

## Chiến lược nâng cao quán tính hệ thống mặt trời nối lưới thông qua điều khiển giảm tải

### Strategy for enhancing photovoltaic power plant system inertia through de-loading control

Nguyễn Bình Nam<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Tấn\*, Trương Đình Minh Đức,  
Trần Quốc Trung\*, Nguyễn Văn Hiếu, Trương Lê Vi Thảo

<sup>1</sup>Faculty of Electrical Engineering, Da Nang University – The University of Da Nang  
\*Corresponding author E-mail: [tan78dnhk@dut.udn.vn](mailto:tan78dnhk@dut.udn.vn), [105170140@sv1.dut.udn.vn](mailto:105170140@sv1.dut.udn.vn)

#### Abstract

Currently, to solve the problem of global warming as well as the shortage of energy, countries around the world have increased the use of renewable energy sources, especially solar energy. Photovoltaic Power Plants have variable output power depending on weather factors and do not contribute inertia, making it difficult to operate the power system. Besides, they are often controlled to operate with maximum power point, resulting in these generators not having the reserve power to stabilize the frequency of the grid when there is a power imbalance. This paper proposes a control strategy to improve grid inertia through de-loading control for photovoltaic power plants combined with the droop control and inertia simulation method to support inertia for the grid. Matlab/Simulink software is used to simulate and evaluate the effectiveness of the proposed strategy.

**Keywords:** De-loading; Droop control; Inertia emulation; MPPT; PV; RES.

#### Abbreviations

RES	Renewable Energy Resources
MG	Microgrid
PVPP	Photovoltaic Power Plant
MPP	Maximum Power Point

#### Tóm tắt

Hiện nay, để giải quyết vấn đề nóng lên toàn cầu cũng như sự thiếu hụt về năng lượng, các quốc gia trên thế giới đã tăng cường sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo, đặc biệt là nguồn năng lượng mặt trời. Các nhà máy điện mặt trời có công suất đầu ra biến đổi phụ thuộc vào yếu tố thời tiết và không đóng góp quán tính nên gây khó khăn cho việc vận hành hệ thống điện. Các hệ thống năng lượng mặt trời thường được điều khiển vận hành với công suất phát cực đại, dẫn tới việc các nguồn phát này không có công suất dự trữ để ổn định tần số của lưới điện khi có sự mất cân bằng công suất. Bài báo này đề xuất chiến lược điều khiển để cải thiện quán tính cho lưới điện thông qua điều khiển giảm tải nhà máy điện mặt trời (de-loading control), kết hợp với phương pháp điều khiển độ dốc và mô phỏng quán tính. Phần mềm Matlab/Simulink được sử dụng để mô phỏng và đánh giá hiệu quả của chiến lược đề xuất.

#### 1. Đặt vấn đề

Vì các nguồn năng lượng hóa thạch truyền thống đang dần cạn kiệt và góp phần gây ô nhiễm không khí, nên chúng ngày càng được thay thế bởi các nguồn năng lượng tái tạo (Renewable Energy Resources - RES) có khả năng cung cấp năng lượng điện an toàn, thân thiện với môi trường về lâu dài. Các nguồn năng lượng tái tạo bao gồm năng lượng mặt trời, gió, thủy điện, sinh khối, địa dương và địa nhiệt,... trong đó năng lượng mặt trời và gió được sử dụng rộng rãi và phổ biến nhất [1].

Tuy nhiên, sự thâm nhập của nguồn năng lượng tái tạo dẫn đến những thách thức mới về tính ổn định của hệ thống điện. Đầu tiên, các nguồn năng lượng tái tạo vốn thường xuyên biến đổi do phụ thuộc vào các yếu tố thời tiết. Thứ hai, các nguồn này cũng không đóng góp quán tính cho hệ thống điện nên dẫn đến dao động tần số lớn hơn khi có sự mất cân bằng. Thứ ba, việc gia tăng loại nguồn này trong hệ thống làm giảm số lượng nguồn phát có thể cung cấp công suất dự trữ cho điều khiển sơ cấp và thứ cấp [2].

Tích hợp RES vào hệ thống Microgrid là một giải pháp để có thể tận dụng tối ưu nguồn năng lượng tái tạo, từ đó gia tăng mức thâm nhập của năng lượng tái tạo [3]. Tuy nhiên MG với hệ thống lưu trữ có thể làm gia tăng chi phí đầu tư, giảm hiệu quả vận hành. Vì vậy, nên có những phương pháp điều khiển để các nguồn năng lượng tái tạo có thể tham gia cải thiện quán

tính của hệ thống mà không cần đầu tư thêm hệ thống lưu trữ. Một phương pháp được đưa ra cho nhà máy điện mặt trời (Photovoltaic Power Plant - PVPP) là vận hành giảm tải [2]. Thay vì vận hành tại điện áp  $V_{MPP}$  ứng với điểm công suất cực đại (Maximum Power Point - MPP), ta sẽ vận hành tại điểm có điện áp lớn hơn hoặc thấp hơn điện áp tại điểm MPP. Khi đó PVPP có thể duy trì một công suất dự trữ  $\Delta P$  cho hệ thống. Phần công suất dự trữ này sẽ không được phát ra cho đến khi tần số của hệ thống bị sai lệch. Bài báo [4] chỉ ra hiệu quả chi phí của vận hành giảm tải so với khi có hệ thống lưu trữ pin. Các bài báo [5], [6] sử dụng vận hành giảm tải kết hợp các phương pháp hỗ trợ tần số khác nhau cũng đã cho thấy được tốc độ thay đổi tần số và giá trị tần số thấp nhất đã giảm đi khi có sự dao động tần số xảy ra.

