

NGHIÊN CỨU PHÂN TÍCH SÓNG HÀI ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI ĐIỆN KHI HÒA LƯỚI HỆ THỐNG PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

RESEARCH AND ANALYSIS OF VOLTAGE AND CURRENT HARMONICS IN THE
POWER GRID WHEN CONNECTED TO THE SOLAR BATTERY SYSTEM

TS. Bùi Ngọc Hùng, ThS. Nguyễn Trường Giang,
ThS. Kim Thị Cẩm Ánh, ThS. Cung Quang Khang
Trường Đại học Mở – Địa chất

TÓM TẮT

Ngày nay, các hệ thống pin năng lượng mặt trời là một trong những giải pháp tốt nhất thay thế và bổ sung nguồn năng lượng điện cho hệ thống lưới điện quốc gia và đáp ứng nhu cầu của xã hội. Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm, khi hòa lưới hệ thống pin năng lượng mặt trời cũng có những ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng điện năng của hệ thống. Để làm rõ nhược điểm này của hệ thống pin năng lượng mặt trời, trong nghiên cứu tập trung phân tích và đánh giá sóng hài điện áp thông qua chỉ số tổng độ biến dạng sóng hài điện áp và dòng điện (THDv, THDi) trong lưới điện khi có kết nối hệ thống pin năng lượng mặt trời trên phần mềm Matlab/Simulink. Từ các kết quả phân tích để đưa ra đề xuất giải pháp làm cho hệ thống pin năng lượng mặt trời trở nên đáng tin cậy và hiệu quả hơn.

Từ khóa: Pin năng lượng mặt trời; Năng lượng tái tạo; Chất lượng điện năng; Sóng hài điện áp; Kỹ thuật điện – điện tử.

ABSTRACT

Today, solar battery systems are one of the best solutions to replace and supplement electrical energy sources for the national grid system and meet the needs of society. However, besides the advantages, when connecting to the grid, the solar battery system also has direct effects on the system's power quality. To clarify this drawback of solar battery systems, the study focuses on analyzing and evaluating voltage harmonics through the index of total voltage and current harmonic distortion (THDv, THDi) in the power grid when connected to the solar battery system on Matlab/Simulink software. From the analysis results, propose solutions to make the solar battery system more reliable and efficient.

Keywords: Solar battery; Recycled energy; Power quality; Voltage harmonics; Electrical and electronic engineering.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với tiềm năng kỹ thuật khoảng 1677 GW, Việt Nam là một quốc gia có tiềm năng năng lượng mặt trời rất lớn. Trong thời gian vừa qua, Việt Nam mặc dù đã phải huy động tối đa các nguồn điện nhưng đang phải đối mặt với nguy cơ thiếu điện. Theo tính toán, năm 2024-2025 nguồn điện cần bổ sung là từ 4.000 đến 5.000MW [1], chính vì vậy cần thiết phải phát triển các dự án nguồn điện, trong đó có điện mặt trời (PV) nhằm đáp ứng nhu cầu điện cho phát triển kinh tế, đảm bảo an ninh năng lượng Quốc gia.

Tuy nhiên, ứng dụng hệ thống PV trong việc cung cấp điện gặp những khó khăn và rào cản nhất định về mặt kỹ thuật. Một trong những vấn đề phát sinh đó là sóng hài. Khi hệ thống PV kết nối lưới điện sẽ có hai nguồn gây ra sóng hài: Thứ nhất là do thiết bị phi tuyến của mạch kết nối (Diode, IGBT, Thyristor,...); thứ hai là do việc biến đổi từ dòng một chiều thành dòng xoay chiều thông qua các bộ DC/DC, DC/AC. Trong nội dung bài báo này, tác giả nghiên cứu đánh giá chỉ số méo dạng sóng hài THDv và THDi của lưới điện khi kết nối hệ thống PV có lọc và không có lọc. Mô hình hoá hệ thống được xây dựng trên phần mềm Matlab/Simulink và kết quả mô phỏng với lưới điện đơn giản. Cuối cùng là kết luận và các định hướng nghiên cứu tiếp theo.

2. NỘI DUNG VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

2.1. Công nghệ sử dụng năng lượng mặt trời

Năng lượng mặt trời là năng lượng được tạo ra từ các phản ứng nhiệt hạch hạt nhân trên mặt trời. Hiện nay có hai công nghệ chính sử dụng năng lượng mặt trời. Đó là công

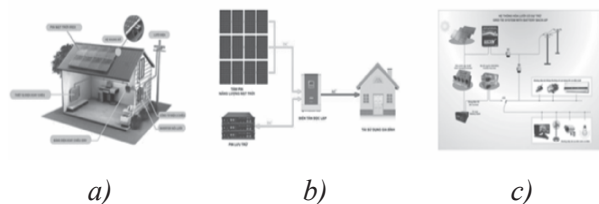
nghệ điện mặt trời dựa trên hiệu ứng quang điện; công nghệ nhiệt mặt trời dựa trên hiệu ứng nhà kính và công nghệ nhiệt mặt trời hội tụ.

