

# PHƯƠNG PHÁP LUẬN ĐỂ CẮT GIẢM CÔNG SUẤT TỐI ƯU ĐIỆN MẶT TRỜI MÁI NHÀ CHO LƯỚI ĐIỆN BÌNH THUẬN

## A METHODOLOGY FOR OPTIMIZING CURTAILMENT OF SOLAR ROOFTOPS FOR DISTRIBUTION GRIDS IN BINH THUAN PROVINCE

Nguyễn Phúc Khải<sup>1,2\*</sup>, Nguyễn Lê Duy Luân<sup>3</sup>, Phạm An Thái<sup>1</sup>, Võ Ngọc Diệu<sup>1,2</sup>,  
Võ Việt Cường<sup>3</sup>, Phan Thanh Vinh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh, Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>2</sup>Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>3</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Hồ Chí Minh, Việt Nam

\*Tác giả liên hệ / Corresponding author: phuckhai@hcmut.edu.vn

(Nhận bài / Received: 12/7/2023; Sửa bài / Revised: 21/10/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 26/10/2023)

**Tóm tắt** - Bài báo trình bày phương pháp luận để thực hiện việc cắt giảm tối ưu công suất điện mặt trời mái nhà cho phát tuyến phân phối 472LS Bình Thuận. Mục tiêu của bài toán là cực tiểu hóa công suất điện mặt trời bị cắt giảm có xem xét các điều kiện thời tiết và điều kiện vận hành khác nhau. Các điều kiện thời tiết được xem xét gồm trời nắng, trời nhiều mây và trời mưa. Điều kiện vận hành được khảo sát là điện áp đầu nguồn của phát tuyến. Điều kiện ràng buộc của bài toán xem xét giới hạn điện áp và khả năng mang tải của đường dây. Kết quả tính cho thấy khi trời nhiều mây hoặc mưa, việc cắt giảm công suất không cần thực hiện. Khi trời nắng, việc cắt giảm công suất cần thực hiện chọn lọc tối ưu giữa các nguồn điện mặt trời. Thuật toán Doi được đề xuất để giải bài toán tối ưu.

**Từ khóa** - Cắt giảm công suất; điện mặt trời mái nhà; lưới điện phân phối; thuật toán doi

### 1. Đặt vấn đề

Năng lượng mặt trời là một trong những nguồn năng lượng tái tạo vô tận. Trong đó, năng lượng điện được sản xuất từ bức xạ mặt trời thông qua các tấm quang điện hoặc từ nhiệt độ hội tụ thông qua các tấm gương phản xạ. Tại Việt Nam, trong giai đoạn 2017 – 2020, bằng các chủ trương khuyến khích của Chính phủ, nguồn năng lượng mặt trời đã phát triển vô cùng mạnh mẽ. Nhiều hệ thống quang điện đã được lắp đặt với quy mô nhà máy điện hoặc các dự án điện mặt trời mái nhà. Chỉ trong một thời gian ngắn phát triển, công suất lắp đặt năng lượng mặt trời tại Việt Nam đã vượt lên đứng đầu khu vực Đông Nam Á, bỏ xa các quốc gia còn lại trong khu vực. Theo đó, chỉ trong hai năm 2019 và 2020, Việt Nam từ vị trí thấp đã vượt hơn 4 lần công suất lắp đặt của quốc gia đứng thứ hai trong khu vực là Thái Lan [1].

Bên cạnh những lợi ích về môi trường nhờ giảm thiểu khí nhà kính, việc phát triển quá nóng với tỷ lệ xâm nhập cao của nguồn năng lượng mặt trời nói riêng và các dạng nguồn phân tán nói chung có thể gây nhiều tác động bất lợi đối với lưới điện, đặc biệt là lưới điện phân phối. Những tác động tiêu cực do tỷ lệ xâm nhập cao của nguồn năng lượng phân tán có thể kể đến như: quá điện áp, quá dòng điện, tăng tổn thất công suất, tăng sóng hài và sai lệch hệ thống bảo vệ [2]. Trong đó, điện áp của lưới điện phân phối tăng cao do tác động của điện

**Abstract** - This paper presents a methodology for the optimal curtailment problem of solar rooftops on the distribution grid 472LS Binh Thuan. Considering the weather and operational conditions, the issue aims to minimize the curtailed solar power. The mentioned weather includes sunny, cloudy, and rainy. The operating conditions consider various voltage values at the beginning of the feeder. The constraints of the problem include the limit of voltage and capacity of the distribution line. The numerical results show that it is unnecessary to curtail solar power when it is cloudy or rainy. When it is sunny, the curtailment has to optimize the selection between solar sources. The bat optimization algorithm has been proposed to solve the problem.

