

# NGHIÊN CỨU CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI HIỆU SUẤT CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI NỔI – ÁP DỤNG TÍNH TOÁN CHO HỆ THỐNG TẠI NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN ĐA MI

## RESEARCH ON FACTORS AFFECTING THE EFFICIENCY OF FLOATING PHOTOVOLTAIC SYSTEM – APPLICATION TO THE SYSTEM AT DA MI HYDROPOWER PLANT

**Nguyễn Đức Quang, Vũ Hoàng Giang**

Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 10/06/2022, Ngày chấp nhận đăng: 12/08/2022, Phản biện: Vũ Minh Pháp

### **Tóm tắt:**

Với tình trạng môi trường sống ngày càng ô nhiễm như hiện nay, công nghệ phát điện sử dụng năng lượng tái tạo nói chung và điện mặt trời nói riêng đóng vai trò ngày càng quan trọng trong bản đồ năng lượng mỗi quốc gia. Bài báo trình bày nghiên cứu tổng quan về Điện mặt trời nổi (ĐMTN) bao gồm: cấu trúc cơ bản, các ưu nhược điểm so với ĐMT Đ, các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu suất và giải pháp. Sau đó, mô hình tính toán công suất của NM ĐMTN tại Thủy điện Đa Mi được xây dựng với hai kịch bản giả định tác động khác nhau của nhiệt độ môi trường nhằm xác định, ước lượng hóa sự ảnh hưởng tới công suất phát thực tế của hệ thống. Kết quả mô phỏng được phân tích và tham chiếu tới kết quả nghiên cứu của hai hệ thống thực tế để kiểm nghiệm mô hình và kết luận về ảnh hưởng của môi trường tới hiệu suất của ĐMTN.

### **Từ khóa:**

Các thành phần của hệ thống quang điện nổi, Các yếu tố ảnh hưởng thiết kế hệ thống điện mặt trời nổi, Công nghệ điện mặt trời nổi, Hiệu suất quang điện, Nhà máy điện mặt trời nổi.

### **Abstract:**

As the living environment is becoming more polluted today, renewable energy based power generation technologies in general and solar power in particular play an increasingly important role in the energy map of each country. This paper presents an overview of floating photovoltaic (FPV), including: structure, advantages and drawbacks compared to the ground photovoltaic (GPV), factors affecting the performance of the system and countermeasures. After that, simulation of the FPV system at Da Mi Hydro power plant was developed under two scenarios with different environment temperature in order to determine and estimate the influence on the output power of system. The simulation results are analyzed and referred to the investigation results of the two actual systems to validate the model and conclude about the influence of the environment on the performance of the FPV.

### **Key words:**

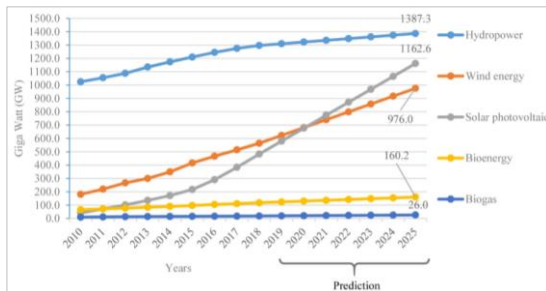
Components of FPV system, FPV design factors, Floating photovoltaic technology, Floating photovoltaic, PV generation efficiency, Floating photovoltaic power plant.

### **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Với tình trạng ô nhiễm môi trường sống ngày càng trầm trọng như hiện nay, sự phát

triển các nguồn năng lượng tái tạo là một xu thế tất yếu trên toàn thế giới. Trong đó, năng lượng mặt trời [1] với những ưu điểm về nguồn cung sẵn có dồi dào, sự đa dạng

về công suất, chi phí đầu tư thấp và dễ dàng triển khai lắp đặt, được coi là một trong những công nghệ phát điện khả thi nhất trong các nguồn điện sử dụng năng lượng tái tạo. Hình 1 giới thiệu thống kê báo cáo tổng công suất lắp đặt của các dạng năng lượng chính trên thế giới. Trong đó, năng lượng tái tạo, đặc biệt là năng lượng mặt trời đang tăng trưởng rất nhanh.



Hình 1. Dự báo tăng trưởng các nguồn năng lượng trên thế giới [2]

Các nhà máy điện mặt trời trên đất liền đã được xây dựng và vận hành tại rất nhiều nơi trên thế giới. Tuy nhiên, một nhược điểm lớn của các nhà máy điện mặt trời truyền thống là yêu cầu về quỹ đất địa phương kéo theo chi phí đầu tư mặt bằng và hao tổn tài nguyên lớn.

Bên cạnh đó, điện mặt trời nổi với ưu điểm là các tấm pin quang điện được đặt trên mặt hồ có sẵn, là một phương án hoàn toàn hợp lý có thể giải quyết bài toán tài nguyên và chi phí đất. Các mặt hồ, mặt ao và đặc biệt là các hồ chứa thủy điện với diện tích lớn là vị trí phù hợp có thể tận dụng để lắp đặt các tấm pin quang điện của hệ thống NM ĐMTN.