Các hệ thống pin quang điện hoạt động dựa trên cơ chế các tấm pin quang điện dưới tác động của ánh sáng mặt trời phát sinh ra dòng điện một chiều. Các tấm pin quang điện được kết nối lại với nhau nhằm gia tăng công suất của hệ thống. Dòng điện một chiều được đưa qua hệ thống biến đổi điện tử công suất nghịch lưu thành dòng xoay chiều và đưa lên lưới điện.

2.2. Sơ đồ khối hệ thống điện năng lượng mặt trời, PV

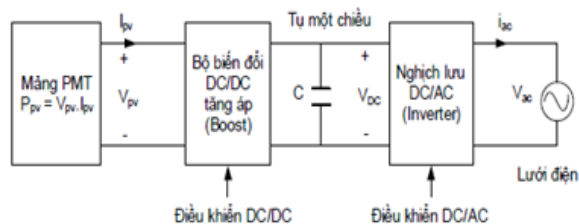
Hệ thống điện năng lượng mặt trời là một trong những công nghệ năng lượng tái tạo tốt nhất không chỉ giúp tiết kiệm chi phí hiệu quả mà còn thân thiện với môi trường. Tại khu vực có nguồn ánh sáng với cường độ lớn, chúng ta có thể cần cấu hình hệ thống kết nối trực tiếp cung cấp điện năng vào lưới điện (hình 1a) [2]. Tương tự, chúng ta cũng có thể lựa chọn cấu hình hệ thống điện mặt trời không cần kết nối với lưới điện (hình 1b) [3]. Tất cả các loại hệ thống điện mặt trời đều hoạt động dựa trên các nguyên tắc cơ bản giống nhau. Các tấm pin đầu tiên chuyển đổi năng lượng mặt trời thành điện một chiều bằng cách sử dụng hiệu ứng quang điện. Sau đó, nguồn điện một chiều có thể được lưu trữ trong pin (hình 1c) [3] hoặc được biến đổi bằng bộ biến tần năng lượng mặt trời thành điện xoay chiều có thể sử dụng để chạy các thiết bị gia dụng. Tùy thuộc vào từng loại hệ thống, lượng điện mặt trời dư thừa có thể được đưa vào lưới điện để bán điện, hoặc được lưu trữ trong hệ thống pin lưu trữ.



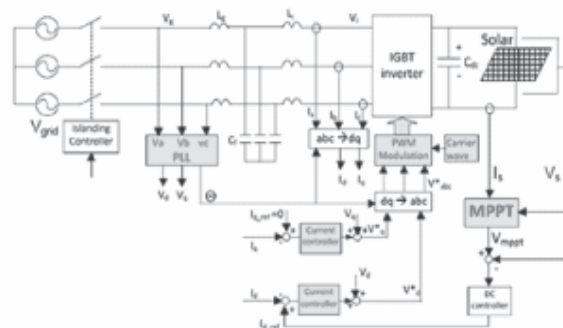


Hình 1. Cấu hình hệ thống điện năng mặt trời
a – Nối lưới trực tiếp; b – Độc lập; Nối lưới có lưu trữ năng lượng

Với quy mô của phòng thí nghiệm kỹ thuật điện – điện tử tại Trường Đại học Mở – Địa chất Hà Nội, sơ đồ khối hệ thống điện mặt trời không sử dụng ắc-quy dự phòng kết hợp với Inverter nối lưới được nhóm tác giả lựa chọn như hình 2. Trong sơ đồ khối, các bộ DC/DC có nhiệm vụ thực thi thuật toán bám công suất cực đại thông qua thuật toán MPPT (Maximum power point tracking), bên cạnh đó cũng tạo ra một số nguồn 30VDC, 12VDC, 5VDC theo yêu cầu của mục đích thí nghiệm. Thông qua bộ biến đổi DC/AC tạo ra được điện áp ra dạng hình sin và đảm bảo khả năng nối lưới của hệ thống (đồng bộ và giám sát lưới), đồng thời bộ biến đổi cũng đảm nhiệm các chức năng trao đổi công suất tác dụng, công suất phản kháng giữa hệ thống pin mặt trời và lưới. Để thực hiện theo sơ đồ khối, nhóm tác giả thành lập sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển như hình 3.