Để vận hành giảm tải thì cần phải tìm được điểm MPP. Đã có nhiều thuật toán bám điểm MPP (MPPT) được sử dụng, phổ biến là P&O và InC. Tuy nhiên, vì tính chất các thuật toán này cùng với việc sử dụng dữ liệu thời gian thực để tính toán khiến tốc độ đáp ứng không được nhanh, công suất đầu ra dao động tại điểm MPP và tổn thất công suất tăng rất lớn khi bức xạ thay đổi nhanh [7], [8]. Một kỹ thuật offline MPPT dựa vào bảng số liệu (look-up table) được xây dựng từ các đặc tính của tấm PV đã được đề xuất và có kết quả bám điểm MPP tốt, đồng thời có tốc độ đáp ứng nhanh hơn [9]–[13].

Công suất đầu ra của PVPP để hỗ trợ quán tính cho hệ thống sẽ được điều chỉnh theo điện áp tham chiếu. Lượng công suất từ PVPP sẽ được điều khiển theo phương pháp điều khiển độ dốc như của máy phát điện đồng bộ trong [14].

Tuy nhiên lượng công suất dự trữ sẽ luôn thay đổi vì phụ thuộc vào giá trị bức xạ và nhiệt độ nên bài báo đề xuất điều khiển giảm tải cho PVPP sử dụng kỹ thuật offline MPPT dựa vào bảng số liệu, kết hợp phương pháp điều khiển độ dốc có hệ số độ dốc thay đổi cùng với phương pháp mô phỏng quán tính để nâng cao quán tính cho hệ thống khi có dao động tần số xảy ra. Kết quả mô phỏng cho thấy tần số của hệ thống được cải thiện hơn về tốc độ thay đổi, độ sai lệch và thời gian xác lập so với khi không vận hành giảm tải.

## 2. Điều khiển công suất tác dụng của hệ thống

### 2.1. Điều khiển với công suất cực đại (MPP)

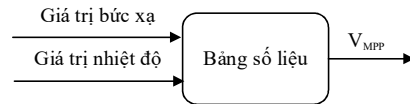
MPPT là phương pháp điều khiển điện áp nhằm tối ưu hóa công suất đầu ra cho hệ thống PV trong điều kiện bức xạ và nhiệt độ thay đổi. Phương pháp offline MPPT sử dụng bảng số liệu sẽ đưa ra kết quả nhanh và hiệu quả dựa trên số liệu đã có sẵn.

Bảng 1: Thông số một tấm pin của mô hình PV

Thông số (điều kiện chuẩn)	Tham số	Giá trị
Công suất cực đại	$P_{MPP}$	305W
Dòng điện tại điểm MPP	$I_{MPP}$	5,58A
Điện áp tại điểm MPP	$V_{MPP}$	54,7V
Dòng điện ngắn mạch	$I_{sc}$	5,96A
Điện áp hở mạch	$V_{oc}$	64,2V
Số tấm pin mắc nối tiếp	$N_s$	5
Số dây pin mắc song song	$N_p$	66

Bảng số liệu được xây dựng là một bảng hai chiều, nhận vào

hai giá trị là nhiệt độ và bức xạ, và đưa ra điện áp  $V_{MPP}$  tại điểm MPP tương ứng. Mô hình được đưa ra như Hình 1.



Hình 1. Mô hình thuật toán MPPT sử dụng bảng số liệu.

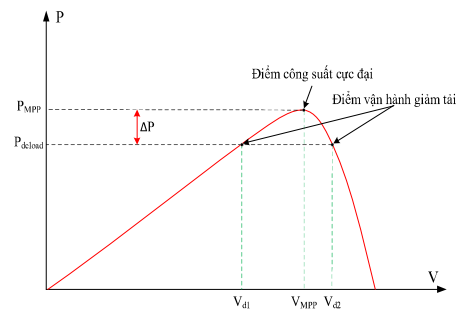
Bảng được xây dựng bằng cách cho PV hoạt động trước với dải giá trị bức xạ và nhiệt độ được chọn để xây dựng bảng, từ đó tìm ra điện áp  $V_{MPP}$  ứng với giá trị công suất cực đại và đưa vào trong bảng. Với những giá trị bức xạ và nhiệt độ không có trong bảng, điện áp  $V_{MPP}$  sẽ được suy ra bằng phương pháp nội suy. Vậy nên, càng nhiều giá trị bức xạ và nhiệt độ được xây dựng thì điện áp MPP tương ứng sẽ càng chính xác. Mô hình hệ thống PV sử dụng 5 mô-đun Sun-Power SPR-30SE-WHT-D (thông số cho trong Bảng 1), công suất mỗi mô-đun 100kW để xây dựng với dải giá trị nhiệt độ và bức xạ như trong Bảng 2.