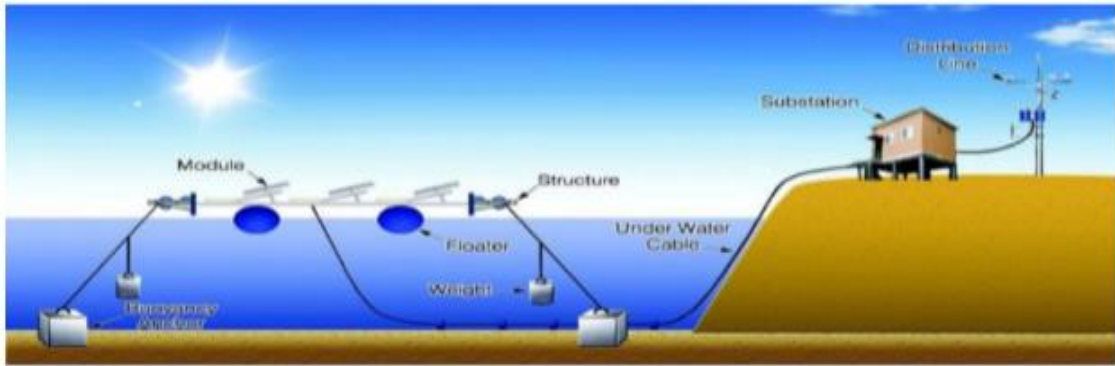
Trong những năm gần đây, các nhà máy ĐMT đã được xây dựng và đưa vào hoạt động tại nhiều nơi trên thế giới [3]. Dự báo tổng công suất lắp đặt ĐMTN trên toàn thế giới tăng đến 7,38% trong khi thủy điện giảm 9,28% [2]. Những nhà máy ĐMNT lớn nhất thế giới có thể kể tới là Saemangeum, Hàn Quốc, công suất 2,1 GW, Omkareskwa ở Ấn Độ, 600 MW, và các nhà máy FPV ở Hàng Châu và Tam Hiệp của Trung Quốc có công suất lần lượt 320 MW và 150 MW.

Không nằm ngoài xu thế đó, nhà máy điện mặt trời nổi Đa Mi là công trình ĐMTN đầu tiên của Việt Nam đã được đóng điện thành công vào đầu năm 2019, giúp cung ứng cho hệ thống điện quốc gia sản lượng xấp xỉ 70 triệu kWh/năm. Bài báo trình bày hai nội dung nghiên cứu chính: một là, nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu suất phát điện của ĐMTN, so sánh ưu, nhược điểm với điện mặt trời mặt đất (ĐMT MĐ), hai là, xây dựng mô hình và tính toán hiệu suất phát của ĐMTN Đa Mi theo một số kịch bản nhằm xác thực yếu tố ảnh hưởng tới hiệu suất đã nghiên cứu trên.

## 2. TỔNG QUAN VỀ ĐIỆN MẶT TRỜI NỔI

### 2.1. Cấu trúc cơ bản của hệ thống điện mặt trời nổi

Một hệ thống điện mặt trời nổi cơ bản bao gồm: hệ thống quang điện PV, hệ thống phao nổi, hệ thống neo và cáp dẫn truyền.



Hình 2. Cấu hình cơ bản của hệ thống ĐMTN [4]

Hệ thống PV bao gồm các tấm pin quang điện được đặt trên các phao nổi. Hệ thống giá đỡ của các tấm pin có thể sử dụng khung nhôm tiêu chuẩn nhưng thường sẽ sử dụng vật liệu polyme để tránh hiện tượng kim loại bị ăn mòn theo thời gian do điều kiện sương muối và tiếp xúc với bề mặt nước liên tục.

Hệ thống phao nổi [5] gồm nhiều phao rỗng bằng nhựa có độ nổi hiệu quả. Vật liệu làm phao phải đảm bảo khả năng chống ăn mòn, chống tia cực tím, có độ bền kéo đảm bảo.

Các phao nổi được chằng buộc bởi hệ thống neo có nhiệm vụ giữ cố định các tấm phao, đồng thời có thể điều chỉnh chúng theo sự dao động của mực nước trong khi vẫn duy trì hướng tối ưu, thường là hướng nam.

Hệ thống cáp có nhiệm vụ truyền dẫn điện từ PV về trạm trên đất liền có thể chạy ngầm dưới nước hoặc đi dây trên mặt nước. Tất cả hệ thống ĐMTN đều yêu cầu hệ thống cáp điện có tiêu chuẩn IP67 chống thấm nước. Các thành phần khác như biến tần và pin sẽ được đặt trên đất liền.

## 2.2. Đánh giá thuận lợi và khó khăn của điện mặt trời nổi

Để nghiên cứu sâu hơn về tiềm năng cũng như thách thức của nhà máy ĐMTN so với ĐMTMĐ, các tài liệu liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu đã được thu thập và phân tích, từ đó rút ra một số nhận xét như sau:

### 1. Ưu điểm của ĐMTN [6], [7]:

Các tấm pin quang điện của ĐMTN có hiệu suất phát điện cao hơn của hệ thống ĐMTMĐ do nhiệt độ các tấm pin thấp hơn.

Các tấm pin trong hệ thống ĐMTN giúp làm giảm sự bốc hơi của nước, khoảng 33% đối với hồ, ao tự nhiên và khoảng 50% đối với hồ nhân tạo.

ĐMTN giúp tiết kiệm đáng kể quỹ đất cho địa phương, qua đó góp phần phát triển nông nghiệp, khai khoáng, du lịch của địa phương. Điều này sẽ giúp tối ưu chi phí sản xuất và phát điện.

Hệ thống ĐMTN giúp cung cấp một giải pháp tiếp cận toàn diện và đa dạng cho các vùng nước ngọt, đảo xa, đập thủy điện hay ao, hồ thủy lợi có thể trở thành nguồn cung cấp điện địa phương.

Hệ thống ĐMTN có thể sử dụng cùng các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng áp mái hoặc mặt đất có sẵn, điều này rất linh hoạt trong việc chuyển đổi hệ thống.