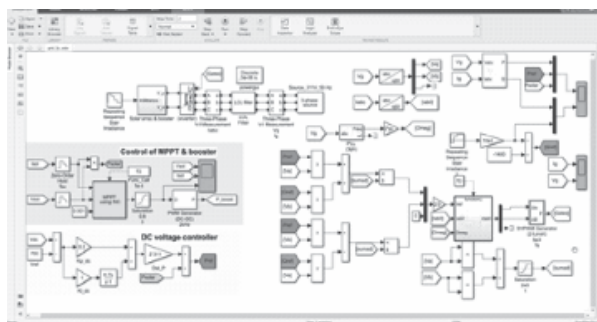
Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống điện mặt trời nối lưới không có ắc-quy dự phòng



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý điều khiển mạch nghịch lưu Inverter nối lưới

2.3. Mô phỏng hệ thống quang điện hòa lưới sử dụng pin quang điện bằng Matlab/Simulink

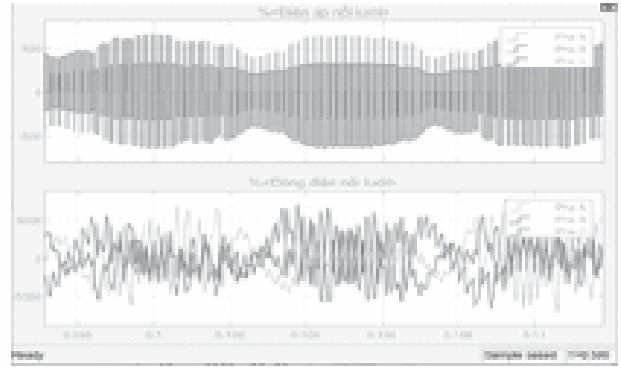
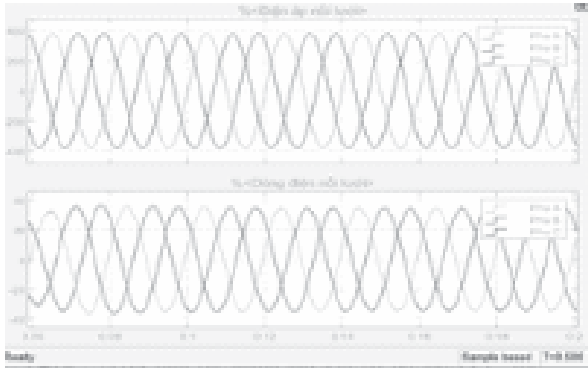
Mô hình hệ thống PV kết nối lưới trong phần mềm Matlab/Simulink được giới thiệu trong hình 4. Mô hình được thiết kế với công suất hệ thống PV nối lưới 3 pha là 20kW, điện áp đầu ra của bộ DC/DC là 680V, của bộ DC-AC là 380V.



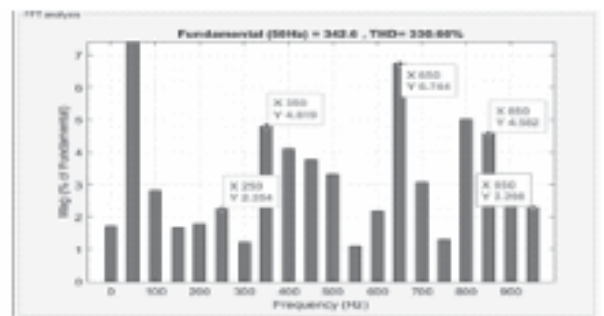
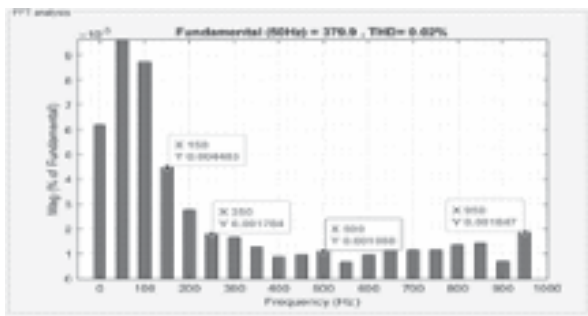
Hình 4. Sơ đồ mô phỏng hệ thống điện pin mặt trời nối lưới.