Bảng 2: Bảng số liệu được xây dựng ứng với một mô-đun.

		Bức xạ (W/m <sup>2</sup> )				
		100	110	120	...	1000
Nhiệt độ °C	25	256.43	257.39	258.27	...	273.49
	26	255.42	256.38	257.26	...	272.57
	27	254.42	255.39	256.27	...	271.65
	...	...	...	...	...	...
	49	232.39	233.43	234.38	...	251.37
	50	231.39	232.44	233.39	...	250.45

### 2.2. Điều khiển giảm tải cho PVPP

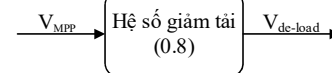
Với mục đích dự trữ công suất của hệ thống PV, ta có thể lợi dụng sự tuyến tính tương đối phía sườn phải hoặc sườn trái của đường cong P-V nhằm xác định điện áp để vận hành giảm tải với hệ số giảm tải  $d\%$ .



Hình 2. Vận hành giảm tải của PVPP.

Theo [6] phía sườn phải có độ dốc cao nên với một lượng nhỏ điện áp thay đổi thì sẽ hỗ trợ một lượng công suất lớn, nhưng khi càng gần điểm MPP, mức độ tuyến tính càng giảm đáng kể dẫn đến sai lệch lớn trong tính toán. Còn sườn trái của đường cong P-V gần như tuyến tính hơn rất nhiều nên trường hợp mô phỏng với  $d = 20\%$  thì điện áp vận hành có thể được tính gần đúng như sau:

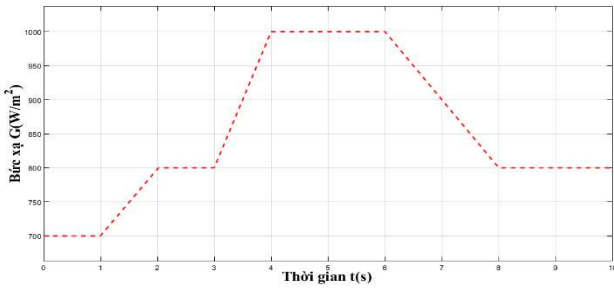
$$V_{de-load} = 0,8V_{MPP} \quad (1)$$



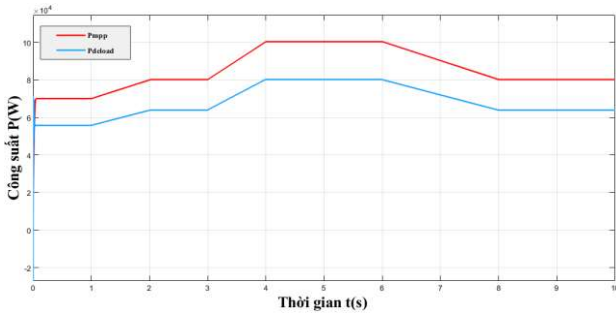
Hình 3. Mô hình vận hành giảm tải.

### 2.3. Phân tích khả năng dự trữ năng lượng trong chế độ giảm tải

Hình 3 thể hiện khả năng dự trữ công suất của hệ thống PV ở chế độ giảm tải, trong điều kiện nhiệt độ hoạt động của hệ thống là  $T=25^{\circ}\text{C}$  và sự thay đổi của bức xạ mặt trời  $G$  được cho ở Hình 2. Trong đó,  $P_{MPP}$  là công suất cực đại mà hệ thống PV có thể cung cấp và  $P_{deload}$  là lượng công suất mà hệ thống PV cung cấp khi vận hành trong chế độ giảm tải. Khi cho PV hoạt động ở chế độ giảm tải để dự trữ năng lượng, cùng với một mức  $V_{20\%}$  nhất định, nếu bức xạ thay đổi thì công suất dự trữ cũng sẽ thay đổi, bức xạ càng thấp lượng công suất dự trữ càng nhỏ như Hình 3. Tuy nhiên PVPP vẫn đảm bảo lượng công suất dự trữ để hỗ trợ cho hệ thống.



Hình 4: Đồ thị bức xạ thay đổi.

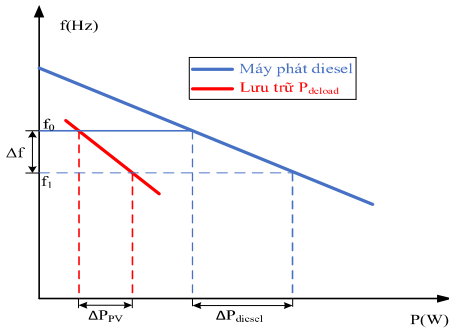


Hình 5: Công suất khi vận hành ở MPPT và khi giảm tải tương ứng với bức xạ ở Hình 2.

## 3. Mô hình lưới điện có sự tham gia của PVPP và máy phát diesel

### 3.1. Phương pháp điều khiển công suất theo độ dốc

Để phân bố công suất tác dụng phát lên hệ thống từ các nguồn có khả năng điều độ theo độ lệch tần số, phương pháp điều khiển theo độ dốc được sử dụng.



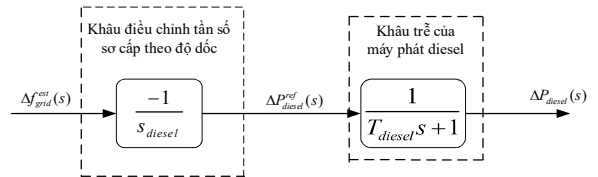
Hình 6: Phương pháp điều khiển độ dốc.

### 3.1.1. Điều khiển độ dốc của máy phát diesel

Từ [15], phương pháp điều khiển độ dốc của máy phát diesel có thể được viết như sau, với  $s_{diesel}$  là hệ số điều chỉnh tần số sơ cấp:

$$\Delta P_{diesel}^{ref} = -\frac{1}{s_{diesel}} \Delta f \quad (2)$$

Vậy với một sự dao động tần số nhất định, công suất phát ra của máy diesel sẽ thay đổi tương ứng. Tuy nhiên, công suất này sẽ có độ trễ nhất định do các bộ truyền động, động cơ sơ cấp và bộ điều tốc của máy phát diesel, nên cần có thêm một khâu trễ để cải thiện sự chính xác của công suất đầu ra theo độ dao động tần số. Hình 5 thể hiện quan hệ giữa công suất đầu ra và độ thay đổi tần số qua khâu điều khiển độ dốc và khâu trễ của máy phát diesel với thời gian đáp ứng  $T_{diesel}$ .



Hình 7: Mô hình động học máy phát diesel.

### 3.1.2. Điều khiển độ dốc của PVPP

Với công suất định mức nhất định thì máy phát diesel hay máy phát đồng bộ thông thường sẽ có hệ số độ dốc không đổi. Tuy nhiên, với PVPP, vì công suất dự trữ thay đổi theo bức xạ và nhiệt độ nên hệ số độ dốc sẽ thay đổi theo. Dựa theo phương pháp điều khiển độ dốc trong [14], bài báo đưa ra phương pháp điều khiển độ dốc có hệ số độ dốc thay đổi theo công suất dự trữ cho PVPP như sau:

$$\Delta P(f) = \Delta f \times K = -(f - 50) \frac{\Delta P}{0,2} \quad (3)$$

Với 50 là tần số danh định của hệ thống, 0,2 là độ lệch tần số cho phép của hệ thống khi có những dao động nhỏ và  $\Delta P$  là công suất dự trữ được của PVPP ứng với một giá trị bức xạ và nhiệt độ cụ thể.

## 3.2. Phương pháp mô phỏng quán tính

Quán tính của hệ thống thường được coi là thể năng lưu trữ trong các máy phát điện đồng bộ khi rotor của nó quay và sẽ tự động tham gia vào việc điều khiển tần số của hệ thống. Mô phỏng quán tính là phương pháp điều khiển để PVPP làm theo quán tính này nhằm huy động một lượng công suất bổ sung ở thời điểm bắt đầu xảy ra sự mất cân bằng, chống lại sự thay đổi đột ngột của tần số.

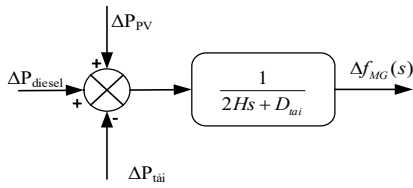
Dựa theo [16], bộ điều khiển mô phỏng quán tính sẽ đưa ra giá trị công suất huy động thêm để hỗ trợ hệ thống. Lượng công suất này sẽ tỉ lệ với tốc độ thay đổi tần số  $df/dt$ , thể hiện như ở phương trình sau:

$$P_m = -K_{in} \frac{df}{dt} \quad (4)$$

với  $K_{in}$  là hệ số điều chỉnh,  $K_{in}$  càng lớn thì đáp ứng quán tính của PVPP càng lớn.

## 3.3. Mô hình động học của hệ thống

Theo [17], mô hình tín hiệu nhỏ của hệ thống được đưa ra như hình sau:



**Hình 8:** Mô hình động học của hệ thống.

với  $\Delta P_{PV}$ ,  $\Delta P_{diesel}$ ,  $\Delta P_{tai}$  lần lượt là sự chênh lệch của công suất tác dụng của PVPP, máy phát diesel và tải.

Dựa vào Hình 6, ta phân tích được ảnh hưởng của các nguồn tới sự thay đổi tần số của hệ thống. Từ đó điều chỉnh và thay đổi lượng công suất cần hỗ trợ để cân bằng tần số.

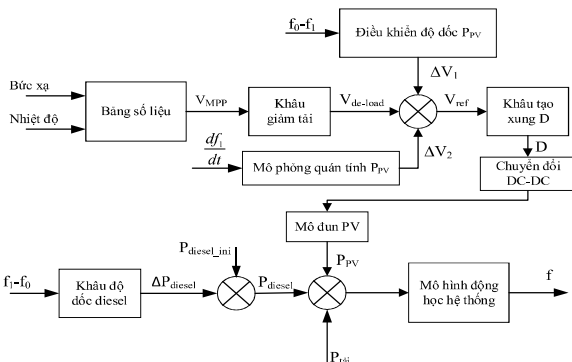
### 4. Mô phỏng và đánh giá

Bài báo mô phỏng và đánh giá vận hành giảm tải của PVPP tới sự ổn định của tần số hệ thống Microgrid với sự tham gia của PVPP, máy phát diesel và phụ tải. Trong hệ thống MG này, sự ổn định tần số bị ảnh hưởng nhiều từ sự cân bằng giữa công suất tiêu thụ và công suất phát ra. Lượng công suất phát ra thường dễ bị thay đổi do sự thay đổi trong công suất phát của PVPP, vốn bị ảnh hưởng nhiều từ giá trị bức xạ. Do đó bài báo sẽ thực hiện mô phỏng theo các kịch bản bức xạ thay đổi và phụ tải thay đổi để đánh giá sự vận hành giảm tải của PVPP.

Cấu trúc các thành phần bao gồm PVPP, máy phát điện diesel, phụ tải và mô hình động học của hệ thống được thể hiện ở (Hình 9).

**Bảng 3:** Thông số hệ thống Microgrid.

Đại lượng	Ý nghĩa	Giá trị
$P_{tai}$	Công suất phụ tải ban đầu	1.9 MW
$P_{PV}$	Tổng công suất PVPP	500 kW
$P_{diesel}$	Công suất máy phát diesel	2.5 MW
$H$	Hằng số quán tính	$10^6$
$D_{tai}$	Hằng số damping	0
$P_{d\_ini}$	Công suất ban đầu của máy phát diesel với PVPP vận hành ở MPP	1.4 MW
	Công suất ban đầu của máy phát diesel với PVPP vận hành giảm tải	1.5 MW



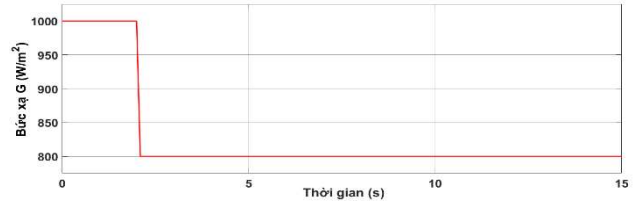
**Hình 9:** Cấu trúc tổng quan hệ thống mô phỏng.

Với mỗi kịch bản, bài báo sẽ so sánh kết quả mô phỏng khi PVPP luôn vận hành giảm tải 20% (chế độ de-load) kết hợp

với các phương pháp điều khiển độ dốc và mô phỏng quán tính, so với khi luôn vận hành ở MPP (chế độ MPPT).

#### 4.1. Kịch bản 1: Bức xạ thay đổi, phụ tải không đổi

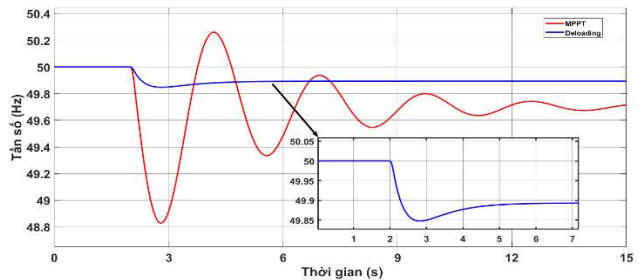
Giá trị phụ tải không đổi là 1.9MW. Giá trị bức xạ bắt đầu ở 1000 W/m<sup>2</sup>, từ giây 2s đến 2,1s bức xạ giảm từ 1000 W/m<sup>2</sup> xuống 800 W/m<sup>2</sup> và giữ ở mức này như ở Hình 10. Kết quả mô phỏng thể hiện như ở Hình 11 và Hình 12.



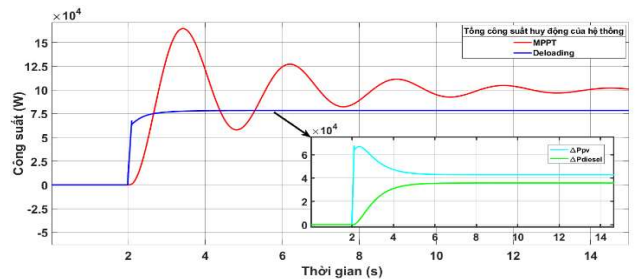
**Hình 10:** Kịch bản bức xạ thay đổi.

Khi bức xạ giảm sẽ gây mất cân bằng tần số hệ thống vì  $P_{nguồn} < P_{tải}$  nên cần bổ sung một lượng công suất để bù vào  $P_{nguồn}$  để giúp cân bằng công suất hệ thống, từ đó cân bằng lại tần số.

Từ Hình 11 ta thấy khi vận hành giảm tải, dao động của tần số không vượt quá giới hạn cho phép (0,2 Hz) như khi PVPP vận hành ở MPPT. Các giá trị tần số thấp nhất (49,85 Hz) và tần số xác lập sau dao động (49,89 Hz) khi vận hành giảm tải đều lớn hơn so với các giá trị tương ứng khi vận hành ở MPPT (48,82 Hz và 49,7 Hz). Ngoài ra, tốc độ thay đổi tần số khi vận hành giảm tải cũng chậm hơn và thời gian ổn định sau dao động cũng nhanh hơn.



**Hình 11:** Tần số hệ thống khi bức xạ thay đổi.



**Hình 12:** Công suất đáp ứng của hệ thống khi bức xạ thay đổi.

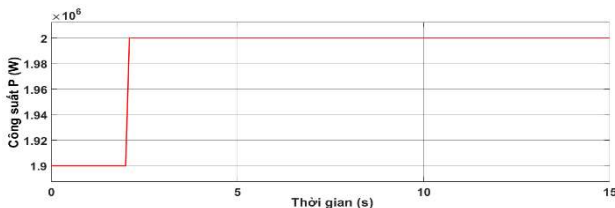
Kết quả có được là do khi vận hành ở MPPT thì lượng công suất giảm xuống của PVPP sẽ lớn hơn dẫn đến tần số sẽ sụt giảm nhanh và sâu hơn, hơn nữa chỉ có máy điện diesel tham gia vào việc hỗ trợ hệ thống sau khi tần số dao động nên lượng công suất bù vào là chưa đủ nhanh vì máy phát diesel có độ trễ điều chỉnh, nên sự dao động sẽ lớn và thời gian ổn định sẽ lâu hơn. Còn khi vận hành giảm tải, lượng công suất giảm đi của PVPP do bức xạ giảm sẽ ít hơn, đồng thời ngoài máy phát diesel, PVPP với phương pháp mô phỏng quán tính sẽ huy động

công suất nhanh, ngay sau thời điểm bắt đầu sự cố, từ đó cải thiện được tốc độ thay đổi của tần số, nâng cao quán tính hệ thống, và với phương pháp điều khiển độ dốc, giá trị sai lệch của tần số đã được cải thiện.

Hình 12 so sánh công suất huy động từ hệ thống khi bức xạ thay đổi trong hai trường hợp. Công suất huy động khi vận hành giảm tải bằng tổng công suất huy động từ PVPP và máy phát diesel. Kết quả cho thấy khi vận hành giảm tải, tổng công suất huy động hệ thống thấp hơn, ngoài ra máy phát diesel huy động công suất thấp hơn và ít điều chỉnh hơn so với khi vận hành ở MPPT vì đã có lượng công suất huy động nhanh từ dự trữ của PVPP, qua đó cho thấy hiệu quả của vận hành giảm tải đối với hệ thống.

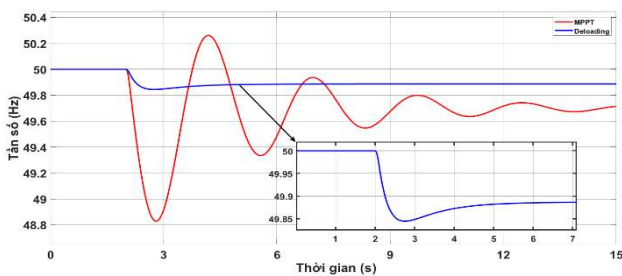
#### 4.2. Kịch bản 2: Bức xạ không đổi, phụ tải thay đổi

Giá trị bức xạ không đổi là  $1000 \text{ W/m}^2$ . Giá trị phụ tải bắt đầu ở  $1.9 \text{ MW}$ , trong khoảng 2s đến 2,1s phụ tải tăng từ  $480 \text{ kW}$  đến  $500 \text{ kW}$  và giữ ở mức này như Hình 13. Kết quả mô phỏng thể hiện như ở Hình 14 và Hình 15. Khi phụ tải tăng sẽ gây mất cân bằng tần số hệ thống vì  $P_{\text{nguồn}} < P_{\text{tải}}$  nên cần bổ sung một lượng công suất để cân bằng lại tần số.



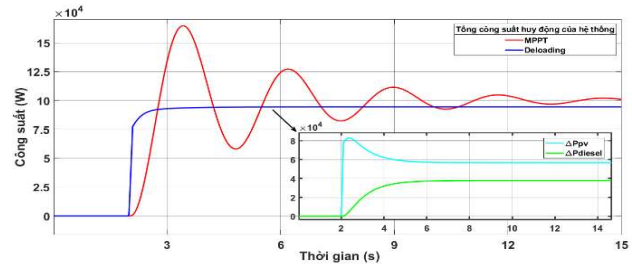
Hình 13: Kịch bản phụ tải thay đổi.

Tương tự như kịch bản 1, tần số dao động không vượt quá giới hạn cho phép trong trường hợp vận hành giảm tải. Các giá trị tần số thấp nhất ( $49,84 \text{ Hz}$ ) và tần số xác lập sau dao động ( $49,87 \text{ Hz}$ ) khi vận hành giảm tải đều được cải thiện so với khi vận hành ở MPPT ( $48,83 \text{ Hz}$  và  $49,7 \text{ Hz}$ ). Ngoài ra, tốc độ thay đổi tần số khi vận hành giảm tải cũng chậm hơn và thời gian ổn định sau dao động cũng nhanh hơn.



Hình 14: Tần số hệ thống khi phụ tải thay đổi.

Hình 15 so sánh công suất huy động từ hệ thống khi phụ tải thay đổi trong hai trường hợp PVPP vận hành giảm tải và vận hành tại MPPT. Kết quả tương tự như kịch bản bức xạ thay đổi. Khi vận hành giảm tải, tổng công suất huy động của hệ thống cũng thấp hơn, ngoài ra máy phát diesel cũng huy động công suất thấp hơn và ít điều chỉnh hơn so với khi vận hành ở MPPT.



Hình 15: Công suất đáp ứng của hệ thống khi phụ tải thay đổi.

#### 4.3. Nhận xét chung

Các kết quả mô phỏng cho thấy việc điều khiển giảm tải cho PVPP giúp giảm tốc độ thay đổi tần số, có mức sụt giảm tần số ít hơn và thời gian xác lập cũng nhanh hơn, ngoài ra công suất huy động từ máy phát diesel cũng ít hơn và ổn định hơn. Tuy nhiên việc vận hành giảm tải cùng phương pháp độ dốc thay đổi để hỗ trợ cho tần số cũng có những nhược điểm nhất định. Đầu tiên là độ chính xác của giá trị điện áp  $V_{MPP}$  sẽ giảm nếu vận hành ở giá trị bức xạ và nhiệt độ không có trong bảng. Thứ hai việc tuyến tính hóa đường cong P-V sẽ làm điện áp vận hành giảm tải sai lệch, khiến công suất dự trữ kém chính xác hơn khi càng về gần điểm MPP. Thứ ba là phương pháp điều khiển theo độ dốc và mô phỏng quán tính cũng chưa thể đưa tần số về giá trị danh định và huy động công suất tối đa của PVPP để hỗ trợ hệ thống. Hai nhược điểm đầu có thể được khắc phục bằng những thuật toán nâng cao để cải tiến look-up table và thuật toán giảm tải. Nhược điểm của các phương pháp điều khiển đã được sử dụng sẽ được cải tiến bằng cách thay thế hoặc kết hợp với các phương pháp hỗ trợ tần số khác như điều khiển nguồn ảo hoặc đáp ứng tần số nhanh, ... Đây cũng là những hướng cần nghiên cứu tiếp sau bài báo này.

#### 5. Kết luận

Bài báo đã đề xuất phương pháp vận hành giảm tải cho PVPP sử dụng bảng số liệu để có công suất dự trữ cho việc hỗ trợ tần số hệ thống mà không cần sử dụng hệ thống lưu trữ. Phương pháp điều khiển độ dốc có hệ số độ dốc thay đổi theo lượng công suất dự trữ cũng đã được bài báo đề xuất sử dụng. Các kết quả mô phỏng cho thấy tần số hệ thống có đáp ứng tốt hơn khi vận hành giảm tải. Tốc độ thay đổi tần số chậm hơn, giá trị tần số thấp nhất lớn hơn và thời gian ổn định sau dao động cũng nhanh hơn so với khi vận hành ở MPPT. Ngoài ra công suất huy động từ diesel khi vận hành giảm tải cũng thấp hơn và ổn định hơn, điều này giúp giảm bớt chi phí vận hành và tăng tuổi thọ máy phát diesel. Tuy nhiên, việc sử dụng look-up table cùng việc tuyến tính hóa đường cong đặc tính P-V khiến cho công suất vận hành giảm tải có sai lệch và hai phương pháp điều khiển độ dốc và mô phỏng quán tính cũng chưa đưa tần số về giá trị danh định. Do đó hướng nghiên cứu trong tương lai là sử dụng những thuật toán nâng cao hơn để cải thiện độ chính xác của vận hành giảm tải cũng như sử dụng những phương pháp hỗ trợ tần số mới để cải thiện giá trị sai lệch tần số.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Y. Kuang *et al.*, "A review of renewable energy utilization in islands," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 59, pp. 504–513, Jun.