**Key words** - Curtailment; Solar rooftop; Distribution grid; Bat optimization algorithm

mặt trời mái nhà trong những ngày phụ tải thấp đã được đề cập trong nhiều nghiên cứu như tại Cape Town (Nam Phi) [3], Canada [4]. Chính vì lý do, giải pháp cắt giảm công suất năng lượng mặt trời đã được nghiên cứu và triển khai.

Trên thế giới, việc cắt giảm công suất điện mặt trời tuy không phổ biến nhưng cũng đã xảy ra ở một số quốc gia [5]. Tại bang California, nơi có công suất lắp đặt điện mặt trời lớn nhất ở Hoa Kỳ, sản lượng điện mặt trời bị cắt giảm trong năm 2018 là 432.000 MWh (1,5%). Tại Đức, nơi có tỉ lệ sử dụng điện mặt trời lớn, thực hiện cắt giảm 116.470 MWh (0,3%). Nguyên nhân dẫn đến tình trạng này ở Đức là do cơ sở hạ tầng chưa phát triển kịp thời, đường dây truyền tải điện giữa 2 miền Bắc và Nam ở đất nước này đang bị quá tải do sự phát triển mạnh của năng lượng tái tạo. Trung Quốc trong năm 2018 cũng phải mạnh tay cắt giảm tới 5.490.000 MWh điện mặt trời hay ở Chile là 150.000 MWh vì những lí do tương tự. Tại Việt Nam, Tập đoàn Điện lực Việt Nam và các đơn vị thành viên cũng triển khai quy chế phối hợp với các chủ đầu tư để thực hiện việc cắt giảm công suất các hệ thống điện mặt trời [6].

Tuy nhiên, việc xác định mức cắt giảm tối ưu công suất nguồn năng lượng mặt trời chưa được đề cập và tính toán cụ thể. Bài báo này trình bày mô hình bài toán cắt giảm tối ưu công suất nguồn năng lượng mặt trời và áp dụng Thuật

<sup>1</sup> Ho Chi Minh City University of Technology, Hochiminh, Vietnam (Khai Phuc Nguyen, Phan An Thai, Vo Ngoc Dieu, Phan Thanh Vinh)

<sup>2</sup> Vietnam National University Ho Chi Minh City, Hochiminh, Vietnam (Khai Phuc Nguyen, Vo Ngoc Dieu)

<sup>3</sup> Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Hochiminh, Vietnam (Le Duy Luan Nguyen, Vo Viet Cuong)

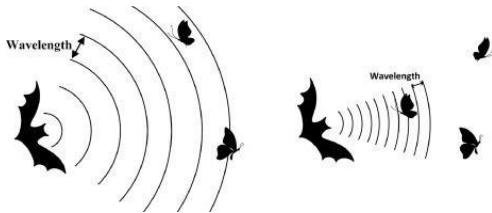
toán dơi để giải quyết bài toán. Năm 2010, Xin-She Yang đề xuất thuật toán Dơi (Bat algorithm) trong việc giải quyết các vấn đề tối ưu. Thuật toán Dơi được sử dụng để giải nhiều bài toán trong tự nhiên: giảm tắc nghẽn trong lưới điện [7], tối ưu hóa tiêu thụ điện năng trong giờ cao điểm thông qua Smart Meter [8], tìm vị trí và công suất tối ưu cho nguồn điện trong lưới điện phân phối dạng vòng [9].

**2. Thuật toán Dơi**

Thuật toán dơi (Bat algorithm) là thuật toán tối ưu được phát triển bởi Xin-She Yang vào năm 2010 và đã được sử dụng để giải nhiều bài toán tối ưu khác nhau [10].

**2.1. Hành vi định vị bằng tiếng vang của loài dơi**

Thuật toán dơi dựa trên hành vi định vị bằng tiếng vang của loài dơi có kích thước nhỏ từ 4 đến 16 cm (microbats) để xác định vị trí con mồi, vật thể. Mỗi cá thể dơi phát ra phát ra một xung rất ổn và sau đó lắng nghe tiếng vang vọng lại. Sau đó, dơi sử dụng độ trễ thời gian giữa lúc phát và nhận lại xung, độ chênh lệch thời gian khi nhận lại tiếng vang giữa hai tai và độ lớn của tiếng vang để cảm nhận không gian xung quanh. Từ đó dơi có thể xác định khoảng cách, hướng và thậm chí tốc độ của con mồi như Hình 1.