2.4. Kết quả thực hiện

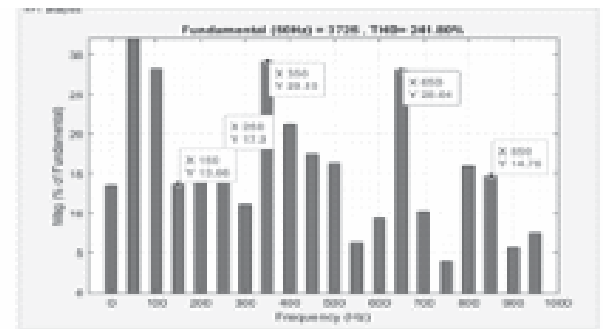
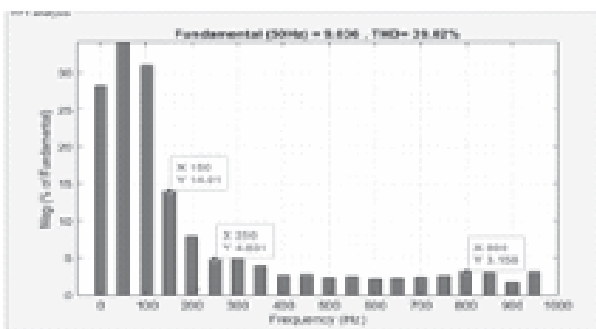
Các kết quả phân tích trên mô hình mô phỏng cho ta thấy được, khi thay đổi bức xạ trong khoảng 1000-750-500-250 (W/m²) thì công suất bơm vào lưới cũng giảm dần. Điện áp đầu ra của bộ biến đổi DC/DC giữ khá ổn định. Điện áp, dòng điện tại điểm nối thể hiện hình 5.



a) b)
Hình 5. Dạng sóng điện áp và dòng điện tại điểm nối lưới
a – Có sử dụng lọc LCL; b – Không sử dụng lọc LCL



a) b)
Hình 6. Giá trị sóng hài điện áp: a – Khi có lọc; b – Khi không lọc



a) b)
Hình 7. Giá trị sóng hài dòng điện: a – Khi có lọc; b – Khi không lọc



Để đánh giá ảnh hưởng sóng hài của hệ thống PV nối lưới, nhóm tác giả xem xét hai trường hợp. Trường hợp hệ thống PV nối lưới có sử dụng lọc thụ động và trường hợp hệ thống PV nối lưới không sử dụng lọc sóng hài. Với mỗi trường hợp, tác giả tiến hành mô phỏng và so sánh chỉ số THD_v, THD_i. Kết quả thu được tín hiệu sóng hài dòng và áp tại điểm nối lưới trong hai trường hợp được thể hiện trên hình 6 và hình 7. Khi không sử dụng lọc LCL các chỉ số THD_v = 330%, THD_i = 241% gấp rất nhiều lần khi có bộ lọc LCL, tín hiệu dòng và áp không đủ điều kiện nối lưới.

3. KẾT LUẬN

Một mô hình hệ thống PV kết nối lưới điện đã được xây dựng trên phần mềm Matlab/Simulink và thực hiện nghiên cứu sóng hài khi nối lưới được bài báo mô tả. Các phần tử của hệ thống PV được nghiên cứu và trình bày dưới mô hình toán học cụ thể.

Bài báo đã mô tả tác động gây nên sóng hài của hệ thống PV thông qua các chỉ số THD_v và THD_i của lưới điện khi kết nối các nguồn PV. Kết quả mô phỏng đã cho thấy sóng hài làm méo sóng dòng điện của lưới điện khi nối lưới hệ thống PV. Ngoài ra, bài báo cũng đã đề xuất sử dụng bộ lọc LCL và minh chứng được tác dụng và khả năng của nó. Phân tích, đánh giá ảnh hưởng sóng hài của lưới điện do hệ thống kết nối nhiều cấp điện áp khác nhau,

nhiều điểm kết nối hơn và kết hợp các nguồn năng lượng tái tạo khác nhau sẽ tiếp tục được đầu tư nghiên cứu và phát triển các bộ lọc để nâng cao chất lượng điện năng.

Lời cảm ơn:

Để hoàn thành những nghiên cứu của mình, nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn tới Trường Đại học Mở – Địa chất đã tạo điều kiện cho nhóm tác giả thực hiện đề tài cơ sở T23-07. ❖

Ngày nhận bài: **18/10/2023**

Ngày phản biện: **08/11/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Hoàng Công Tuấn, “*Đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp phát triển bền vững điện mặt trời tại Việt Nam*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi số 59-2020.
- [2]. Jaka Windarta, “*Implementation and Testing of Rooftop Solar Power Plant with On-Grid System 1215 Wp Household Scale*”, 2020 7th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE).
- [3]. Chaudhry Bilal Muzaffar, M.Tariq Iqbal (2020), “*Design and Analysis of Off Grid Solar System for DC Load of a House in Pakistan*”, 2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference.