

## MỤC LỤC

<b>LỜI MỞ ĐẦU</b> .....	1
<b>CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI</b> .....	3
1.1. GIỚI THIỆU CHUNG.....	3
1.2. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI.....	7
1.3. CẤU HÌNH CỦA MỘT HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ ỨNG DỤNG. ....	7
1.3.1. Cấu hình của hệ thống năng lượng mặt trời.....	7
1.3.2. Ứng dụng.....	14
<b>CHƯƠNG 2. HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI BIẾN TẦN NỐI TIẾP</b> .....	18
2.1. SƠ ĐỒ HỆ THỐNG. ....	18
2.1.1. Hình ảnh và cấu trúc của bộ Inverter.....	19
2.1.2. Loại Inverter.....	19
2.1.3. Cấu trúc. ....	20
2.2. HOẠT ĐỘNG CỦA BỘ INVERTER TRONG HỆ THỐNG. ....	22
2.2.1. Mở đầu. ....	22
2.2.2. Bộ nghịch lưu làm việc trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập. ....	22
2.2.3. Hệ thống pin mặt trời nối với lưới điện. ....	29
<b>CHƯƠNG 3. HỆ THỐNG TỐI ƯU HÓA CÔNG SUẤT</b> .....	33
3.1. GIỚI THIỆU CHUNG.....	33

3.2.	CẤU TRÚC NỘI TẦNG BỘ BIẾN ĐỔI PV DC – DC [4].....	35
3.2.1.	Cấu trúc, hoạt động, nguyên lý hoạt động. ....	35
3.2.2.	Đồng bộ hóa MPPT cho tất cả các nguồn điện PV.....	37
3.3.	ĐỀ SUẤT THUẬT TOÁN KIỂM SOÁT CHO TỐI ƯU HÓA NĂNG LƯỢNG CHUNG. ....	41
3.4.	MÔ PHỎNG SỐ. ....	45
3.4.1.	Trường hợp nối tiếp với bộ giám sát.....	45
3.4.2.	So sánh với cấu hình song song.....	48
	<b>KẾT LUẬN</b> .....	53
	<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....	54

## LỜI MỞ ĐẦU

Trong tiến trình phát triển của loài người, việc sử dụng năng lượng đã đánh dấu một cột mốc quan trọng. Từ đó đến nay, loài người sử dụng năng lượng ngày càng nhiều, nhất là trong vài thế kỷ gần đây. Trong cơ cấu năng lượng hiện nay, chiếm phần chủ yếu là năng lượng hóa thạch như: than đá, dầu mỏ, khí tự nhiên. Tiếp theo là năng lượng từ nước (thủy điện), năng lượng hạt nhân, năng lượng sinh khối (bio gas,...), năng lượng gió và năng lượng mặt trời chỉ chiếm một phần rất nhỏ. Xã hội loài người sẽ không phát triển nếu như không có năng lượng.

Ngày nay, năng lượng hóa thạch hay có thể gọi là năng lượng không tái sinh ngày càng cạn kiệt. Như chúng ta đã thấy, giá nhiên liệu đặc biệt là dầu mỏ tăng từng ngày, điều đó gây ảnh hưởng rất lớn tới sự phát triển kinh tế - xã hội và môi trường sống. Tìm kiếm nguồn năng lượng mới, năng lượng thay thế đang là nhu cầu cấp thiết. Nguồn năng lượng thay thế đó phải sạch, thân thiện với môi trường, chi phí thấp, không cạn kiệt hay nói cách khác là có thể tái sinh và dễ sử dụng.

Như chúng ta đã biết, năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng được nhắc tới rất nhiều trong vài thập niên gần đây. Nguồn năng lượng này gần như vô tận, đáp ứng được hầu hết các tiêu chí nói trên. Nhiều công trình nghiên cứu đã được thực hiện, năng lượng mặt trời giờ là năng lượng của hiện tại và tương lai ho sự phát triển của loài người.

Ứng dụng công nghệ năng lượng mặt trời là một bước tiến mới của loài người. Chúng ta có thể ứng dụng công nghệ này cho chính gia đình mỗi chúng ta, ở trường học, bệnh viện..., hay là ứng dụng cho các hệ thống năng lượng mặt trời nổi lưới. Và khi đã ứng dụng và đạt kết quả chúng ta có thể cải tiến nâng cao

hiệu suất và giảm chi phí tùy theo sự năng lượng và tính sáng tạo trong việc sử dụng năng lượng của mỗi chúng ta.