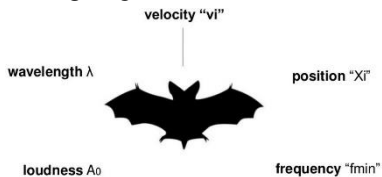
**Hình 1.** Dơi sử dụng sóng siêu âm định vị con mồi

Thuật toán dơi được phát triển bằng cách lý tưởng hoá đặc tính này của loài dơi và sử dụng những điều kiện xấp xỉ, lý tưởng hoá như Hình 2:

- Tất cả cá thể dơi sử dụng định vị bằng tiếng vang để cảm nhận khoảng cách, và chúng có thể nhận biết được đâu là con mồi và đâu là những vật thể ở môi trường xung quanh.

- Các cá thể dơi bay một cách ngẫu nhiên với vận tốc  $v_i$  ở vị trí  $x_i$  với tần số cố định  $f_{min}$ , bước sóng  $\lambda$  và độ ồn  $A_0$  để tìm kiếm con mồi. Chúng có thể tự động điều chỉnh bước sóng (hay tần số) của xung phát ra và điều chỉnh tốc độ phát xung  $r$  trong khoảng  $[0;1]$  dựa trên khoảng cách của con mồi.

- Mặc dù độ ồn có thể thay đổi bằng nhiều cách, giải thiết rằng độ ồn chỉ thay đổi trong khoảng số lớn (số dương)  $A_0$  và hằng số giá trị tối thiểu  $A_{min}$ .



**Hình 2.** Các đặc điểm của cá thể dơi trong thuật toán Dơi

**2.2. Sự di chuyển của các cá thể dơi trong thuật toán Dơi**

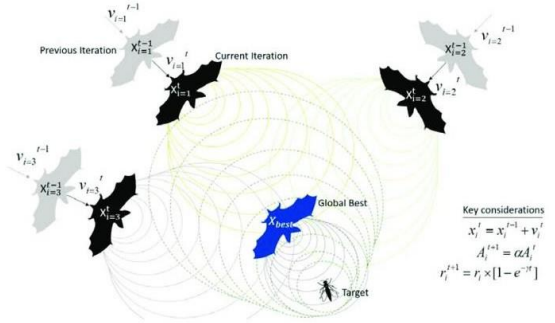
Trong quá trình mô phỏng, chúng ta cần định nghĩa cách mà vị trí  $x_i$  và tốc độ  $v_i$  của chúng trong không gian tìm kiếm  $d$  chiều được cập nhật. Vị trí mới và tốc độ mới tại vòng lặp thứ  $t$  được cho như các Biểu thức (1), (2) và

(3). Hình ảnh minh họa cho cách xác định vị trí mới và tốc độ mới như Hình 3:

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min})\beta \tag{1}$$

$$v_i^t = v_i^{t-1} + (x_i^t - x_*)f_i \tag{2}$$

$$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t \tag{3}$$



**Hình 3.** Cách cá thể dơi di chuyển trong thuật toán Dơi

Trong đó,  $\beta \in [0;1]$  là một vector ngẫu nhiên sử dụng phân phối chuẩn.  $x_*$  là phương án tốt nhất toàn cục được xác định sau khi so sánh tất cả các phương án mà  $n$  cá thể dơi tìm được,  $f_i$  là gia tốc của cá thể dơi, ta có thể dùng  $f_i$  để điều chỉnh độ thay đổi vận tốc trong khi cố định các hệ số khác, phụ thuộc vào dạng bài toán.

Đối với phần thực hiện tìm kiếm địa phương (local search), khi một phương án được lựa chọn giữa các phương án tốt nhất, phương án mới của mỗi cá thể được tạo ra bằng cách di chuyển ngẫu nhiên như Biểu thức (4):

$$x_{new} = x_{old} + \epsilon A^t \tag{4}$$

Trong đó,  $\epsilon \in [-1;1]$  là một số ngẫu nhiên,  $A^t$  là độ ồn của tất cả cá thể dơi ở vòng lặp này.

**2.3. Độ ồn và xung phát ra**

Độ ồn  $A_i$  và tốc độ phát xung  $r_i$  cũng cần được cập nhật theo từng vòng lặp. Bởi vì độ ồn có xu hướng giảm khi dơi đã tìm được con mồi, trong khi tốc độ phát xung tăng lên, nên độ ồn cần được chọn lựa với giá trị phù hợp.

**3. Áp dụng thuật toán Dơi vào bài toán Tối ưu hoá bộ dự trữ năng lượng trong lưới điện thông minh**

**3.1. Hàm mục tiêu và các ràng buộc của bài toán**

**3.1.1. Hàm mục tiêu**

Hàm mục tiêu của bài toán nhằm cực tiểu công suất cắt giảm của nguồn điện mặt trời. Trong đó, công suất cắt giảm tại nút  $i$  thời điểm  $t$  là hiệu số giữa khả năng phát công suất cực đại và công suất được phép phát công suất. Hàm mục tiêu được đề xuất như Biểu thức (5):

$$\begin{aligned} \min F(x) &= \sum_{t=7}^{17} \sum_1^n P_{curtail\_i\_t} \\ &= \sum_{t=7}^{17} \sum_1^n (P_{PV\_i\_t}^{max} - P_{PV\_i\_t}) \end{aligned} \tag{5}$$

Trong đó:

$P_{curtail\_i\_t}$ : Công suất bị cắt giảm của nguồn PV thứ  $i$  ở giờ  $t$ .

