điện áp danh định 400 Vdc. Khi xuất hiện quá đột thì điện áp này cũng giao động trong một khoảng nhỏ với thời gian ngắn rồi ổn định lại tại điện áp 400 Vdc. Điều này cho thấy giải thuật cân bằng công suất giữa nguồn phát điện PV và công suất tiêu thụ trên các động cơ có chất lượng tốt.

Vận tốc quay rotor của động cơ bơm nước khi bức xạ mặt trời thay đổi từ 900 W/m2 sang 600 W/m2 được thể hiện qua Hình 15. Sau khoảng thời gian ngắn nạp năng lượng cho hệ thống điện từ hệ thống pin năng lượng mặt trời, động cơ được khởi động và nhanh chóng đạt được vận tốc lý tưởng để cân bằng với công suất thu được từ hệ thống pin quang điện. Sau quá trình quá độ ngắn thi vận tốc động cơ được giữ ổn định trong suốt thời gian mô phỏng. Khi có sự thay đổi cường độ bức xạ mặt trời cấp cho hệ thống pin quang năng, vận tốc động cơ cũng thay đổi theo nhằm cân bằng với công suất hệ thống pin. Sau cân bằng thì vận tốc động cơ được giữ không đổi trong thời gian mô phỏng còn lại.



Hình 14 Điện áp trên tụ DC khi BXMT đạt 900-600W/m2



Hình 15 Vận tốc động cơ khi BXMT đạt900-600W/m2

6. Kết luận

Hệ thống bơm nước dựa trên PV kết hợp với động cơ BLDC được đề xuất đã được chứng minh bằng cách phân tích các chỉ số hoạt động khác nhau của nó bằng cách sử dụng nghiên cứu mô phỏng dựa trên MATLAB. Một phương pháp đơn giản, hiệu quả và kinh tế để điều khiển tốc độ của động cơ BLDC đã được đề xuất, đã cung cấp loại bỏ tuyệt đối các yếu tố cảm biến dòng điện. Việc lựa chọn đúng mảng SPV đã làm cho bộ chuyển đổi tăng áp khả năng theo dõi MPP bất kể điều kiện thời tiết. Một thiết kế tối ưu của bộ chuyển đổi tăng cường đã được trình bày. Khởi động an toàn của động cơ BLDC đã đạt được mà không cần bất kỳ sự điều khiển bổ sung nào. Hiệu suất mong muốn của hệ thống được đề xuất đã chứng minh tính phù hợp của nó đối với bơm nước dựa trên năng lượng mặt trời PV.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] R. Kumar and B. Singh, "Solar PV array fed cuk converter-VSI controlled BLDC motor drive for water pumping," in *2014 6th IEEE Power India International Conference (PIICON)*, 2014, pp. 1–7.

[2] M. A. Elgendy, B. Zahawi, and D. J. Atkinson, "Assessment of the Incremental Conductance Maximum Power Point Tracking Algorithm," *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 4, no. 1, pp. 108–117, Jan. 2013.

[3] J. V. Mapurunga Caracas, G. De Carvalho Farias, L. F. Moreira Teixeira, and L. A. De Souza Ribeiro, "Implementation of a High-Efficiency, High-Lifetime, and Low-Cost Converter for an Autonomous Photovoltaic Water Pumping System," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 50, no. 1, pp. 631–641, Jan. 2014.

[4] M. H. Rashid, "Power Electronics Circuits, Devices, and Applications," in *Power Electronics Handbook*, T. Edition, Ed. Pearson Education Inc, 2004, p. 1397.

[5] A. Emadi, Young Joo Lee, and K. Rajashekara, "Power Electronics and Motor Drives in Electric, Hybrid Electric, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 6, pp. 2237–2245, 2008.

[6] B. Singh and V. Bist, "A BL-CSC converter-fed BLDC motor drive with power factor correction," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 62, no. 1, pp. 172–183, 2015.

[7] R. Kumar and B. Singh, "Buck-boost converter fed BLDC motor drive for solar PV array based water pumping," in *2014 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES)*, 2014, pp. 1–6.

[8] M. H. Taghvaee, M. A. M. Radzi, S. M. Moosavain, H. Hizam, and M. Hamiruce Marhaban, "A current and future study on non-isolated DC-DC converters for photovoltaic applications," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 17, pp. 216–227, 2013.

[9] C. Jaen, C. Moyano, X. Santacruz, J. Pou, and A. Arias, "Overview of maximum power point tracking control techniques used in photovoltaic systems," in *2008 15th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems*, 2008, pp. 1099–1102.

[10] H. Mahamudul, M. Saad, and M. I. Henk, "Photovoltaic System Modeling with Fuzzy Logic Based Maximum Power Point Tracking Algorithm," *Int. J. Photoenergy*, vol. 2013, p. 10, 2013.

[11] N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo, and M. Vitelli, "Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 20, no. 4, pp. 963–973, 2005.

[12] M. A. Abdullah, A. H. M. Yatim, C. W. Tan, and R. Saidur, "A review of maximum power point tracking algorithms for wind energy systems," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 5, pp. 3220–3227, 2012.

[13] E. Koutroulis and F. Blaabjerg, "A new technique for tracking the global maximum power point of PV arrays operating under partial-shading conditions," *IEEE J. Photovoltaics*, vol. 2, no. 2, pp. 184–190, 2012.

[14] J. Park, H. Kim, Y. Cho, and C. Shin, "Simple Modeling and Simulation of Photovoltaic Panels Using Matlab / Simulink Modeling of Photovoltaic Module," *Adv. Sci. Technol. Lett.*, vol. 73, no. Fgcn, pp. 147–155, 2014.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên: Nguyễn Trung Tín

Đơn vị: Công ty Điện lực An Giang

Điện thoại: 0939126621

Email: nguyentrungtin6868@gmail.com

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SỸ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn

Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.