

# CẢI TIẾN THUẬT TOÁN INC TRONG ĐIỀU KHIỂN BẮM ĐIỂM CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI HỆ THỐNG PIN MẶT TRỜI CẤP ĐIỆN ĐỘC LẬP

Đỗ Vũ Lực\*, Kang Jin-song

Đại Học Đồng Tế (Tongji University), Thượng Hải, Trung Quốc

Email\*: dovuluc@gmail.com

Ngày gửi bài: 08.03.2016

Ngày chấp nhận: 05.06.2016

## TÓM TẮT

Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng sạch, vô tận và không gây ô nhiễm môi trường. Việc nghiên cứu hệ thống điện mặt trời có ý nghĩa rất quan trọng, góp phần khai thác triệt để nguồn năng lượng tự nhiên trong khi các nguồn năng lượng truyền thống đang ngày càng cạn kiệt. Điều khiển bám điểm công suất cực đại hệ thống pin điện mặt trời (Maximum Power Point Tracking, MPPT) được coi là một phần không thể thiếu trong hệ thống điện mặt trời, được áp dụng để nâng cao hiệu suất của dàn pin điện mặt trời. Bài báo giới thiệu và đưa ra một phương pháp cải tiến thuật toán điện dẫn gia tăng (Incremental Conductance Algorithm, INC); đồng thời kết hợp với phương pháp Điện áp không đổi (Constant Voltage tracking, CVT) thực hiện điều khiển bám điểm công suất cực đại của dàn pin điện mặt trời. Kết quả mô phỏng cho thấy, phương pháp cải tiến thuật toán INC cho hiệu quả tốt hơn.

Từ khóa: Bám điểm công suất cực đại (MPPT), pin điện mặt trời (PV), thuật toán điện dẫn gia tăng (INC), thuật toán điện áp không đổi (CVT).

## Maximum Power Point Tracking Control Based on Improved Incremental Conductance Method

### ABSTRACT

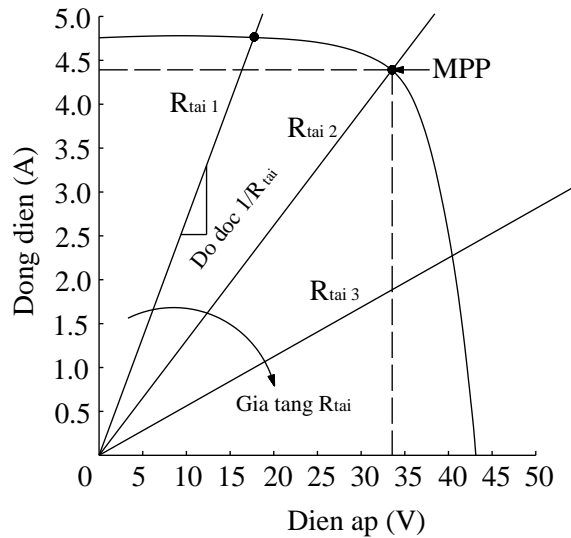
Solar energy is clean, endless and does not pollute the environment. Solar energy system research plays a very important role to fully exploit the natural energy resources while traditional energy sources become scarce. Maximum Power Point Tracker (MPPT) control for Solar panels considered as an indispensable part of the solar power system is applied in order to improve the efficiency of solar panels. This paper described and proposed a modifier of Incremental Conductance (INC) algorithms with Constant Voltage tracking (CVT) that were used to implement for Maximum Power Point control of Solar panels. Simulation results showed that modifier of INC algorithm had a better effect.

Keywords: Constant voltage tracking (CVT), incremental conductance algorithm (INC), maximum power point tracking (MPPT), photovoltaic (PV).

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

MPPT (Maximum Power Point Tracking) là phương pháp dò tìm điểm làm việc có công suất cực đại của hệ thống pin điện mặt trời thông qua việc đóng mở khóa điện tử của bộ biến đổi DC/DC (Wu Libo, 2006). Phương pháp MPPT được sử dụng rất phổ biến trong hệ thống pin

quang điện làm việc độc lập cũng như trong hệ thống điện mặt trời có nối với lưới điện. Khi một tấm PV được mắc trực tiếp vào một tải, điểm làm việc của tấm PV đó sẽ là giao điểm giữa đường đặc tính làm việc I - V của tấm pin và đường đặc tính I - V của tải. Giả sử nếu tải là thuần trở thì đường đặc tính tải là một đường thẳng với độ dốc là  $1/R_{tải}$ .

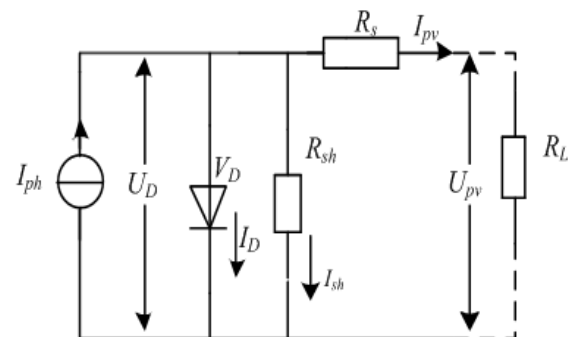


Hình 1. Đặc tính làm việc I-V của PV và tải

Từ đặc tính I - V cho thấy có một điểm gọi là điểm công suất cực đại (MPP - Maximum Power Point), là điểm mà khi hệ thống hoạt động tại điểm đó thì công suất ra của PV là lớn nhất. Các yếu tố về thời tiết ảnh hưởng rất lớn tới hoạt động của PV. Trong đó, nhiệt độ và cường độ bức xạ mặt trời là những yếu tố tiêu biểu ảnh hưởng mạnh nhất tới đặc tính I - V dẫn tới sự thay đổi vị trí MPP của PV. Thông thường, điểm làm việc hiếm khi ở đúng tại vị trí có công suất lớn nhất, vì vậy nó sẽ không sinh ra công suất lớn nhất. Mạng nguồn pin mặt trời thường bị quá tải khi phải bù cho một lượng công suất thấp vào thời gian ánh sáng yếu kéo dài như trong mùa đông. Sự không thích ứng giữa tải và các tấm pin mặt trời thường làm cho nguồn pin mặt trời bị quá tải và gây ra tổn hao trong toàn hệ thống. Để giải quyết vấn đề này, phương pháp MPPT được sử dụng để duy trì điểm làm việc của nguồn điện pin tại đúng điểm có công suất phát ra lớn nhất. Có nhiều thuật toán được nghiên cứu và ứng dụng trong thực tế. Bài báo này giới thiệu hai thuật toán Điện dẫn gia tăng (INC) và Điện áp không đổi (CVT). Đồng thời đưa ra phương pháp cải tiến thuật toán INC, kết hợp với thuật toán CVT để xây dựng hệ thống mô phỏng điều khiển bám điểm công suất cực đại cho hệ PV.

## 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC HỆ PV

Pin quang điện PV có mạch điện tương đương như một Diode mắc song song với một nguồn điện quang sinh. Ở cường độ ánh sáng ổn định, PV có trạng thái làm việc nhất định, dòng điện quang sinh không thay đổi theo trạng thái làm việc. Do đó, trong mạch điện tương đương có thể xem như là nguồn dòng ổn định  $I_{ph}$ . Trên thực tế, trong quá trình chế tạo pin, do tiếp xúc điện cực mặt trước và sau, cũng có thể do bản thân vật liệu có một điện trở suất nhất định, vì vậy trong mạch điện tương đương cần phải mắc thêm vào một điện trở nối tiếp  $R_s$  và một điện trở song song  $R_{sh}$  với tải  $R_L$ . Như vậy, mạch điện tương đương của PV được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Sơ đồ mạch điện tương đương của PV

Dòng điện qua Diode:

$$I_D = I_s \left( e^{\frac{q}{nkT} U_D} - 1 \right) \quad (1)$$

Theo định luật Kirchhoff về cường độ dòng

$$I_{ph} - I_D - I_{sh} - I_{PV} = 0 \quad (2)$$

Theo định luật Kirchhoff về điện thế:

$$U_{PV} = U_D - R_S I_{PV} \quad (3)$$

Trong đó:

- $I_D$  - dòng điện qua Diode (A);
- $I_S$  - dòng điện bão hòa của Diode (A);
- $q$  - điện tích của electron ( $1,602 \cdot 10^{-19}$  C);
- $k$  - hằng số Boltzman ( $1,381 \cdot 10^{-23}$  J/K);
- $T$  - nhiệt độ lớp tiếp xúc (K);
- $n$  - hệ số lý tưởng của diode;
- $U_D$  - điện áp Diode (V);
- $I_{PV}$  - dòng điện ra của PV(A).

Từ các phương trình (1), (2), (3) suy ra phương trình đặc tính I - V của một tế bào PV (Nguyen Viet Ngu, 2015):

$$I_{PV} = I_{ph} - I_D - I_{sh} = I_{ph} - I_s \left( e^{\frac{q}{nkT}(U_{PV} + I_{PV} R_S)} - 1 \right) - \frac{U_{PV} + I_{PV} R_S}{R_{sh}} \quad (4)$$

Từ các phương trình (1), (2), (3), (4) và từ sơ

đồ tương đương của PV ta có thể xây dựng được mô hình mô phỏng của PV khi nhiệt độ và cường độ bức xạ thay đổi như hình 3.

Dùng phần mềm MATLAB - SIMULINK để thiết lập sơ đồ mô phỏng, sử dụng loại PV STP230-20W do hãng KYOCERA sản xuất có những thông số cơ bản đo ở điều kiện tiêu chuẩn ( $1000W/m^2$ ,  $25^\circ C$ ) như sau:

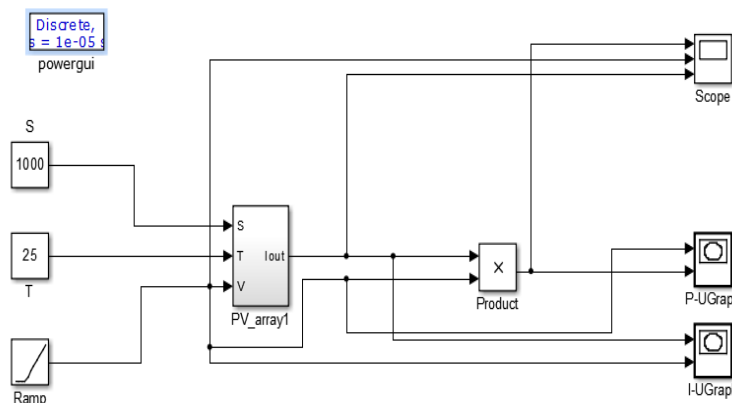
$$P_{max} = 230 \text{ W}; U_{MPP} = 29,8 \text{ V}; I_{MPP} = 7,72 \text{ A}; U_{oc} = 36,8 \text{ V}; I_{sc} = 8,25 \text{ A}.$$

Kết quả mô phỏng thu được đường cong quan hệ I - U, P - U của PV như hình 4 và hình 5.

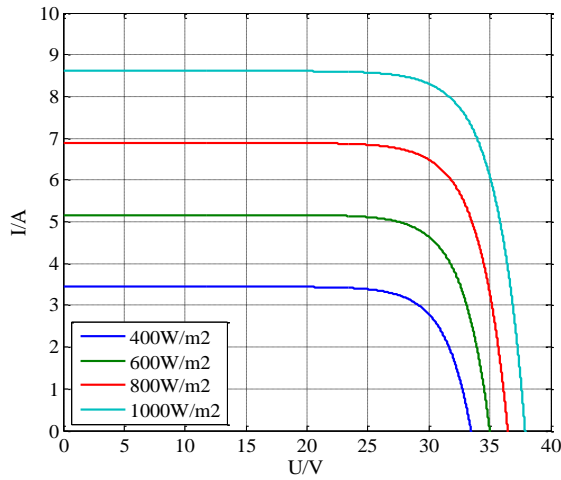
Như vậy, điểm làm việc có công suất lớn nhất MPP của PV trên đường đặc tính I - V luôn thay đổi khi điều kiện nhiệt độ môi trường và cường độ bức xạ thay đổi. Do đó, cần có thuật toán để theo dõi điểm MPP. Thuật toán MPPT được coi là một phần không thể thiếu trong hệ PV, được áp dụng với mong muốn nâng cao hiệu quả sử dụng của dãy pin mặt trời. Sau đây bài báo sẽ đi sâu trình bày các thuật toán điều khiển MPPT cho hệ PV.

### 3. CÁC THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN MPPT

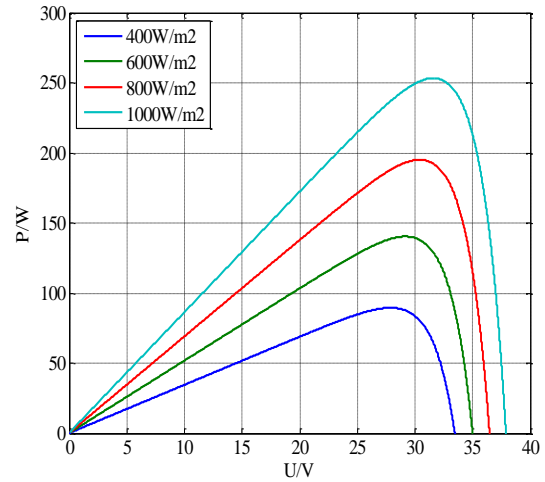
Các thuật toán điều khiển MPPT của bộ biến đổi DC/DC sử dụng nhiều tham số, thường là: Dòng PV, điện áp PV, dòng ra, điện áp ra của bộ DC/DC... Các thuật toán này được so sánh dựa theo các tiêu chí như: Hiệu quả xác định điểm làm việc có công suất lớn nhất, số lượng cảm biến sử dụng, độ phức tạp của hệ thống, tốc độ biến đổi...



Hình 3. Mô hình mô phỏng hệ PV khi nhiệt độ, cường độ bức xạ thay đổi

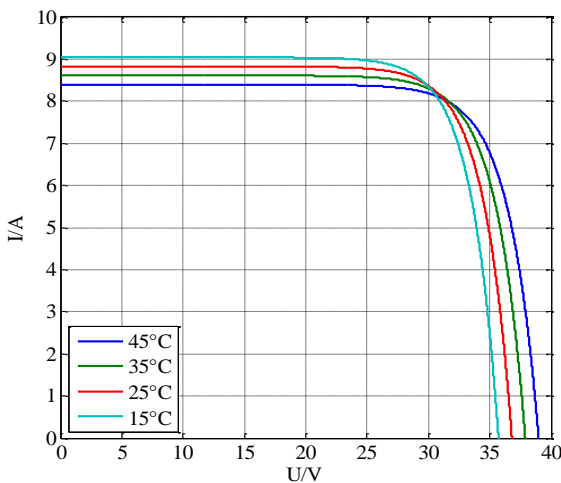


(a) Đường cong quan hệ I - U của PV

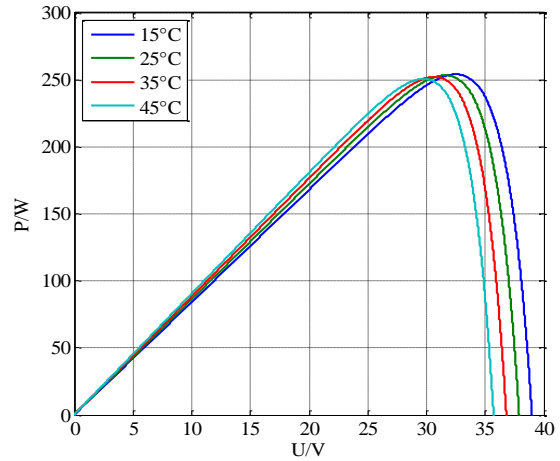


(b) Đường cong quan hệ P - U của PV

**Hình 4. Đặc tính tương quan của PV khi cường độ bức xạ mặt trời thay đổi**



(a) Đường cong quan hệ I - U của PV



(b) Đường cong quan hệ P - U của PV

**Hình 5. Đặc tính tương quan của PV khi nhiệt độ thay đổi**

Có rất nhiều thuật toán được sử dụng cho bài toán điều khiển MPPT. Nhưng phổ biến nhất là 3 thuật toán: Thuật đoán điện áp không đổi (CVT) (Schoeman, 1982), thuật toán nhiễu loạn và quan sát (P&O) (Femia, 2005) và thuật toán điện dẫn gia tăng (INC) (Wang, 2011).

### 3.1. Thuật toán điện áp không đổi

Thuật toán điện áp không đổi (Constant Voltage tracking, CVT) là thuật toán đơn giản

nhất trong số các thuật toán của MPPT. Nguyên lý hoạt động của thuật toán là liên tục theo dõi điện áp của đầu ra mảng PV, so sánh với một điện áp cố định  $U_m$  đã được định sẵn. Giá trị  $U_m$  chính là giá trị điện áp tại MPP, thường xấp xỉ bằng 0,78 lần giá trị  $U_{oc}$  (Tafticht, 2008). Lưu đồ thuật toán như hình 6.

Lưu đồ cho thấy phương pháp này liên tục đo và cập nhật điện áp của mảng PV, nếu giá trị điện áp của mảng  $U_{(k)}$  nhỏ hơn giá trị  $U_m$  đã

định trước thì sẽ điều chỉnh tăng điện áp tham chiếu  $U_{ref}$  và ngược lại. Khi  $U_{(k)} = U_m$  thì giữ nguyên  $U_{ref}$ . Khi đó, hệ PV đang làm việc tại gần điểm MPP. Ưu điểm của phương pháp là thực hiện đơn giản, ổn định và có thể nhanh chóng đưa hệ PV đến gần điểm MPP. Nhưng nhược điểm của phương pháp là khi điều kiện môi trường thay đổi đột ngột thì tính chính xác không cao, hiệu quả điều khiển thấp.

**3.2. Thuật toán điện dẫn gia tăng**

Nguyên lý hoạt động của thuật toán điện dẫn gia tăng (Incremental Conductance Algorithm, INC) sử dụng tổng điện dẫn gia tăng của dãy pin mặt trời để dò tìm điểm công suất

tối ưu. Phương pháp này cơ bản dựa trên đặc điểm: độ dốc của đường đặc tính hệ PV bằng 0 tại điểm MPP, độ dốc này là dương khi ở bên trái điểm MPP, là âm khi ở bên phải điểm MPP (Mei, 2011). Đặc tính P - U giải thích nguyên lý thuật toán như hình 7.

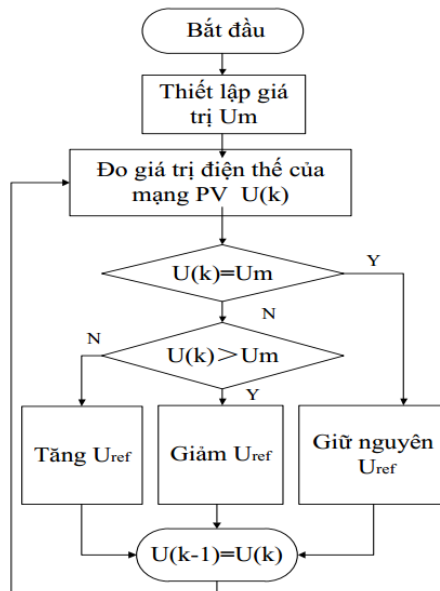
Ta có:

$$\frac{dP}{dU} = \frac{d(UI)}{dU} = I + U \frac{dI}{dU} = 0 \quad (5)$$

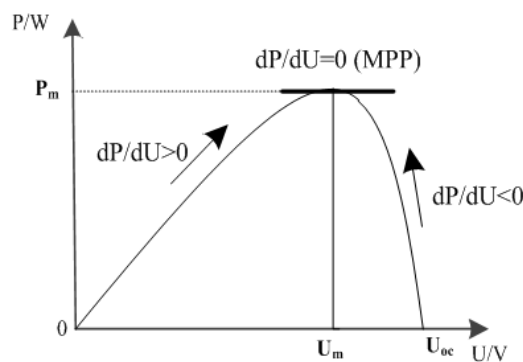
Suy ra:

$$\frac{I}{U} + \frac{dI}{dU} \cong \frac{I}{U} + \frac{\Delta I}{\Delta U} = 0 \quad (6)$$

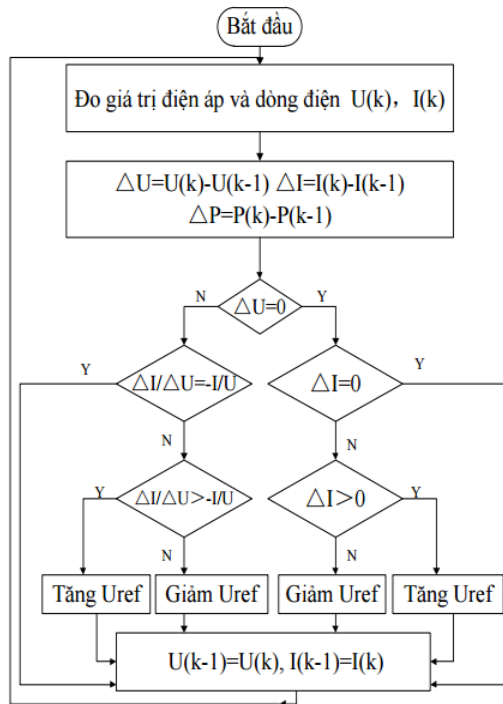
Vậy ta có thể viết lại công thức (6) như sau:



**Hình 6. Lưu đồ thuật toán phương pháp điện áp không đổi CVT**



**Hình 7. Đường đặc tính P-U của hệ PV**



Hình 8. Lưu đồ thuật toán INC

$$\begin{cases} \frac{\Delta I}{\Delta U} = -\frac{I}{U} & ; \text{ tại MPP} \\ \frac{\Delta I}{\Delta U} > -\frac{I}{U} & ; \text{ bên trái MPP} \\ \frac{\Delta I}{\Delta U} < -\frac{I}{U} & ; \text{ bên phải MPP} \end{cases}$$

Lưu đồ thuật toán của phương pháp như hình 8.

Lưu đồ thuật toán hình 8 giải thích sự hoạt động của thuật toán INC điều khiển theo điện áp tham chiếu. Các giá trị dòng điện và điện áp của PV được đo và sau đó sử dụng các giá trị tức thời và giá trị trước đó để tính toán các giá trị gia tăng của  $\Delta I$  và  $\Delta V$ . Bằng cách so sánh giá trị điện dẫn tức thời ( $I/U$ ) với giá trị điện dẫn gia tăng ( $\Delta I/\Delta U$ ), thuật toán này sẽ tìm được điểm làm việc có công suất lớn nhất.

- Nếu điểm hoạt động nằm bên trái điểm MPP thì phải di chuyển nó sang bên phải bằng cách tăng điện áp tham chiếu  $U_{ref}$ .

- Nếu điểm hoạt động nằm bên phải điểm MPP thì chúng ta lại phải di chuyển nó sang bên trái tức là phải giảm điện áp tham chiếu  $U_{ref}$ .

- Khi điều kiện  $\frac{\Delta I}{\Delta U} = -\frac{I}{U}$  được thỏa mãn (chính là điểm MPP) thì thuật toán này sẽ bỏ qua việc điều chỉnh điện áp.

- Nếu điểm hoạt động vẫn ở điểm MPP (điều kiện  $\Delta U = 0$ ) và điều kiện bức xạ không thay đổi ( $\Delta I = 0$ ) thì sẽ không phải điều chỉnh điện áp hoạt động. Nếu như bức xạ tăng ( $\Delta I > 0$ ) thì điện áp MPP giảm nên thuật toán INC phải tăng điện áp hoạt động để theo dõi điểm MPP. Nếu bức xạ giảm ( $\Delta I < 0$ ) dẫn tới điện áp điểm MPP cao hơn, phải giảm điện áp hoạt động để theo dõi điểm MPP. Vào chu kỳ cuối, nó sẽ cập nhật lịch sử bằng cách lưu các giá trị điện áp và dòng điện hiện tại, sẽ sử dụng chúng như là các giá trị trước đó cho chu kỳ tiếp theo.

Ưu điểm chính của phương pháp này là cho kết quả tốt ngay cả khi thời tiết thay đổi nhanh. Phương pháp này cũng cho dao động nhỏ nhất quanh điểm MPP.

Nhược điểm của phương pháp này là mạch điều khiển phức tạp. Nó sử dụng 2 cảm biến để đo giá trị dòng điện và điện áp nên chi phí lắp đặt cao.

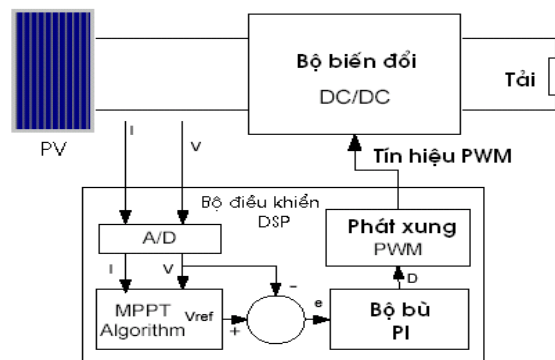
#### 4. CẢI TIẾN THUẬT TOÁN INC

##### 4.1. Phương pháp điều khiển MPPT

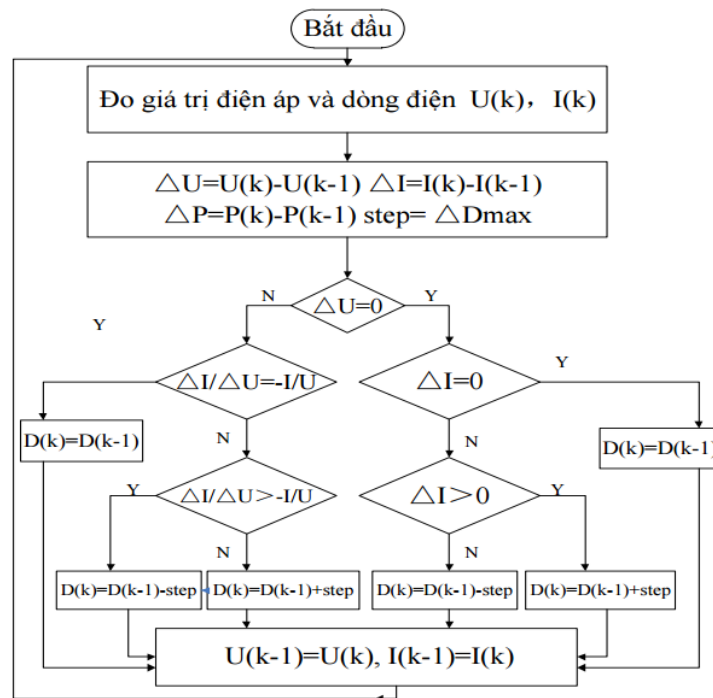
Thuật toán MPPT sẽ ra lệnh cho bộ điều khiển MPPT điều chỉnh điện áp làm việc. Sau đó nhiệm vụ của bộ điều khiển MPPT là điều chỉnh tăng giảm điện áp làm việc và duy trì ổn định mức điện áp làm việc của hệ nguồn pin mặt trời. Để thực hiện việc này, một phương pháp điều khiển phổ biến thường dùng đó là bộ điều khiển PI. Sơ đồ khối như hình 9.

MPPT sẽ đo giá trị điện áp PV và dòng PV, sau đó dựa vào thuật toán MPPT để tính toán

giá trị điện áp quy chiếu  $U_{ref}$  để điều chỉnh điện áp làm việc của PV theo  $U_{ref}$ . Nhiệm vụ của thuật toán MPPT chỉ là định giá trị điện áp  $U_{ref}$  và việc tính toán này sẽ được lặp lại theo chu kỳ (thường khoảng từ 1 đến 10 lần lấy mẫu trên 1 giây). Bộ điều khiển tỉ lệ - tích phân PI quy định điện áp đưa vào bộ biến đổi DC/DC. Bộ PI có nhiệm vụ bù sai lệch giữa  $U_{ref}$  và điện áp đo được bằng cách điều chỉnh hệ số đóng cắt  $D$  của bộ biến đổi công suất DC/DC. Nếu coi  $D$  là một biến điều khiển thì lưu đồ thuật toán INC có thể được viết lại như hình 10.



Hình 9. Sơ đồ khối phương pháp điều khiển MPPT sử dụng bộ bù PI



Hình 10. Lưu đồ thuật toán INC với biến điều khiển  $D$

Khi đưa biến điều khiển  $D$  vào để điều khiển điện áp tham chiếu  $U_{ref}$  thông qua bộ biến đổi DC/DC, một vấn đề nảy sinh đó là kích thước bước (step) của thuật toán ảnh hưởng đến hiệu quả của MPPT. Trong lưu đồ hình 10 thì kích thước bước này được cố định, và được khởi tạo bằng  $\Delta D_{max}$ .

$$\Delta D_{max} = \max\{|D_k - D_{k-1}|, k = \overline{1:n} \quad (7)$$

Sự cố định về kích thước bước ảnh hưởng đến hiệu quả điều khiển MPPT. Nếu kích thước bước lớn thì hệ thống có thể nhanh đạt đến trạng thái MPP, nhưng độ dao động của hệ quanh điểm MPP lại lớn, làm giảm hiệu suất của MPPT. Và ngược lại nếu kích thước bước nhỏ, thì thời gian để hệ PV đạt đến điểm MPP lại lớn. Sự hạn chế này được khắc phục bằng việc cải tiến thuật toán INC với kích thước bước tự điều chỉnh.

#### 4.2. Cải tiến thuật toán INC với kích thước bước tự điều chỉnh

Để khắc phục nhược điểm của thuật toán INC với kích thước bước cố định như đã trình bày ở trên, sau đây bài báo sẽ trình bày một cải tiến của thuật toán INC với kích thước bước tự điều chỉnh. Phương pháp xác định kích thước bước sẽ được trình bày cụ thể như sau:

Từ đường đặc tính  $P - U$  hình 7 có thể thấy lượng thay đổi  $dP/dU$  có liên hệ với kích thước bước của thuật toán INC. Giá trị  $D$  của bộ biến đổi DC/DC của chu kỳ này sẽ được tăng hoặc giảm một lượng  $dP/dU$  của chu kỳ trước đó. Điều này được thể hiện như sau:

$$D(k) = D(k-1) \pm n * \left| \frac{dP}{dU} \right| \quad (8)$$

Trong đó:  $n$  là tham số. Tham số này sẽ quyết định kích thước bước trong thuật toán INC. Ta có thể viết lại (8):

$$D(k) = D(k-1) \pm n * \left| \frac{P(k) - P(k-1)}{U(k) - U(k-1)} \right| \quad (9)$$

Khi hệ thống trong quá trình khởi động, vì điểm làm việc còn xa so với MPP, nên kích thước

bước lúc này cần phải lớn để tăng tốc độ của hệ MPPT. Bởi vậy, tại thời điểm ban đầu, thuật toán có thể sử dụng kích thước bước  $step = \Delta D_{max}$ . Khi hệ thống đã gần đến điểm MPP, kích thước bước phải điều chỉnh nhỏ đi để giảm sự dao động của hệ thống quanh điểm MPP. Và để đảm bảo tính hồi quy của hệ thống, kích thước bước phải được giới hạn như sau:

$$n * \left| \frac{P(k) - P(k-1)}{U(k) - U(k-1)} \right|_{step = \Delta D_{max}} < \Delta D_{max} \quad (10)$$

Trong đó:  $\left| \frac{P(k) - P(k-1)}{U(k) - U(k-1)} \right|_{step = \Delta D_{max}}$  là trị giá

được xác định tại thời điểm khởi động của phương pháp INC với kích thước bước cố định. Từ công thức (10) ta có thể xác định được tham số  $n$  theo công thức sau (Fangrui Liu, 2008):

$$n < \Delta D_{max} : \left| \frac{P(k) - P(k-1)}{U(k) - U(k-1)} \right|_{step = \Delta D_{max}} \quad (11)$$

Xác định được tham số  $n$  chính là bước then chốt trong việc cải tiến phương pháp INC với kích thước bước tự điều chỉnh. Tại thời điểm khởi động, tham số  $n$  càng lớn thì hệ thống càng nhanh đạt đến trạng thái MPP. Khi gần đến điểm MPP, hệ thống sẽ tự điều chỉnh  $n$  để kích thước bước nhỏ đi nhằm giảm độ dao động của hệ thống quanh điểm MPP, qua đó nâng cao chất lượng của hệ MPPT. Đây chính là điểm ưu việt của sự cải tiến trong phương pháp INC với kích thước bước tự điều chỉnh này.

## 5. THIẾT LẬP MÔ HÌNH MÔ PHỎNG VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

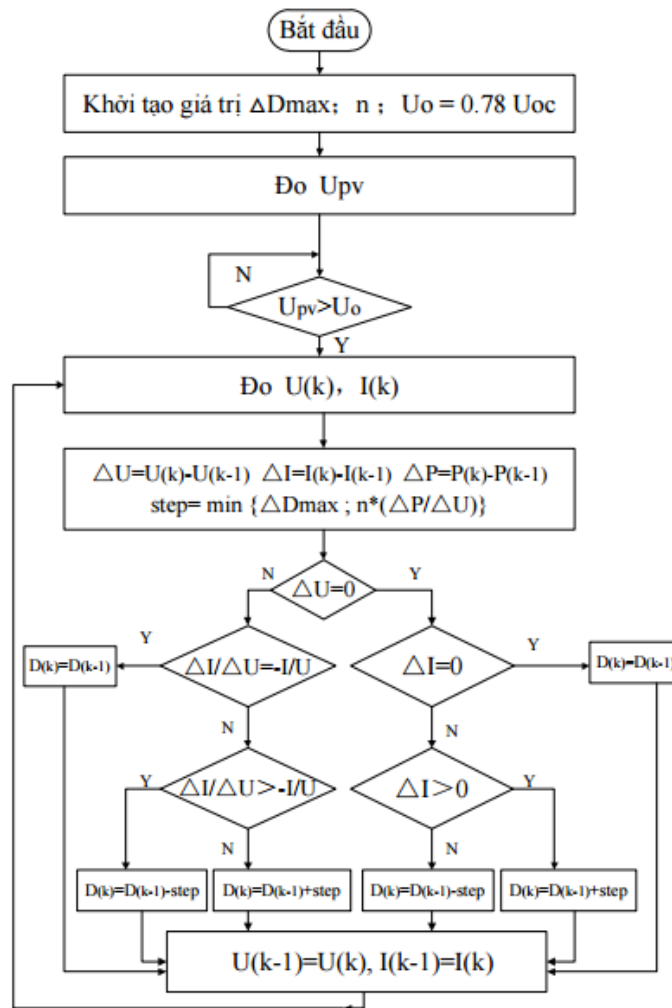
### 5.1. Thiết lập mô phỏng

Để kết hợp được ưu điểm của cả hai phương pháp CVT và INC cải tiến với kích thước bước tự điều chỉnh, thông qua phần mềm MATLAB - SIMULINK, bài báo tiến hành thiết lập mô hình mô phỏng với sơ đồ nguyên lý như hình 9 và lưu đồ thuật toán kết hợp hai phương pháp như hình 11. Mô phỏng sử dụng mạch tăng áp Boost với các thông số như bảng 1.



**Bảng 1. Giá trị thông số mạch tăng áp Boost**

Tham số	Đơn vị	Giá trị
Điện áp vào $U_{in}$	V	220
Điện áp ra $U_{out}$	V	500
Điện áp khởi tạo $U_{oc}$	V	311
Điện dung $C$	$\mu F$	980
Điện cảm $L$	mH	12,8



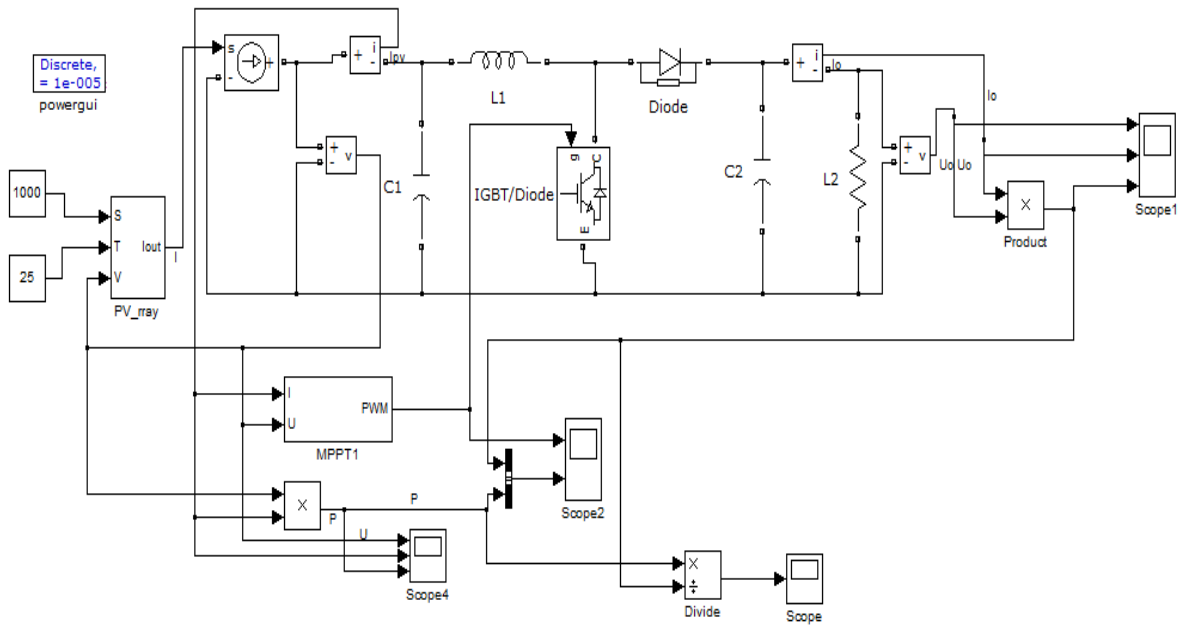
**Hình 11. Lưu đồ thuật toán CVT kết hợp INC cải tiến**

Trong giai đoạn khởi tạo ban đầu, hệ thống sử dụng thuật toán CVT để tăng điện áp đến gần điểm MPP. Sau đó hệ thống sẽ tiếp tục việc điều khiển MPPT với thuật toán INC cải tiến để bám điểm MPP. Kích thước bước sẽ tự điều chỉnh thông qua việc so sánh và lấy giá trị nhỏ hơn giữa giá trị  $\Delta D_{max}$  và tích tham số  $n$  với giá trị  $\Delta P / \Delta U$  của chu kỳ trước.

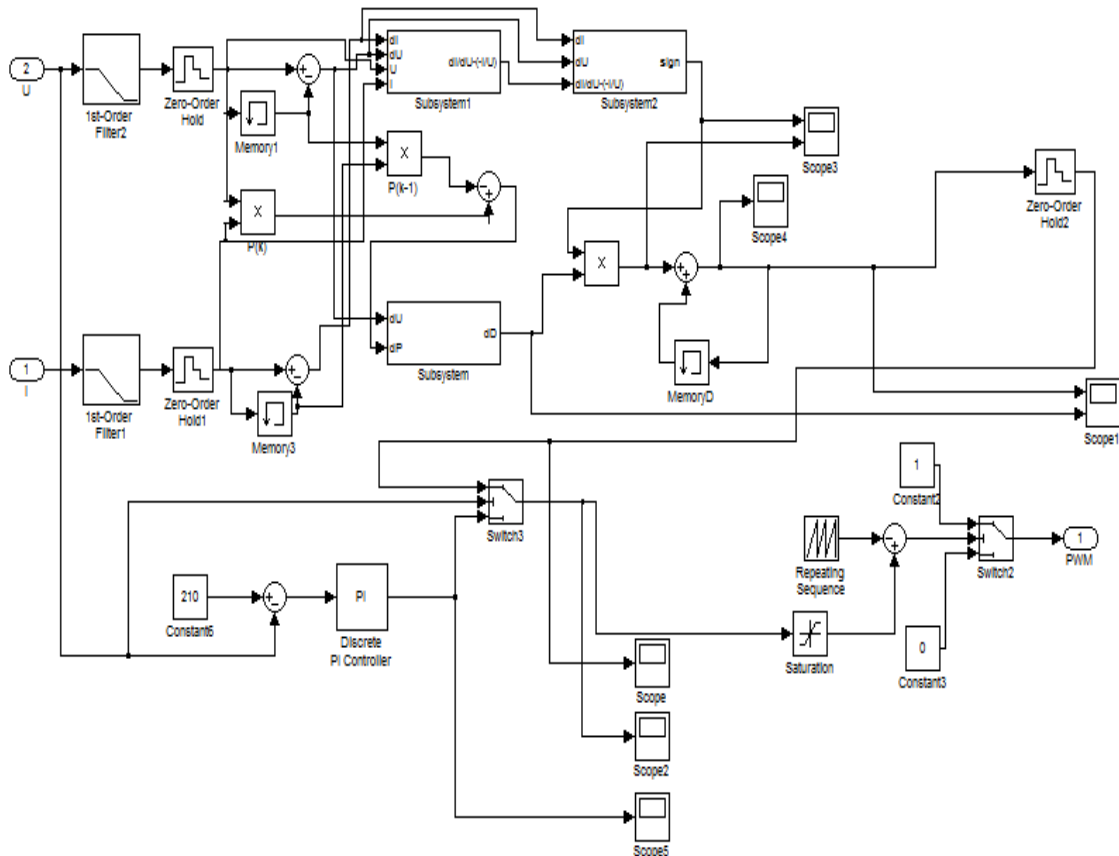
Mô hình mô phỏng hệ thống điều khiển MPPT của hệ PV như hình 12.

**5.2. Kết quả mô phỏng và phân tích**

Kết quả mô phỏng phương pháp INC với step cố định  $\Delta D_{max} = 0.5$  được thể hiện trong hình 13 và kết quả mô phỏng của phương pháp cải tiến INC với step tự điều chỉnh được thể hiện trong hình 14.

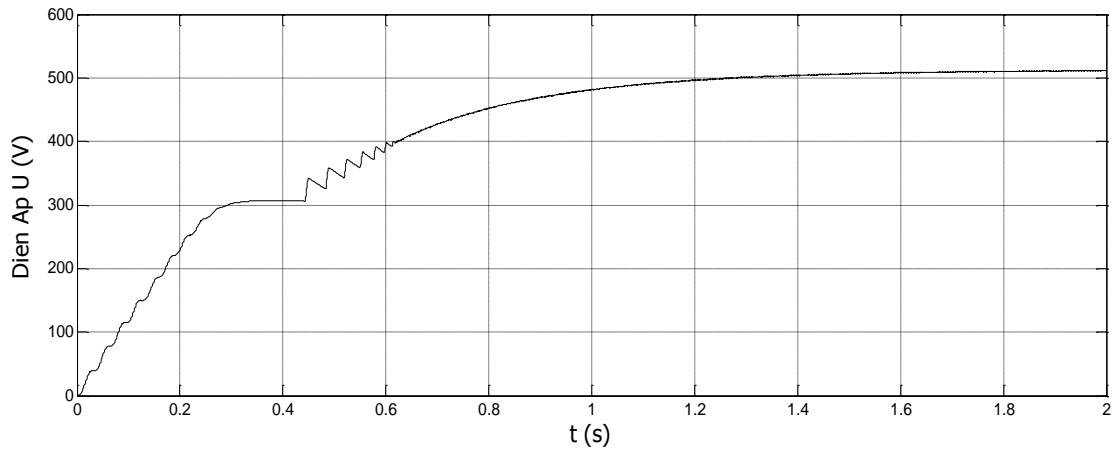


(a) Mô hình mô phỏng toàn hệ PV

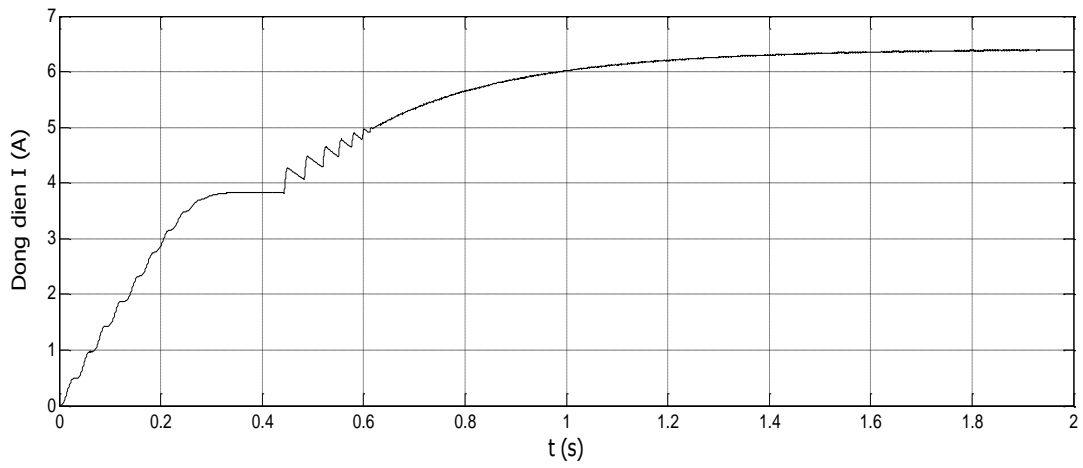


(b) Mô hình mô phỏng chi tiết bộ điều khiển MPPT

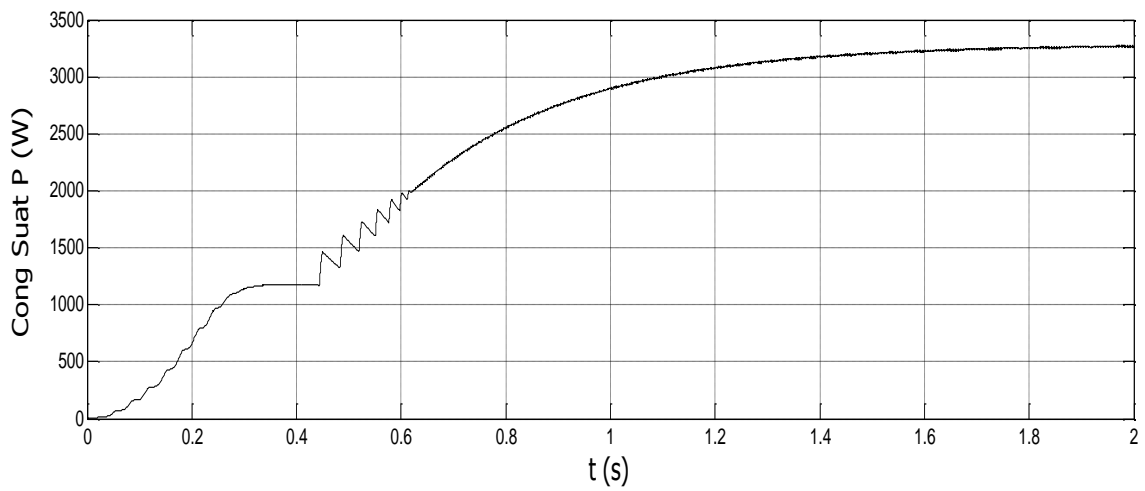
**Hình 12. Mô hình mô phỏng hệ thống điều khiển MPPT của hệ PV trên phần mềm Matlab - Simulink**



(a) Tín hiệu điện áp



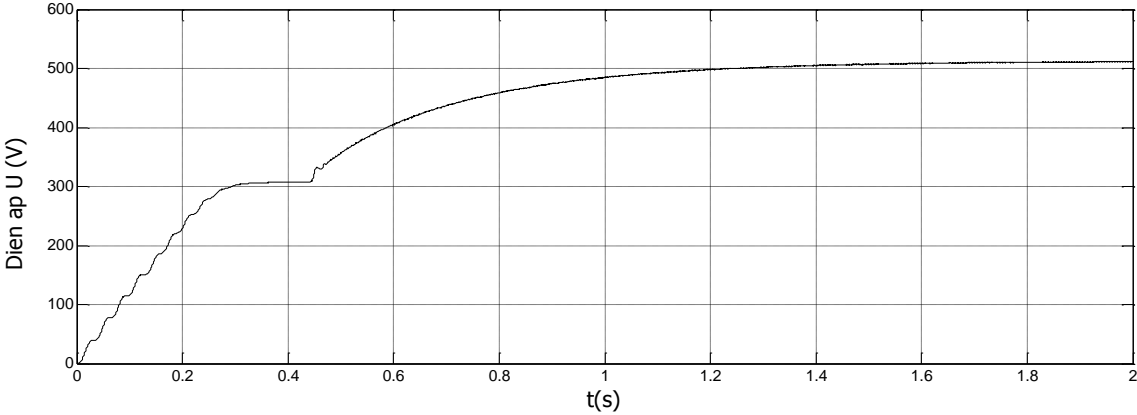
(b) Tín hiệu dòng điện



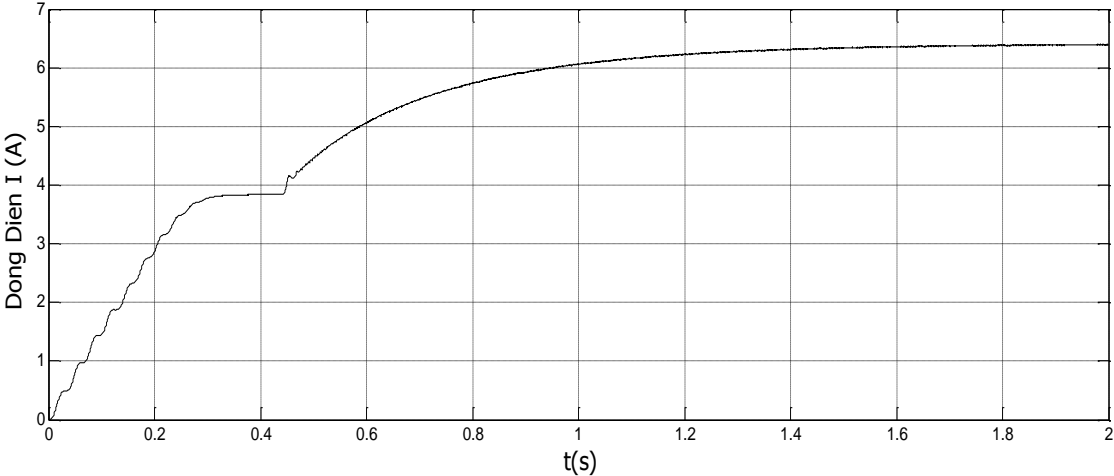
(c) Tín hiệu công suất

**Hình 13. Kết quả mô phỏng trường hợp CVT kết hợp INC step cố định  $\Delta D_{\max} = 0,5$**

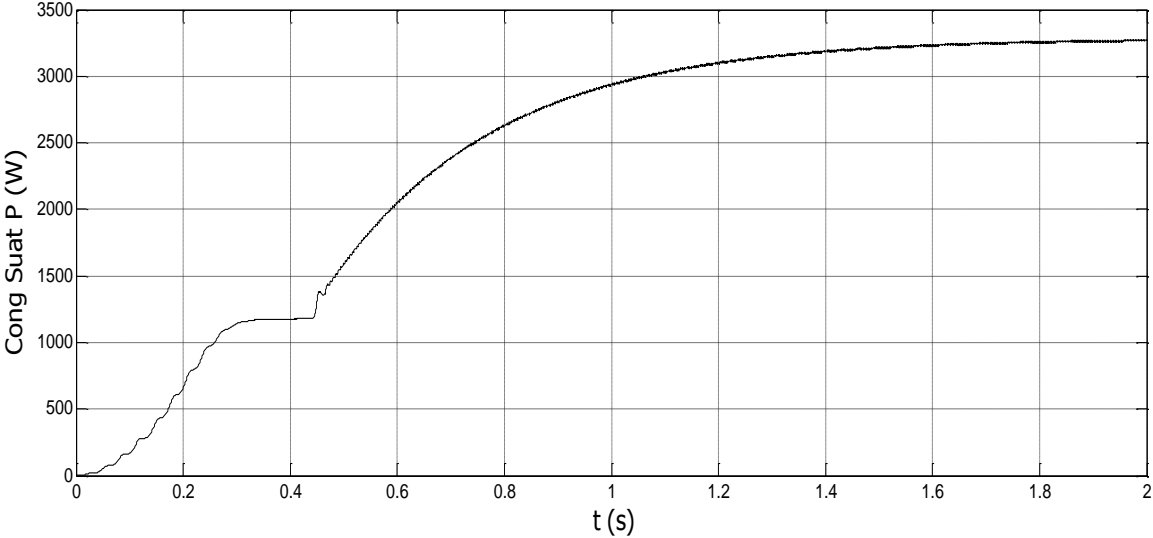
Cải tiến thuật toán INC trong điều khiển bám điểm công suất cực đại hệ thống pin mặt trời cấp điện độc lập



(a) Tín hiệu điện áp



(b) Tín hiệu dòng điện



(c) Tín hiệu công suất

Hình 14. Kết quả mô phỏng trường hợp CVT kết hợp INC step tự điều chỉnh

Từ kết quả mô phỏng ta có thể nhận thấy được:

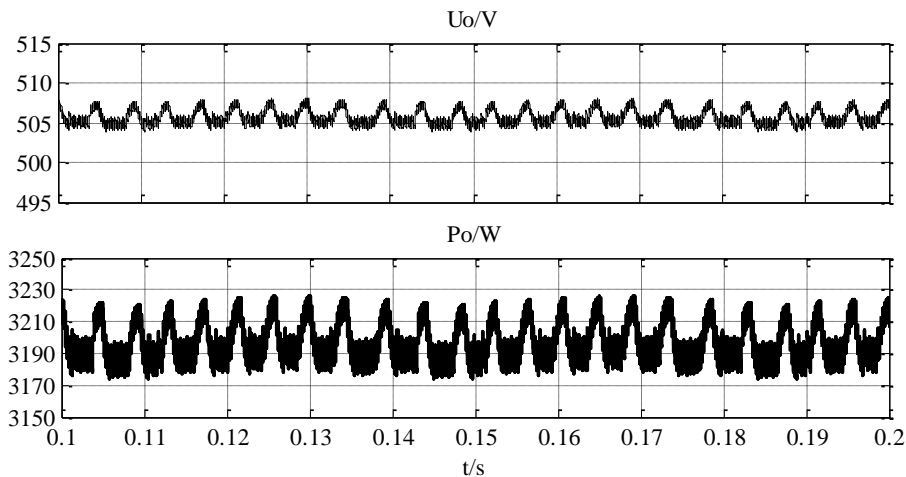
- Trong cả hai trường hợp thí nghiệm mô phỏng, hệ thống đều bắt đầu làm việc với thuật toán CVT cho đến thời điểm  $t = 0,3(s)$  thì hệ thống đạt tới trạng thái ổn định. Tuy nhiên, điểm làm việc chưa phải là điểm MPP bởi vậy hệ thống tiếp tục khởi tạo quá trình dò tìm điểm MPP với thuật toán INC tại thời điểm  $t = 0,5(s)$ .

- Việc kết hợp hai phương pháp CVT và INC trong cả 2 thí nghiệm mô phỏng đều đã thu được hiệu quả tốt trong việc đưa hệ nhanh chóng đạt đến trạng thái MPP.

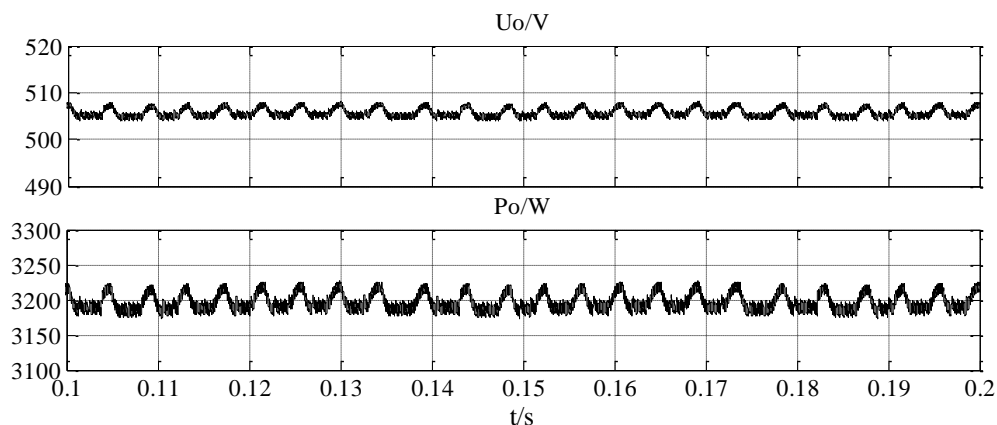
- Đối chiếu kết quả mô phỏng thu được từ hình 13 và hình 14, nhận thấy phương pháp cải tiến thuật toán INC với kích thước bước tự điều

chỉnh có hiệu quả tốt hơn. So sánh tín hiệu công suất thu được từ hình 14 và hình 13 cũng thấy được phương pháp cải tiến INC với kích thước bước tự điều chỉnh giúp hệ PV sớm đạt đến điểm MPP ( $t = 1,8s$ ) hơn so với phương pháp INC với kích thước bước cố định ( $t = 2s$ ).

- Ngoài ra, quan sát tín hiệu điện áp và công suất được phóng to của 2 thí nghiệm mô phỏng trên hình 15 dưới đây ta cũng thấy được độ dao động của hệ thống đối với trường hợp dùng thuật toán INC cải tiến cũng được giảm đi rõ rệt so với khi dùng thuật toán INC với step cố định. Điều này chứng minh được tính ưu việt của phương pháp cải tiến thuật toán INC với kích thước bước tự điều chỉnh so với thuật toán INC với kích thước bước cố định.



(a) Tín hiệu điện áp và công suất đối với trường hợp dùng thuật toán INC có step cố định



(b) Tín hiệu điện áp và công suất đối với trường hợp dùng thuật toán INC có step tự điều chỉnh

**Hình 15. Tín hiệu điện áp và công suất phóng to của 2 trường hợp thí nghiệm mô phỏng**

## 6. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được mô hình mô phỏng của hệ PV, khảo sát được sự ảnh hưởng của cường độ bức xạ mặt trời và nhiệt độ đến công suất phát của hệ PV. Mục tiêu của bài toán điều khiển MPPT đó là khi sử dụng hệ PV, cho dù ở bất kỳ điều kiện thời tiết như thế nào, dòng công suất phát từ hệ PV tới tải luôn là cực đại. Bài báo đã giới thiệu hai thuật toán điều khiển bám điểm công suất cực đại được sử dụng rộng rãi CVT và INC, đi sâu nghiên cứu để cải tiến thuật toán INC và kết hợp hai thuật toán lại tạo thành một phương pháp điều khiển MPPT với chất lượng điều khiển tốt hơn. Thông qua phần mềm Matlab - Simulink thiết lập được hệ mô phỏng. Kết quả mô phỏng chứng minh được tính ưu việt khi sử dụng phương pháp điều khiển dùng cả hai thuật toán CVT kết hợp INC cải tiến có kích thước bước tự điều chỉnh.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

Fangrui Liu, Shanxu Duan, Fei Liu, Bangyin Liu, Yong Kang (2008). A Variable Step-size INC MPPT Method for PV Systems [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 55(7): 2622-2628.

Femia N., G. Petrone, G. Spagnuolo, and M. Vitelli (2005). "Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method" IEEE Trans. Power Electron, 20(4): 963-973.

Nguyen Viet Ngu, Le Thi Minh Tam, Tran Thi Thuong, Nguyen Xuan Truong (2015). Comparison of INC and P&O Algorithms in Maximum Power Point Tracking Control of Independently PV System. J. Sci. & Devel, 13.

Mei Qiang, Mingwei Shan, Liying Liu, J.M. Guerrero (2011). A Novel Improved Variable Stepsize Incremental resistance MPPT Method for PV Systems [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 58(6): 2427-2434.

Schoeman J. J. and J. D. Wyk (1982). A simplified maximal power controller for Terrestrial Photovoltaic panel arrays. in Proc. 13<sup>th</sup> Annu. IEEE Power Electronic Spec. Conf., pp. 361-367.

Tafticht T., K.Agbossou (2008). An improved maximum power point tracking method for photovoltaic systems. [J] Renewable Energy, 33: 1508-151.

Wang Liping, ZHANG Jiancheng (2011). The comparative research and improvement of PV maximum power point tracking control methods [J]. Power System and Clean Energy, 27(2): 52-55.

Wu Libo, ZHAO Zheng ming, LIU Jianzheng (2006). Research on the stability of MPPT strategy applied in single stage grid connected photovoltaic system [J]. Proceedings of the CSEE, 26(6): 73-77.