$P_{PV\_i\_t}^{max}$ : Công suất tối đa mà nguồn PV thứ  $i$  có thể phát ở giờ  $t$ .

$P_{PV_{i,t}}$ : Công suất thực tế mà nguồn PV thứ  $i$  được phát lên lưới ở giờ  $t$ .

### 3.1.2. Các điều kiện ràng buộc

#### a. Cân bằng công suất

Tổng công suất phát tác dụng và công suất phát phản kháng bằng với công suất tác dụng và công suất phản kháng của phụ tải như Biểu thức (6) và (7):

$$P_{PV_{i,t}} - P_{L_{i,t}} = \sum_{j=1}^N |V_{i,t}| |V_{j,t}| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_{i,t} + \delta_{j,t}) \quad (6)$$

$$Q_{PV_{i,t}} - Q_{L_{i,t}} = \sum_{j=1}^N |V_{i,t}| |V_{j,t}| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_{i,t} + \delta_{j,t}) \quad (7)$$

Với:

$P_{PV_{i,t}}$ : Công suất tác dụng của nguồn PV tại nút  $i$  tại giờ  $t$ .

$Q_{PV_{i,t}}$ : Công suất phản kháng của nguồn PV tại nút  $i$  tại giờ  $t$ .

$P_{L_{i,t}}$ : Công suất tác dụng của tải tại nút  $i$  tại giờ  $t$ .

$Q_{L_{i,t}}$ : Công suất phản kháng của tải tại nút  $i$  tại giờ  $t$ .

$V_{i,t}$ : biên độ điện áp ở nút thứ  $i$  tại giờ  $t$ .

$\delta_{i,t}$ : biên độ điện áp ở nút thứ  $i$  tại giờ  $t$ .

$V_{j,t}$ : biên độ điện áp ở nút thứ  $j$  tại giờ  $t$ .

$\delta_{j,t}$ : biên độ điện áp ở nút thứ  $j$  tại giờ  $t$ .

$Y_{ij}$ : biên độ của phần tử ở hàng  $i$ , cột  $j$  của ma trận tổng dẫn.

$\theta_{ij}$ : góc của phần tử ở hàng  $i$ , cột  $j$  của ma trận tổng dẫn.

Giới hạn công suất của nguồn năng lượng mặt trời.

Mỗi nguồn năng lượng mặt trời phải đảm bảo giới hạn công suất phát như Biểu thức (8):

$$0 \leq P_{real_{i,t}} \leq P_{PV_{i,t}}^{max} \quad (8)$$

#### b. Giới hạn điện áp nút

Biên độ điện áp mỗi nút phải được giữ trong giới hạn cho phép như Biểu thức (9):

$$V_{i,min} \leq V_{i,t} \leq V_{i,max} \quad (9)$$

Với  $V_{i,min}$  và  $V_{i,max}$  là giới hạn dưới và giới hạn trên của biên độ điện áp tại nút  $i$ . Theo thông tư 39 của Bộ Công thương,  $V_{i,min}$  và  $V_{i,max}$  trong trường hợp này là 0,95 và 1,05 (đvtd) [11].

#### c. Giới hạn dòng điện trên dây dẫn

$$I_{ij,t} \leq I_{ij,max} \quad (10)$$

Với  $I_{ij,max}$  là giới hạn trên của dòng điện trên dây dẫn giữa hai nút  $i$  và  $j$ .

$I_{ij,t}$  là dòng điện chạy trên dây dẫn giữa hai nút  $i$  và  $j$  tại giờ  $t$ . Ngưỡng giới hạn dòng điện trên dây dẫn được thể hiện như Biểu thức (10).

## 3.2. Áp dụng thuật toán Dơi vào bài toán Cắt giảm tối ưu nguồn năng lượng mặt trời:

### 3.2.1. Phát tuyến 472LS Bình Thuận

Phát tuyến 471LS nằm ở huyện Bắc Bình, tỉnh Bình

Thuận và được quản lý bởi Điện lực Tuy Phong. Phát tuyến gồm 511 nút, 316 đường dây và 194 trạm biến áp. Ngoài ra, trên xuất tuyến 471LS còn có 2 tụ bù với giá trị 0,3 Mvar cho mỗi tụ. Trong năm 2020, xuất tuyến 471LS chứng kiến sự phát triển mạnh mẽ của điện mặt trời khi có tới 10 nguồn điện mặt trời được đấu nối với tổng công suất 9,28 MW (9 nguồn công suất 1 MW, 1 nguồn 0,28 MW). Tất cả các nguồn này đều có vị trí nằm ở thị trấn Lương Sơn và xã Sông Bình, huyện Bắc Bình, gây nên sự quá tải cục bộ trên xuất tuyến. Trong khi đó, lượng công suất tiêu thụ của các phụ tải trên xuất tuyến trong khung giờ nguồn điện mặt trời hoạt động mạnh lại tương đối nhỏ (thấp nhất tại 11:00 AM: 1,945 MW, cao nhất tại 5:00 PM: 5,156 MW) như Bảng 1.

**Bảng 1.** Công suất thực và công suất phản kháng trong một ngày điển hình của phát tuyến 472LS

Giờ	P (MW)	Q (Mvar)	Giờ	P (MW)	Q (Mvar)
7:00	2,957	0,599	12:30	2,197	0,921
7:30	3,146	0,864	13:00	2,203	0,872
8:00	2,886	0,972	13:30	2,640	1,038
8:30	2,618	0,978	14:00	3,018	1,144
9:00	2,446	0,959	14:30	3,336	0,939
9:30	2,054	0,895	15:00	3,862	1,108
10:00	2,173	0,833	15:30	4,105	1,108
10:30	2,402	0,835	16:00	4,631	1,157
11:00	1,945	0,809	16:30	4,949	0,996
11:30	2,020	0,859	17:00	5,156	0,983
12:00	2,108	0,897			

### 3.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của điện áp đầu nguồn và thời tiết đến việc cắt giảm công suất điện mặt trời

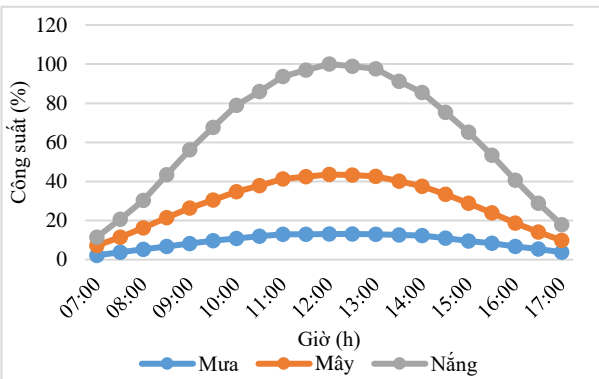
**Bảng 2.** Dữ liệu tổng công suất phát của các nguồn điện mặt trời mái nhà theo các điều kiện thời tiết

Giờ	Mưa	Mây	Nắng
7:00	0,206	0,671	1,069
7:30	0,347	1,074	1,918
8:00	0,487	1,515	2,818
8:30	0,634	1,991	4,028
9:00	0,767	2,500	5,212
9:30	0,896	2,835	6,278
10:00	1,012	3,217	7,318
10:30	1,115	3,514	7,977
11:00	1,211	3,827	8,691
11:30	1,211	3,936	8,990
12:00	1,217	4,042	9,28
12:30	1,216	4,014	9,183
13:00	1,206	3,957	9,057
13:30	1,171	3,730	8,467
14:00	1,137	3,476	7,927
14:30	1,015	3,097	6,988
15:00	0,891	2,676	6,044
15:30	0,776	2,227	4,955
16:00	0,632	1,731	3,767
16:30	0,504	1,340	2,683
17:00	0,354	0,916	1,659

Trước khi thực hiện việc tính toán cắt giảm công suất,

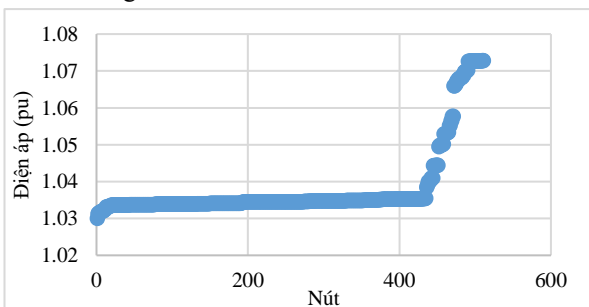
nhóm nghiên cứu đã khảo sát các điều kiện tác động đến các chỉ tiêu vận hành của lưới điện trong các điều kiện thời tiết khác nhau. Các điều kiện thời tiết được xem xét gồm trường hợp trời nắng phát đủ 100% công suất, trời nhiều mây phát tối đa 40% công suất và trời mưa phát tối đa 10% công suất. Công suất phát tổng hợp của 10 nguồn điện mặt trời mái nhà được thống kê như Bảng 2. Tỷ lệ phát điện trong từng khung giờ theo điều kiện thời tiết của các nguồn điện mặt trời mái nhà theo từng điều kiện thời tiết như Hình 4. Bên cạnh điều kiện thời tiết, điện áp đầu nguồn của tuyến dây cũng gây ảnh hưởng đến điện áp của các phân tử trên lưới. Điện áp đầu nguồn được khảo sát trong 7 trường hợp: 1,000; 1,005; 1,010; 1,015; 1,020; 1,025; 1,030 đvtd.

Qua kết quả tính toán, trong điều kiện thời tiết mưa, lượng công suất phát của các nguồn điện mặt trời là khá thấp, lớn nhất chỉ đạt 1,217 MW vào thời điểm 12 giờ trưa. Do đó, trên tất cả các đường dây đều không xuất hiện hiện tượng quá tải. Điện áp tất cả các nút cũng đều nằm trong ngưỡng cho phép. Tương tự, trong điều kiện trời nhiều mây, công suất phát đạt đỉnh ở 4,043 MW vào 12 giờ trưa. Lượng công suất phát của các nguồn cũng không đủ lớn để gây nên bất kì hiện tượng quá tải hay quá áp nào trên xuất tuyến. Vì thế, việc cắt giảm công suất phát năng lượng mặt trời là không cần thiết trong các trường hợp này.



Hình 4. Tỷ lệ công suất năng lượng mặt trời theo thời gian và điều kiện thời tiết

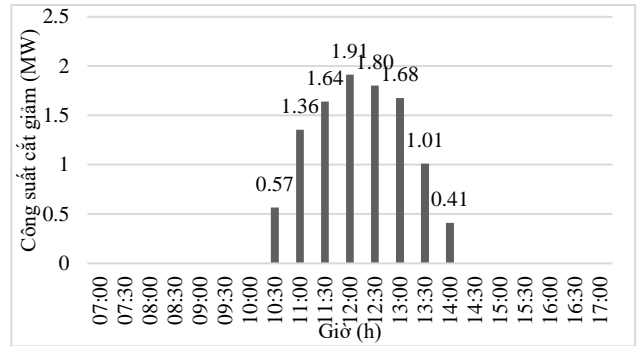
Tuy nhiên, khi đầy nắng, các nguồn năng lượng mặt trời được hoạt động với công suất tối đa và hiện tượng quá tải bắt đầu xuất hiện. Trên xuất tuyến có 8 đường dây bị quá tải với mức quá tải lớn nhất là 30,912 %. Ngoài ra, khi điện áp đầu nguồn đạt 1,030 pu, có đến 51 nút không kể các nút đầu nối điện mặt trời có điện áp vượt ngưỡng cho phép (1,05 đvtd) như Hình 5. Để tránh các trường hợp này xảy ra, cần có biện pháp cắt giảm công suất phù hợp để đảm bảo tình trạng làm việc an toàn của lưới điện.



Hình 5. Điện áp tại các nút trong thời tiết đầy nắng, điện áp đầu nguồn = 1,030 pu

### 3.2.3. Cắt giảm công suất khi trời nắng và điện áp đầu nguồn 1,00 – 1,015 đvtd

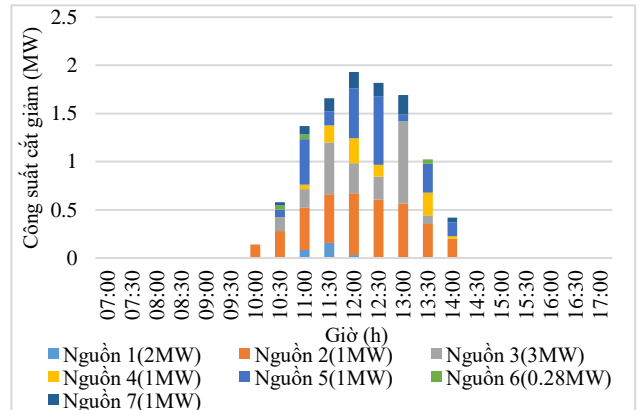
Khi điện áp đầu nguồn nằm trong khoảng từ 1,00-1,015 pu, trên lưới điện chỉ xuất hiện hiện tượng quá tải đường dây. Do đó, không cần thực hiện cắt giảm công suất chọn lọc các nguồn năng lượng mặt trời. Lúc này, biện pháp cắt giảm chỉ cần đảm bảo tổng lượng công suất cắt giảm bằng với lượng công suất quá tải tối đa trên đường dây như Hình 6. Việc cắt giảm công suất có thể hiện bằng cách chia đều công suất cắt giảm cho 10 hộ sản xuất điện mặt trời mái nhà. Tổng sản lượng cắt giảm trong ngày ở các trường hợp này là 10,342 MWh.



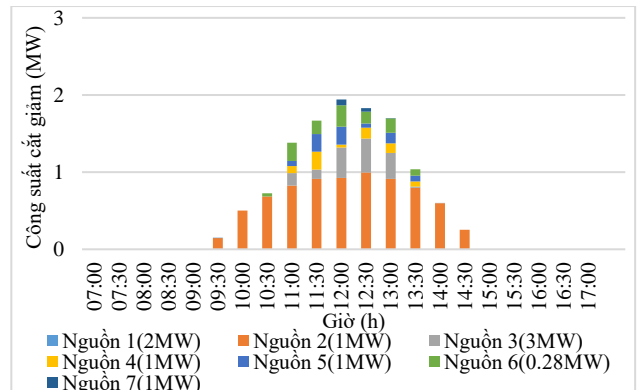
Hình 6. Tổng công suất cắt giảm khi điện áp đầu nguồn là 1,00-1,015 đvtd

### 3.2.4. Cắt giảm công suất khi trời nắng và điện áp đầu nguồn 1,02 – 1,03 đvtd

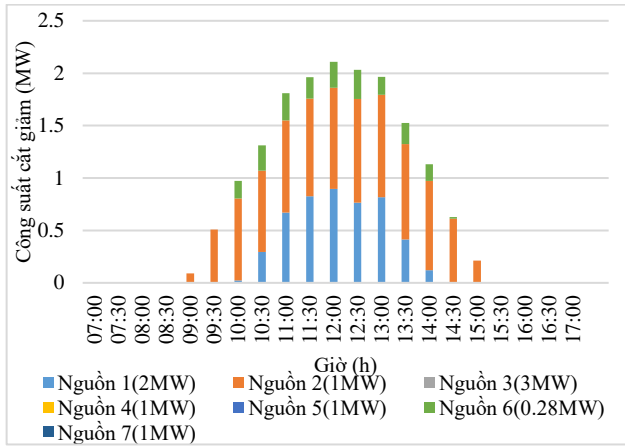
Khi điện áp đầu nguồn từ 1,02 đvtd trở lên, ngoài quá tải đường dây, trên lưới còn xuất hiện hiện tượng quá áp tại một số nút. Do đó, cần cắt giảm chọn lọc để đảm bảo lượng công suất cắt giảm là thấp nhất bằng thuật toán Dori.



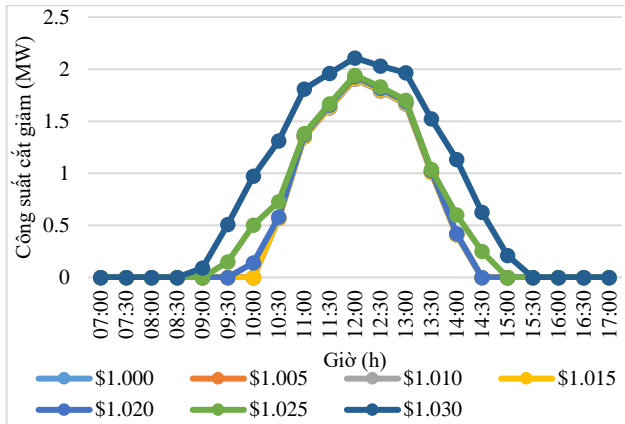
Hình 7. Chi tiết công suất cắt giảm khi điện áp đầu nguồn là 1,020 pu



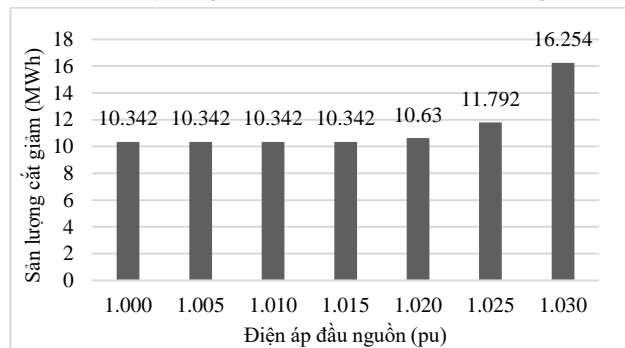
Hình 8. Chi tiết công suất cắt giảm khi điện áp đầu nguồn là 1,025 pu



**Hình 9.** Chi tiết công suất cắt giảm khi điện áp đầu nguồn là 1,030 pu



**Hình 10.** So sánh tổng công suất cắt giảm trong ngày điều kiện thời tiết đầy nắng theo các điều kiện điện áp đầu nguồn