Do đặc tính lắp đặt trên ao hồ nên nước dễ làm sạch các tấm pin quang điện ĐMTN luôn có sẵn vì vậy quá trình vệ sinh bề mặt các tấm pin quang điện dễ dàng và hiệu quả cao.

Việc lắp đặt hệ thống ĐMTN có thể được thực hiện bằng cách ghép nối nhiều phần tử, do đó không đòi hỏi thiết bị cầu trục lớn công kênh.

## 2. Khó khăn, thách thức của ĐMTN [6], [8]:

Khó khăn lớn nhất của hệ thống ĐMTN là hệ thống phải được thiết kế chính xác, phù hợp để nổi và chịu lực trong thời gian dài.

Các tấm pin quang điện của ĐMTN do đặt bao quanh bởi môi trường nước liên tục nên hiệu suất có thể bị ảnh hưởng do độ ẩm cao.

Độ bền của cấu trúc nổi có thể bị ăn mòn và giảm tuổi thọ trong điều kiện môi trường không thuận lợi.

Vấn đề an toàn khi truyền tải điện từ mặt nước vào đất liền. Hệ thống nổi cần tính toán cần tính toán tới sự thay đổi của độ

sâu nước, nhiệt độ của dòng nước, sự bay hơi nước, sự phát triển của tảo và các sinh vật sống khác.

Hệ thống ĐMTN cũng cần tính đến khả năng chịu lực trong trường hợp thời tiết thay đổi như sóng, gió lớn, lốc xoáy.

Trong những năm vận hành đầu tiên, chi phí sản xuất điện từ ĐMTN đắt hơn khoảng 10 lần so với sản xuất điện từ nhiên liệu hóa thạch khác.

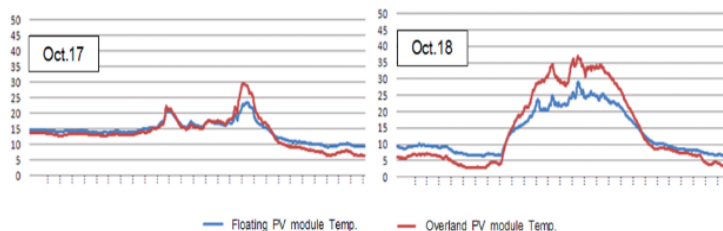
Hệ thống ĐMTN không thử thực hiện trên biển vì thủy triều ảnh hưởng đến vị trí của các tấm pin nổi.

Các vấn đề về rung của ĐMTN do sóng và ngoại lực về lâu dài có thể hình thành các vết nứt rất nhỏ trong các modul quang điện qua đó ảnh hưởng phần nào tới tuổi thọ của các mảng pin quang điện.

## 3. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI HIỆU SUẤT CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI NỔI

### 3.1. Tác động của nhiệt độ

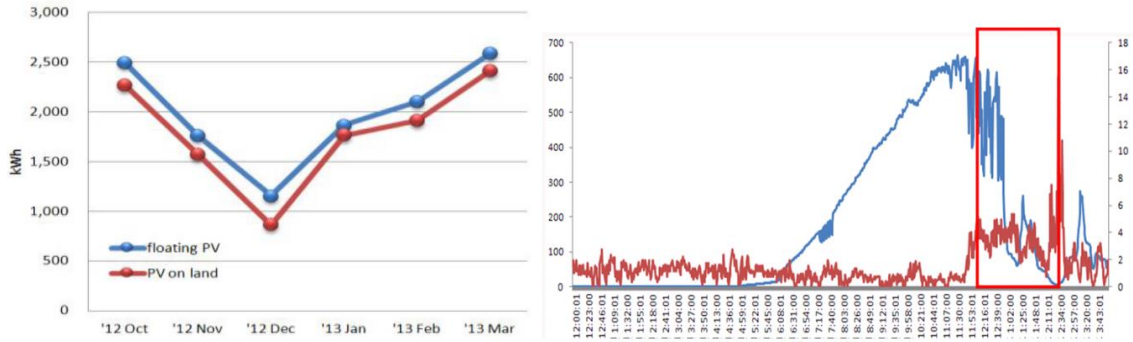
Để nghiên cứu hiệu suất phát điện của hệ thống ĐMTN, Choi và cộng sự [4] đã phân tích so sánh hệ thống ĐMTN Hapcheon với hệ thống ĐMT MĐ Juam. Đây là hai hệ thống có khoảng cách địa lý gần nhau nên bức xạ và nhiệt độ môi trường là tương đồng.



Hình 3. Nhiệt độ đo kiểm trên tấm pin quang điện tại hệ thống ĐMTN và ĐMT MĐ [4]

Kết quả nghiên cứu [4] cho thấy: vào ban ngày, thời gian tạo ra năng lượng mặt trời, nhiệt độ trên tấm pin quang điện của ĐMTN thấp hơn so với ĐMT MĐ, độ chênh lệch trung bình khoảng 8°C tại thời

điểm giữa trưa khi bức xạ mặt trời lớn nhất. Điều này có thể giải thích bởi hiệu ứng làm mát trên bề mặt pin, do bề mặt nước xung quanh ĐMTN giúp giảm nhiệt độ môi trường cục bộ.



Hình 4. H.Trái - So sánh sản lượng phát điện của hệ thống ĐMTN và ĐMT MĐ; H.Phải – Tương quan giữa tổng lượng ánh sáng mặt trời thu được (đường xanh) và tốc độ gió (đường đỏ) [4]

So sánh sản lượng phát điện của hệ thống ĐMTN và ĐMT MĐ (Hình 4.H.Trái), ta nhận thấy mối tương quan rõ rệt giữa nhiệt độ tấm pin quang điện ảnh hưởng tới hiệu suất của hệ thống. Nếu giảm nhiệt độ có thể tăng hiệu suất sản xuất điện của hệ thống ĐMTN.

### 3.2. Tác động của gió

Gió không chỉ gây ra tác động vật lý trực tiếp mà đồng thời còn là nguyên nhân gây ra sóng tác động tới cấu trúc hệ thống pin quang điện nổi trên nước. Điều này sẽ ảnh hưởng đáng kể tới hiệu suất sản xuất điện của hệ thống ĐMTN.

Hình 4.H.Phải biểu diễn kết quả nghiên cứu giữa lượng ánh sáng mặt trời thu được và tốc độ gió của hệ thống ĐMTN. Nhận thấy khi gió bắt đầu mạnh (từ 2 m/s) từ 11h30 đã làm cho cấu trúc ĐMTN có phần bị xô lệch qua đó lượng ánh sáng mặt trời

nhận được bị sụt giảm. Điều này hiển nhiên dẫn đến giảm công suất phát của hệ thống ĐMTN.

### 3.3. Tác động của bụi bẩn

Trong điều kiện hoạt động bình thường, hai yếu tố có thể làm giảm hiệu suất của các mô đun quang điện là nhiệt độ cao và sự suy giảm bức xạ do bụi bẩn. Nghiên cứu [5] chỉ ra rằng các tác động này sẽ ảnh hưởng đáng kể tới hiệu suất của tấm pin quang điện. Đối với công nghệ PV tinh thể silicon, tổn thất nhiệt là lớn nhất và giá trị này còn tăng cao hơn nữa tại các khu vực ô nhiễm và nhiều khói bụi.

### 3.4. Một số giải pháp cải thiện hiệu suất của điện mặt trời nổi

#### a. Làm mát và làm sạch tấm pin quang điện

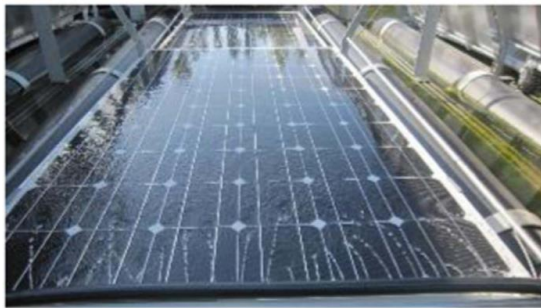
Như đã phân tích ở mục 3.3, nhiệt độ và bụi bẩn ảnh hưởng xấu tới hiệu suất của

tấm pin quang điện. Do đó trong quá trình vận hành và bảo dưỡng hệ thống, các phương pháp làm mát và vệ sinh bề mặt khác nhau thường được thực hiện để đảm bảo hiệu suất thiết kế của pin. Các phương pháp này có thể phân thành hai loại: chủ động và thụ động, nghĩa là có hoặc không có sử dụng hệ thống bơm [9]–[11].

- Phương pháp chủ động với lưới nước:

Lưới nước là một phương pháp đơn giản để tăng hiệu suất của mô đun quang điện. Phương pháp này bản chất là một màn che nước trên bề mặt mô đun bằng cách sử dụng một hệ thống bơm [12].

Nước có mức chiết suất 1,33, giá trị nằm giữa không khí (chiết suất 1) và thủy tinh (chiết suất 1,55). Do đó, lưới nước sẽ có tác dụng làm giảm hiệu ứng phản xạ của bức xạ mặt trời. Nghiên cứu của Lanzafame [12] cũng chỉ ra rằng khi thí nghiệm tại vùng ôn đới, khi trang bị lưới nước hiệu suất của hệ thống ĐMTN có thể được cải thiện từ 10% đến 12%.



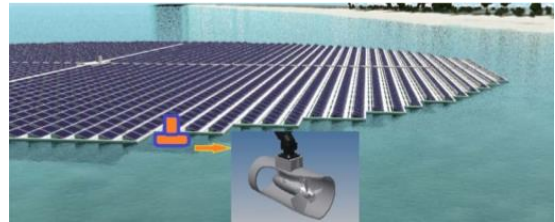
Hình 5. Hình ảnh hệ thống lưới nước tại NM ĐMTN Pisa, Italy [9].

- Vòi phun áp lực:

Hệ thống làm mát bao gồm các vòi phun áp lực tiêu chuẩn hoạt động ở áp suất 2–3 bar. Nghiên cứu [13] đã chỉ ra rằng làm mát đồng thời bề mặt trước và sau của tinh

thể quang điện giúp cải thiện tốt nhất cho hiệu suất chuyển hóa quang năng của pin.

## b. Hệ thống tracking



Hình 6. Hệ thống tracking và điều khiển bằng động cơ đẩy [9]

Hệ thống tracking là hệ thống điều chỉnh về hướng (độ nghiêng và phương vị) của pin mặt trời để nhận được cường độ bức xạ mặt trời lớn nhất nhằm mục đích tối ưu hóa năng lượng của hệ thống PV. Hệ thống tracking dựa trên cảm biến và các bộ điều khiển để trong ngày nhiều mây thực hiện tính toán và lựa chọn hướng của giàn pin để có cường độ bức xạ tối đa. Một số giải pháp cho ĐMTN đã được đề xuất với hệ thống tracking cơ học, có cấu trúc băng chuyền kết hợp thêm hệ thống căn chỉnh dựa trên cảm biến năng lượng mặt trời [14]–[16].

## c. Gương phản xạ

Hệ thống được trang bị các gương phản xạ đặt cạnh các tấm pin quang điện với góc nghiêng thích hợp nhằm thu được bức xạ mặt trời một cách tối đa [8].

Phương pháp này cần đảm bảo rằng góc nghiêng của gương phải được tính toán chính xác để bức xạ được căn chỉnh đúng với pin quang điện đồng thời cũng phải đảm bảo tránh được hiện tượng che bóng của gương khi độ cao của mặt trời xuống thấp.



Hình 7. Hệ thống ĐMTN trang bị gương phản xạ [8]

#### 4. TÍNH TOÁN CHO HỆ THỐNG ĐMTN TẠI NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN ĐA MI

Dự án Nhà máy điện mặt trời Đa Mi có công suất 47,5 MWp do Công ty Cổ phần Thủy điện Đa Nhim – Hàm Thuận – Đa Mi làm chủ đầu tư, các hạng mục chính của dự án được xây dựng trên hồ thủy điện Đa Mi tại xã Đa Mi, xã La Dạ, huyện Hàm Thuận Bắc, tỉnh Bình Thuận với tổng mức đầu tư hơn 1.400 tỷ đồng.



Hình 8. Hình ảnh bố trí mảng pin và trạm inverter tại NM ĐMTN Đa Mi

Nhà máy điện mặt trời Đa Mi được xây dựng trên diện tích 56,65 ha, trong đó 50 ha mặt nước dùng để lắp đặt các tấm quang điện mặt trời và 6,65 ha trên đất liền để xây dựng hệ thống nghịch lưu (inverter), trạm biến áp nâng áp 22/110 kV, đường dây 110

kV đấu nối vào lưới điện quốc gia,... và các hạng mục phụ trợ khác. Diện tích lắp đặt tấm quang điện chiếm chưa đến 10% tổng diện tích mặt hồ Đa Mi; các tấm quang điện được lắp đặt trên hệ thống phao nổi. Đây là NM ĐMTN trên mặt nước đầu tiên tại Việt Nam.

Để nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường tới hiệu suất của ĐMT, phương pháp mô phỏng đã được sử dụng với đối tượng nghiên cứu cụ thể là ĐMTN Đa Mi. Mô hình mô phỏng được xây dựng với các thông số đầu vào được trích xuất từ đặc tính thực tế của giàn pin mặt trời và các bộ điều khiển của MTN Đa Mi. Chi tiết được trình bày tại mục 4.1 và 4.2.

##### 4.1. Giàn pin mặt trời

Pin mặt trời được sử dụng là loại pin đa tinh thể, kích thước tiêu chuẩn 72 cell và công suất định mức 330 Wp. Nhà máy điện mặt trời nổi Đa Mi có tổng cộng 143940 tấm pin với 18 trạm inverter. Thông số chi tiết mỗi tấm pin được báo cáo trong phần phụ lục.

Như đã đề cập ở trên, trong ứng dụng thực tế, các pin mặt trời thường được nối song song, nối tiếp để nâng cao công suất và đáp ứng yêu cầu về giá trị của điện áp và dòng điện. Khi đó mô hình của pin mặt trời có thể được thiết lập có dạng như phương trình (1) ứng với giàn pin mặt trời có số pin mặt trời nối song song  $N_p$  và số pin mặt trời nối tiếp  $N_s$ . Đặc tính V-A của giàn pin được biểu diễn như sau [17]:

$$I = N_p I_{ph} - N_p I_s \left[ e^{q(V/N_s + IR_s/N_p)/(kT_c A)} - 1 \right] - (VN_p / N_s + IR_s) / R_p \quad (1)$$

trong đó:  $I_{ph}$  là dòng quang điện;  $I_s$  là dòng điện bão hòa của tế bào quang điện;  $q$  là điện tích của một electron,  $q = 1,6 \cdot 10^{-19} C$ ;  $k$  là hằng số Boltzmann,  $k = 1,38 \times 10^{-23} J/K$ ;  $T_C$  là nhiệt độ làm việc của PV;  $A$  là hằng số lý tưởng;  $R_p$  là điện trở song song;  $R_s$  là điện trở nối tiếp trong sơ đồ tương đương của PV [17].

Trong biểu thức (2), dòng quang điện  $I_{ph}$  phụ thuộc vào hai thông số chính là nhiệt độ làm việc ( $T_C$ ) và cường độ bức xạ ( $\lambda$ ) theo biểu thức sau:

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_I(T_C - T_{ref})] \lambda \quad (2)$$

trong đó:  $I_{sc}$  là dòng điện ngắn mạch ở nhiệt độ  $T_C = 25^{\circ}C$  và cường độ bức xạ  $\lambda = 1 kW/m^2$ ;  $K_I$  là hệ số nhiệt của PV;  $T_{ref}$  là nhiệt độ làm việc tiêu chuẩn.

Ngoài ra, dòng điện bão hòa của PV,  $I_s$  có thể biểu diễn theo công thức sau:

$$I_s = I_{rs} \left( T_C / T_{ref} \right)^3 e^{[qE_G(1/T_{ref} - 1/T_C)/(kA)]} \quad (3)$$

trong đó  $I_{rs}$  là dòng bão hòa ngược của PV tại nhiệt độ và cường độ bức xạ chuẩn;  $E_G$  là năng lượng khe vùng (band-gap) của chất bán dẫn sử dụng trong PV.