Trên cơ sở đó tôi đã thực hiện nghiên cứu đề tài: “**Tổng quan các bộ biến đổi dùng trong lưới PV. Đi sâu xây dựng bộ biến đổi 12V sang 48V**”. Nội dung như sau:

Chương 1: Giới thiệu chung về hệ thống năng lượng mặt trời

Chương 2: Hệ thống năng lượng mặt trời biến tần nối tiếp

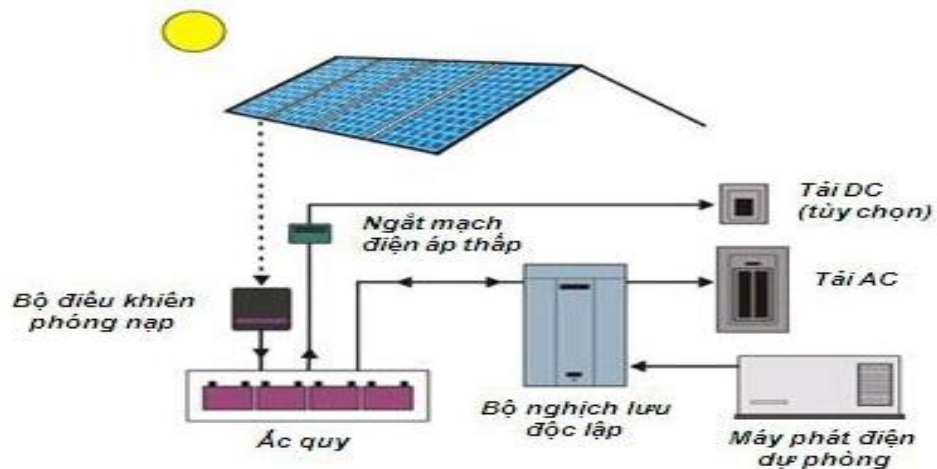
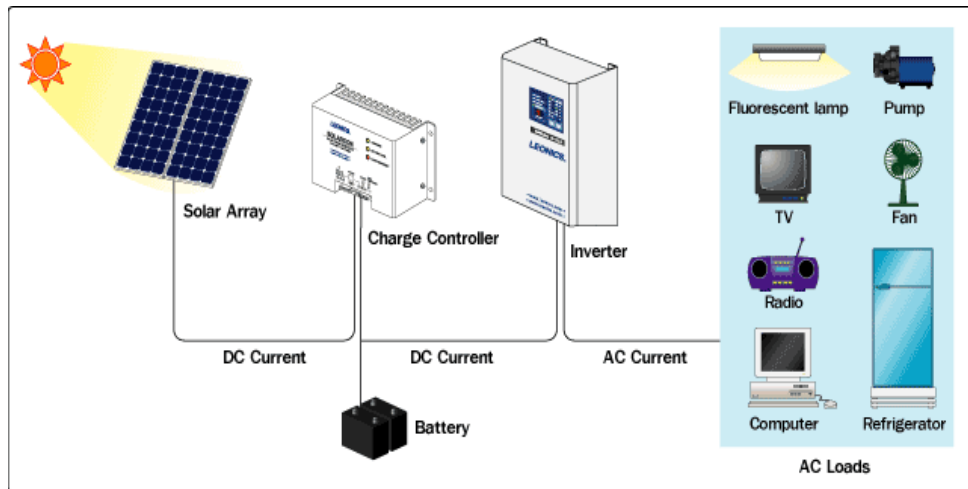
Chương 3: Hệ thống tối ưu hóa công suất

## CHƯƠNG 1.

# GIỚI THIỆU CHUNG VỀ HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

### 1.1. GIỚI THIỆU CHUNG.

Dưới đây là một số sơ đồ tổng quát của hệ thống năng lượng mặt trời sử dụng cho hộ gia đình.



Hình 1.1. Sơ đồ hệ thống năng lượng mặt trời ứng dụng cho hộ gia đình

Trong cuộc sống hàng ngày, chúng ta sử dụng khối lượng năng lượng khổng lồ. Cuộc sống của chúng ta xoay quanh việc tiêu thụ các tài nguyên thiên nhiên và tiêu thụ năng lượng.

Phần lớn trong tỷ lệ tiêu thụ năng lượng được dùng cho sưởi ấm, một phần trong số này có thể cung cấp từ năng lượng mặt trời. Sau đó là phục vụ cho các hoạt động sinh hoạt hàng ngày. Ta có thể sử dụng năng lượng mặt trời để thay thế...

Theo như cơ quan năng lượng quốc tế dự báo về việc khai thác năng lượng thì trữ lượng dầu mỏ đang ngày càng giảm. Không chỉ có dầu mỏ, hiện nay than đá, khí tự nhiên... cũng đang dần cạn kiệt. Tất cả các nguồn tài nguyên đều có giới hạn, không thể khai thác mãi. Để tái tạo lại các nguồn năng lượng đó phải mất hàng triệu năm, trong khi đó nhu cầu sử dụng ngày càng tăng. Do đó việc tìm kiếm các nguồn năng lượng thay thế đang là một yêu cầu cần thiết cho ngành năng lượng. Các nguồn năng lượng mới có thể thay thế cho các nguồn năng lượng cổ điển và có những lợi ích về sinh thái, môi trường. Hiện nay con người đã tìm ra một số nguồn năng lượng thay thế như: năng lượng gió, năng lượng mặt trời, năng lượng sinh học, ...