**Hình 11.** So sánh sản lượng điện mặt trời cắt giảm trong ngày nắng và theo điều kiện điện áp đầu nguồn

Các Hình 7, Hình 8, Hình 9 trình bày kết quả cắt giảm công suất điện mặt trời cho từng nguồn phát theo các mức điện áp đầu nguồn lần lượt là 1,02; 1,025 và 1,03. Kết quả tính toán cho thấy, công suất cắt giảm tối ưu không đều nhau giữa các nguồn năng lượng mặt trời. Nguồn 1, nguồn 2 và nguồn 6 là những vị trí cần cắt giảm nhiều hơn so với các vị trí nguồn còn lại. Hình 10 và Hình 11 trình bày kết quả so sánh tổng công suất cắt giảm và sản lượng điện mặt trời cắt giảm theo điều kiện điện áp nguồn. Ta thấy rằng, khi điện áp nguồn không quá 1,02 đvtd, công suất cắt giảm không thay đổi nhiều. Tuy nhiên trong trường

hợp điện áp nguồn lớn hơn, thì công suất cắt giảm cần thực hiện nhiều hơn.

**4. Kết luận**

Bài báo đã trình bày hoàn chỉnh phương pháp luận để thực hiện việc cắt giảm tối ưu công suất điện mặt trời cho một phát tuyến phân phối tại tỉnh Bình Thuận. Kết quả khảo sát cho thấy, khi điều kiện thời tiết nhiều mây hoặc có mưa, việc cắt giảm công suất không cần thực hiện. Khi trời nắng, việc cắt giảm công suất phụ thuộc vào điện áp đầu nguồn của phát tuyến. Việc cắt giảm công suất của các hệ điện mặt trời mái nhà không đồng đều cho tất cả các vị trí trên phát tuyến mà cần có sự chọn lọc để đảm bảo việc cắt giảm đạt mức tối ưu, là cực tiểu công suất cắt giảm.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong khuôn khổ đề tài “Nghiên cứu và đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn điện mặt trời và điện gió khi kết nối với hệ thống điện quốc gia khu vực miền Trung”, mã số CT2022.07.SPK.07.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] T. N. Do, P. J. Burke, H. N. Nguyen, I. Overland, B. Suryadi, A. Swandaru, and Z. Yurnaidi, “Vietnam’s solar and wind power success: Policy implications for the other ASEAN countries”, *Energy for Sustainable Development*, Vol. 65, pp. 1-11, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.09.002>
- [2] M. Z. ul Abideen, O. Ellabban, and L. Al-Fagih, “A review of the tools and methods for distribution networks’ hosting capacity calculation”, *Energies*, Vol. 13, No. 11, pp. 2758-2783, 2020. <https://doi.org/10.3390/en13112758>
- [3] A. F. W. Steyn and A. J. Rix, “Modelling the technical influence of randomly distributed solar PV uptake on electrical distribution networks”, *2019 Int. Conf. on Clean Electrical Power (ICCEP)*, pp. 690-698 2019.
- [4] M. Al-Saffar, S. Zhang, A. Nassif, and P. Musilek, “Assessment of photovoltaic hosting capacity of existing distribution circuits”, *2019 IEEE Canadian Conf. of Electrical and Computer Engineering (CCECE)*, pp. 1-4, 2019.
- [5] E. O’Shaughnessy, J. R. Cruce, and K. Xu. “Too much of a good thing? Global trends in the curtailment of solar PV”, *Solar Energy*, Vol. 208, pp. 1068-1077, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.08.075>
- [6] Ho Chi Minh City Electricity Corporation, *Regulations on coordination in operating rooftop solar power systems in implementing power purchase contracts*, 2021.
- [7] K. Paul, N. Kumar, and P. Dalapati, “Bat algorithm for congestion alleviation in power system network”, *Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-18, 2021, <https://doi.org/10.1007/s40866-020-00100-9>
- [8] R. R. El-Razky, A. A. Daoud, and K. El-serafi, “Optimization of Residential Load Consumption during Energy Peaks using Smart Metering”, *Renewable Energy and Power Quality Journal*, Vol. 1, No. 15, pp. 227-232, 2017, <https://doi.org/10.24084/repqj15.279>.
- [9] S. Remha, S. Chettih, and S. Arif. “A novel multi-objective bat algorithm for optimal placement and sizing of distributed generation in radial distributed systems”, *Advances in Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 15, No. 5, pp. 736-746, 2018, DOI: 10.15598/aeec.v15i5.2417.
- [10] X.-S. Yang, and A. Slowik, “Bat algorithm”, *Swarm Intelligence Algorithms*, CRC Press: Boca Raton, FL, 2020, pp. 43-53.
- [11] Ministry of Industry and Trade, *Circular regulating electricity distribution systems*, 2015..