## 4.2. Các bộ nghịch lưu

Căn cứ vào địa hình thực tế của hồ Đa Mi, các tấm pin mặt trời được đặt xung quanh hai trạm nghịch lưu (inverter) A và B, có vị trí như trên Hình 8. Khu vực A nối về trạm nghịch lưu A có tổng diện tích lắp phao khoảng 18,2 ha và công suất lắp đặt khoảng 19 MWp. Trạm nghịch lưu A sẽ lắp đặt 8 nghịch lưu 2500 kW và 8 MBA tăng áp 2,5 MVA.

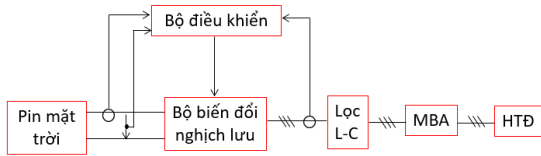
Khu vực B nối về trạm nghịch lưu B, có tổng diện tích lắp phao khoảng 27,3 ha và công suất lắp đặt khoảng 28,5 MWp. Trạm inverter B sẽ lắp đặt 10 nghịch lưu 2500 kW và 10 MBA tăng áp 2,5 MVA. Qua tổng hợp các dữ liệu thực tế ở trên có thể thấy, các nghịch lưu có công suất như nhau. Để minh họa, hệ thống điện thành phần ứng với 1 bộ nghịch lưu sẽ được lựa chọn để tính toán mô phỏng. Sơ đồ khối của hệ thống được thể hiện trên Hình 9. Các khối chính bao gồm: giàn pin mặt trời, bộ nghịch lưu, lọc L-C, máy biến áp tăng áp, hệ thống điện và bộ điều khiển. Bộ điều khiển có nhiệm vụ điều khiển bộ nghịch lưu để bám điểm công suất cực đại (MPPT). Khối MPPT được phát triển dựa trên thuật toán điện dẫn gia tăng (INC) [18] để đưa ra giá trị đặt của điện áp một chiều đưa vào bộ điều khiển kiểu tích phân-tỷ lệ (PI) điện áp một chiều. Vòng điều khiển trong kiểu PI cho dòng điện xoay chiều đầu ra của nghịch lưu có giá trị đặt của thành phần dọc trục (trong hệ tọa độ đồng bộ quay với tốc độ của tần số góc của điện áp lưới điện) là tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển điện áp một chiều, thành phần ngang trục không sử dụng nên đặt bằng 0. Trong trường hợp cần điều khiển điện áp đầu ra hoặc công suất phản kháng, giá trị đặt của thành phần ngang trục được lấy bằng tín hiệu ra của bộ điều khiển tương ứng.

## 4.3. Kết quả tính toán

Như đã đề cập trong mục 3.4, một trong những ưu điểm quan trọng của hệ thống ĐMTN so với ĐMT MĐ là khả năng làm mát tấm pin quang điện qua đó giúp nâng cao hiệu suất phát điện của hệ thống. Để xác thực đặc điểm này, mô hình tính toán

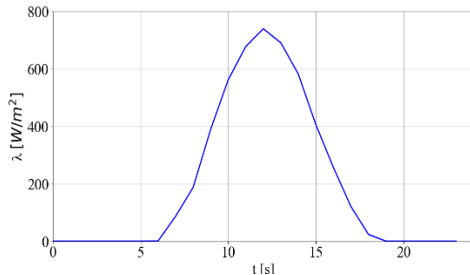


NM ĐMTN Đa Mi đã xây dựng tương ứng với các thông số thực tế của nhà máy và các phân tích đã nêu ở phần trên của bài báo.



Hình 9. Sơ đồ khối mô hình mô phỏng NM ĐMTN Đa Mi

Dựa vào mô hình NMĐ Đa Mi đã xây dựng, tính toán công suất phát của nhà máy ứng với hai kịch bản nhiệt độ môi trường khác nhau đã được thực hiện trên phần mềm mô phỏng. Dữ liệu đầu vào cường độ bức xạ, Hình 10, được lấy từ một ngày mùa hè trong khu vực.

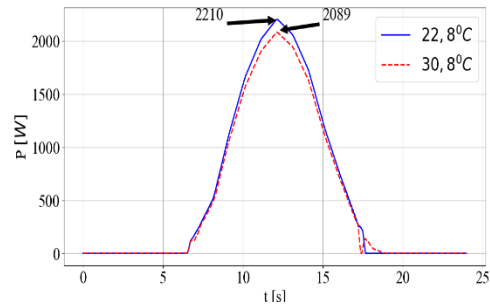


Hình 10. Bức xạ của ngày điển hình trong khu vực

Kết quả mô phỏng công suất phát NM ĐMTN Đa Mi được biểu diễn trên Hình 11. Mô phỏng sử dụng giá trị nhiệt độ chênh lệch trung bình (8°C) trong các nghiên cứu đo cụ thể giữa ĐMTN và ĐMT MĐ [4]. Đường xanh biểu diễn công suất ĐMTN và đường đỏ là giá trị tương ứng của hệ thống ĐMT MĐ.

## 5. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày hai nội dung nghiên cứu chính. Thứ nhất, nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng với hiệu suất phát điện của



Hình 11. So sánh công suất phát giữa ĐMTN (đường xanh) và ĐMT MĐ (đường đỏ)

Bảng 1. Kết quả công suất phát cực đại

	$P_{\max}$ (kW)	$\Delta P_{\max}$
<b>ĐMTN</b>	2,210	5,79%
<b>ĐMT MĐ</b>	2,089	

Từ kết quả mô phỏng, ta nhận thấy với ưu điểm về làm mát tấm pin liên tục, nhiệt độ trên bề mặt tấm pin giảm, công suất phát đỉnh của hệ thống ĐMTN cao hơn ĐMT MĐ xấp xỉ 6%. Đây là một ưu điểm quan trọng của hệ thống ĐMT nói riêng và NMĐ nói chung.