- 2016, doi: 10.1016/J.RSER.2016.01.014.
- [2] M. Dreidy, H. Mokhlis, and S. Mekhilef, "Inertia response and frequency control techniques for renewable energy sources: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 69, pp. 144–155, Mar. 2017, doi: 10.1016/J.RSER.2016.11.170.
- [3] M. A. Hannan, S. Y. Tan, A. Q. Al-Shetwi, K. P. Jern, and R. A. Begum, "Optimized controller for renewable energy sources integration into microgrid: Functions, constraints and suggestions," *J. Clean. Prod.*, vol. 256, p. 120419, May 2020, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2020.120419.
- [4] W. A. Omran, M. Kazerani, and M. M. A. Salama, "Investigation of methods for reduction of power fluctuations generated from large grid-connected photovoltaic systems," *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 26, no. 1, pp. 318–327, Mar. 2011, doi: 10.1109/TEC.2010.2062515.
- [5] C. Rahmann and A. Castillo, "Fast Frequency Response Capability of Photovoltaic Power Plants: The Necessity of New Grid Requirements and Definitions," *Energies 2014, Vol. 7, Pages 6306-6322*, vol. 7, no. 10, pp. 6306–6322, Sep. 2014, doi: 10.3390/EN7106306.
- [6] F. Jibji-Bukar and O. Anaya-Lara, "Frequency support from photovoltaic power plants using offline maximum power point tracking and variable droop control," *IET Renew. Power Gener.*, vol. 13, no. 13, pp. 2278–2286, Oct. 2019, doi: 10.1049/IET-RPG.2019.0211.
- [7] B. N. Nguyen, V. K. Pham, V. T. Nguyen, D. H. Hoang, T. B. Thanh Truong, and H. V. Phuong Nguyen, "A New Maximum Power Point Tracking Algorithm for the Photovoltaic Power System," *Proc. 2019 Int. Conf. Syst. Sci. Eng. ICSSE 2019*, pp. 159–163, Jul. 2019, doi: 10.1109/ICSSE.2019.8823306.
- [8] N. Van Tan, N. B. Nam, N. H. Hieu, L. K. Hung, M. Q. Duong, and L. H. Lam, "A Proposal for an MPPT Algorithm Based on the Fluctuations of the PV Output Power, Output Voltage, and Control Duty Cycle for Improving the Performance of PV Systems in Microgrid," *Energies 2020, Vol. 13, Page 4326*, vol. 13, no. 17, p. 4326, Aug. 2020, doi: 10.3390/EN13174326.
- [9] S. Malathy and R. Ramaprabha, "Maximum Power Point Tracking Based on Look Up Table Approach," *Adv. Mater. Res.*, vol. 768, pp. 124–130, 2013, doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.768.124.
- [10] V. R. Kota and M. N. Bhukya, "A simple and efficient MPPT scheme for PV module using 2-Dimensional lookup table," *2016 IEEE Power Energy Conf. Illinois, PECEI 2016*, Apr. 2016, doi: 10.1109/PECEI.2016.7459226.
- [11] J. K. Udavalakshmi and M. S. Sheik, "Comparative Study of Perturb Observe and Look -Up Table Maximum Power Point Tracking Techniques using MATLABSimulink," *Proc. 2018 Int. Conf. Curr. Trends Towar. Converging Technol. ICCTCT 2018*, Nov. 2018, doi: 10.1109/ICCTCT.2018.8550835.
- [12] S. E. Prakash, J. Jacob, S. Mohammed S, and S. Paul, "Comparative Study of Standalone PV System with Incremental Conductance and Look Up Table MPPT Algorithm," 2018.
- [13] F. Jibji-Bukar and O. Anaya-Lara, "Offline photovoltaic maximum power point tracking," Aug. 2018, Accessed: Oct. 27, 2021. [Online]. Available: <https://strathprints.strath.ac.uk/65790/>.
- [14] U. B. Tayab, M. A. Bin Roslan, L. J. Hwai, and M. Kashif, "A review of droop control techniques for microgrid," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 76, pp. 717–727, Sep. 2017, doi: 10.1016/J.RSER.2017.03.028.
- [15] S. A. Papathanassiou and M. P. Papadopoulos, "Dynamic characteristics of autonomous wind–diesel systems," *Renew. Energy*, vol. 23, no. 2, pp. 293–311, Jun. 2001, doi: 10.1016/S0960-1481(00)00180-4.
- [16] H. T. Nguyen, G. Yang, A. H. Nielsen, and P. H. Jensen, "Frequency stability enhancement for low inertia systems using synthetic inertia of wind power," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, vol. 2018-January, pp. 1–5, Jan. 2018, doi: 10.1109/PESGM.2017.8274566.
- [17] H. H. Nguyen, V. T. Nguyen, B. N. Nguyen, D. M. D. Tran, H. D. Dao, and Q. C. Le, "The roles of energy storage systems in stabilizing frequency of the islanded microgrid | The University of Danang - Journal of Science and Technology," *Univ. Danang - J. Sci. Technol.*, vol. 18, pp. 39–44, 2020, Accessed: Oct. 27, 2021. [Online]. Available: <https://jst-ud.vn/jst-ud/article/view/2751>.