Đối chiếu với kết quả đo thực tế ĐMTN và ĐMT MĐ mà Choi đã thực hiện tại Hàn Quốc sản lượng công suất phát của ĐMTN cao hơn ĐMT MĐ 10,3%. Tuy nhiên, hệ số sử dụng của ĐMTN cũng lớn hơn ĐMT MĐ với giá trị lần lượt là 17,6% và 15,5%. Như vậy kết quả đo của công trình đã công bố của một hệ thống khác phù hợp với kết luận và kết quả mô phỏng trong bài báo.

ĐMTN qua đó so sánh với ĐMT MĐ. Kết quả khảo sát cho thấy ba tác nhân quan trọng nhất ảnh hưởng đến hiệu suất của ĐMTN là: tác động của nhiệt độ, gió và bụi bẩn. Từ đây, các giải pháp cải thiện hiệu

suất của PV, điển hình là: làm mát, làm sạch tấm pin quang điện, hệ thống theo dõi tracking tối ưu hóa năng lượng hay gương phản xạ. Thứ hai, kiểm nghiệm tác động của các yếu tố nghiên cứu lên hiệu suất MTN thông qua mô phỏng với các thông số thực tế từ MTN Đa Mi được xây dựng, tính toán với giá trị nhiệt độ và bức xạ của một ngày điển hình tại Bình Thuận. Kết quả tính toán chỉ ra rằng, hệ thống ĐMTN có ưu điểm về công suất đỉnh hơn hệ thống ĐMT MĐ khoảng 6%. Như vậy, kết quả tính toán mô phỏng thực tế hoàn toàn phù hợp với tính chất, luận giải đặc điểm của

#### PHỤ LỤC:

Thông số kỹ thuật pin mặt trời tại NM ĐMTN Đa Mi

Thông số	Giá trị
Công suất định mức tấm pin, $P_{dm}$	330 Wp
Điện áp hở mạch, $U_{OC}$	45,86 V
Dòng điện ngắn mạch, $I_{sc}$	9,52 A
Điện áp tại điểm công suất cực đại, $U_{mp}$	54,7 V
Dòng điện tại điểm công suất cực đại, $I_{mp}$	5,58 A

Thông số kỹ thuật inverter tại NM ĐMTN Đa Mi

Thông số	Giá trị
<i>Đầu vào (DC)</i>	
Công suất DC đầu vào tối đa	2500 kW

hai hệ thống đã rút ra được từ phần đầu của bài báo. Các nghiên cứu tiếp theo có thể đề xuất tới tính toán tổn thất và các giải pháp nâng cao hiệu suất của nhà máy điện mặt trời nổi tại Việt Nam.

#### LỜI CẢM ƠN

Nhóm nghiên cứu trân trọng cảm ơn sự phối hợp, giúp đỡ của ông Phương Văn Tùng và các cán bộ của Ban An toàn - sức khỏe - môi trường, Tổng công ty điện lực dầu khí Việt Nam CTCP, trong việc hỗ trợ, phối hợp cung cấp các số liệu liên quan của nghiên cứu này.

Dải điện áp, MPPT (50°C)	850-1425 V
Điện áp hệ thống tối đa ( $V_{OC}$ )	1500 V
Dòng điện vào tối đa (25°C)	3000 A
Dòng điện ngắn mạch tối đa	4300 A
Số lượng ngõ vào	24
<i>Đầu ra (AC)</i>	
Công suất định mức (50°C)	2500 kW
Điện áp đầu ra định mức	600 V
Tần số định mức	50 Hz
Dòng điện ra tối đa	2408 A
Dải điều chỉnh hệ số công suất	0,90
Hiệu suất chuyển đổi tối đa (AC/DC)	98,7%
Độ méo sóng đầu ra hở mạch	< 3%

Nhiệt độ môi trường làm việc tối đa	50°C
-------------------------------------	------



Độ ẩm môi trường làm việc tối đa	95%
----------------------------------	-----

## REFERENCES

- [1] P. Andris and P. Janez, "Photovoltaic solar energy: Development and current research," 2009. Accessed: Apr. 13, 2022. [Online]. Available: [https://scholar.google.com/scholar?hl=vi&as\\_sdt=0%2C5&q=PHOTOVOLTAIC+SOLAR+ENERGY+Development+and+current+research&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=vi&as_sdt=0%2C5&q=PHOTOVOLTAIC+SOLAR+ENERGY+Development+and+current+research&btnG=).
- [2] H. Yousuf *et al.*, "A Review on Floating Photovoltaic Technology (FPVT)," *Curr. Photovolt. Res.*, vol. 8, no. 3, pp. 67–78, 2020, doi: 10.21218/CPR.2020.8.3.067.
- [3] T. T. E. Vo, H. Ko, J. Huh, and N. Park, "Overview of possibilities of solar floating photovoltaic systems in the offshore industry," *Energies*, vol. 14, no. 21. 2021, doi: 10.3390/en14216988.
- [4] Y. K. Choi, "A study on power generation analysis of floating PV system considering environmental impact," *Int. J. Softw. Eng. its Appl.*, vol. 8, no. 1, pp. 75–84, 2014, doi: 10.14257/ijseia.2014.8.1.07.
- [5] A. Sahu, N. Yadav, and K. Sudhakar, "Floating photovoltaic power plant: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 66. pp. 815–824, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2016.08.051.
- [6] J. Song and Y. Choi, "Analysis of the Potential for Use of Floating Photovoltaic Systems on Mine Pit Lakes: Case Study at the Ssangyong Open-Pit Limestone Mine in Korea," *Energies 2016, Vol. 9, Page 102*, Feb. 10, 2016. <https://www.mdpi.com/1996-1073/9/2/102/htm> (accessed Mar. 18, 2022).
- [7] J. Movellan, "Running out of Precious Land? Floating Solar PV Systems may be a Solution," *Renewable Energy World*, pp. 1–3, 2013.
- [8] S. P. D. Sujay, M. Wagh, N. S.-I. J. S. E. Res, and U. 2017, "A review on floating solar photovoltaic power plants," *researchgate.net*, vol. 8, no. 6, 2017, Accessed: Mar. 18, 2022. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Mahesh-Wagh/publication/347818468\\_A\\_Review\\_on\\_Floating\\_Solar\\_Photovoltaic\\_Power\\_Plants/links/5fe439dfa6fdccdb8f7309b/A-Review-on-Floating-Solar-Photovoltaic-Power-Plants.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mahesh-Wagh/publication/347818468_A_Review_on_Floating_Solar_Photovoltaic_Power_Plants/links/5fe439dfa6fdccdb8f7309b/A-Review-on-Floating-Solar-Photovoltaic-Power-Plants.pdf).
- [9] R. Cazzaniga, M. Cicu, M. Rosa-Clot, P. Rosa-Clot, G. M. Tina, and C. Ventura, "Floating photovoltaic plants: Performance analysis and design solutions," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81. pp. 1730–1741, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.269.
- [10] K. A. Moharram, M. S. Abd-Elhady, H. A. Kandil, and H. El-Sherif, "Influence of cleaning using water and surfactants on the performance of photovoltaic panels," *Energy Convers. Manag.*, vol. 68, pp. 266–272, 2013, doi: 10.1016/j.enconman.2013.01.022.
- [11] F. Grubišić-Čabo, S. Nižetić, and T. G. Marco, "Photovoltaic panels: A review of the cooling techniques," *Transactions of Famena*, vol. 40. pp. 63–74, 2016, Accessed: Mar. 18, 2022. [Online]. Available: <https://hrcak.srce.hr/159196>.
- [12] R. Lanzafame *et al.*, "Field experience with performances evaluation of a single-crystalline photovoltaic panel in an underwater environment," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 57, no. 7, pp. 2492–2498, Jul. 2010, doi: 10.1109/TIE.2009.2035489.
- [13] S. Nižetić, D. Čoko, A. Yadav, and F. Grubišić-Čabo, "Water spray cooling technique applied on a photovoltaic panel: The performance response," *Energy Convers. Manag.*, vol. 108, pp. 287–296,

- 2016, doi: 10.1016/j.enconman.2015.10.079.
- [14] M. R.-C. G.M. Tina, "Electrical Behavior and Optimization of Panels and Reflector of a Photovoltaic Floating Plant," in *26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, Oct. 2011, pp. 4371–4375, doi: 10.4229/26thEUPVSEC2011-5BV.2.54.
- [15] and S. C. Clot, Marco Rosa, Paolo Rosa Clot, "US20110168235A1 - Apparatus and method for generating electricity using photovoltaic panels - Google Patents."
- [16] L. Fraas, J. Avery, L. Minkin, H. Huang, H. Schneider, and D. Larson, "Solar PV carousel trackers for building flat rooftops: Three case studies," in *39th ASES National Solar Conference 2010, SOLAR 2010*, 2010, vol. 1, pp. 576–596.
- [17] H. Tsai, C. Tu, and Y. Su, "Development of Generalized Photovoltaic Model Using MATLAB / SIMULINK," *Proc. World Congr. Eng. Comput. Sci. 2008 WCECS 2008*, Oct. 22 - 24, 2008, San Fr. USA, p. 6, 2008, Accessed: May 13, 2022. [Online]. Available: <http://s2i.bordeaux.free.fr/Espace/Terminale/Ressources/Projet/Projet 2 2013-2014/2. Development of Generalized Photovoltaic Model using Matlab.pdf>.
- [18] M. H. Rashid, *Power Electronics Handbook*, Third edit. Butterworth-heinemann, 2017.

## Giới thiệu tác giả:

	<p>Tác giả Nguyễn Đức Quang tốt nghiệp Thạc sĩ tại trường Đại học Lille 1 và bảo vệ luận án Tiến sĩ chuyên ngành Kỹ thuật điện tại trường Đại học quốc gia Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Paristech, Cộng hòa Pháp năm 2013. Tác giả đang công tác tại Khoa Kỹ thuật điện, trường Đại học Điện lực.</p> <p>Hướng nghiên cứu chính: các phương pháp số trong nghiên cứu máy điện và hệ thống điện, tác động của trường điện từ tương hỗ, xe điện và các nguồn năng lượng tái tạo.</p>
	<p>Tác giả Vũ Hoàng Giang tốt nghiệp kỹ sư Hệ thống điện và Thạc sĩ Kỹ thuật điện tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội vào các năm 2002 và 2005. Nhận bằng Tiến sĩ Kỹ thuật điện tại Trường Đại học Claude Bernard Lyon 1, Cộng hòa Pháp năm 2014. Hiện nay tác giả công tác tại Trường Đại học Điện lực.</p> <p>Hướng nghiên cứu chính: chẩn đoán hư hỏng và ước lượng thông số của máy điện và các bộ biến đổi điện tử công suất, tích hợp hệ thống năng lượng tái tạo vào lưới điện.</p>