Tương tự nguồn năng lượng đến từ gió, công nghệ từ ánh sáng (solar technologies) sử dụng nguồn năng lượng mặt trời để biến thành nhiệt năng, điện năng và ngay cả cung cấp năng lượng cho cả hệ thống làm lạnh.

Đối với các quốc gia có bờ biển dài, hay thuộc vùng nhiệt đới như ở Việt Nam thì hệ thống năng lượng này sẽ có tiềm năng lớn để giải quyết nhu cầu thiếu hụt năng lượng cho tương lai.

### **1.1.1. Lợi ích trong việc sử dụng năng lượng mặt trời.**

Cùng với sự thay đổi về khí hậu trên trái đất hiện nay và sự cạn kiệt của các nguồn năng lượng truyền thống thì hệ thống năng lượng mặt trời cho ta các ưu điểm sau:

#### **1.1.1.1. Tiết kiệm.**

- Thời kỳ hoàn vốn cho đầu tư ban đầu này có thể rất ngắn tùy thuộc vào số lượng hộ gia đình sử dụng điện.
- Sau khi đầu tư ban đầu đã được thu hồi, năng lượng từ mặt trời là thiết thực, miễn phí.
- Ưu đãi tài chính có hình thức chính phủ sẽ giảm chi phí ban đầu.
- Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng vô tận, không đòi hỏi nhiên liệu.
- Không bị ảnh hưởng bởi việc cung cấp và nhu cầu nhiên liệu và do đó không phải chịu mức giá ngày càng tăng của xăng dầu.

#### **1.1.1.2. Thân thiện với môi trường.**

- Năng lượng mặt trời sạch, tái tạo và bền vững, góp phần bảo vệ môi trường.
- Không gây ô nhiễm môi trường do không sản sinh ra các chất như: khí carbon dioxit, oxit nitor, khí lưu huỳnh hoặc thủy ngân bay vào khí quyển giống như các hình thức sản xuất điện truyền thống.
- Do đó năng lượng mặt trời không tạo ra hiệu ứng nhà kính, đảm bảo cho môi trường an toàn.
- Không sử dụng nhiên liệu nên năng lượng mặt trời không mất thêm các chi phí cho việc vận chuyển, thu hồi các nhiên liệu hoặc lưu trữ chất thải phóng xạ.

### **1.1.1.3. Độc lập, bán độc lập.**

- Năng lượng mặt trời có thể được sử dụng để bù đắp năng lượng tiêu thụ, cung cấp tiện ích. Nó không chỉ giúp giảm hóa đơn điện hàng tháng, vẫn có thể tiếp tục cung cấp điện trong trường hợp mất điện.

- Một hệ thống năng lượng mặt trời có thể hoạt động hoàn toàn độc lập, không đòi hỏi một kết nối đến một mạng lưới điện hoặc khí.

- Việc sử dụng năng lượng mặt trời làm giảm sự phụ thuộc vào các nguồn năng lượng khác, tập trung năng lượng, ảnh hưởng do thiên tai, các sự kiện quốc tế, do đó góp phần cho một tương lai bền vững.

- Năng lượng mặt trời hỗ trợ việc làm cho địa phương, thúc đẩy kinh tế địa phương.

- Các hệ thống năng lượng mặt trời hầu như bảo dưỡng miễn phí và sẽ kéo dài trong nhiều thập kỷ (tuổi thọ trung bình của pin mặt trời là khoảng 30 năm).

- Sau khi lắp đặt không có chi phí định kỳ.

- Hoạt động êm, không tiếng ồn, không gây ra mùi khó chịu và không cần nhiên liệu.

- Có thể mở rộng hệ thống dễ dàng khi nhu cầu sử dụng tăng.

### **1.1.2. Nhược điểm.**

- Chi phí ban đầu là bất lợi chính của việc lắp đặt một hệ thống năng lượng mặt trời, phần lớn là vì chi phí cao của các vật liệu bán dẫn được sử dụng trong việc chế tạo pin mặt trời.

- Đòi hỏi một diện tích lớn để lắp đặt các tấm pin mặt trời.

- Hiệu quả của hệ thống phụ thuộc vào vị trí của mặt trời, mặc dù vấn đề này có thể được khắc phục bằng việc lắp đặt các phần tử hỗ trợ, tuy nhiên giá thành sẽ tăng.



- Việc sản xuất điện mặt trời bị ảnh hưởng bởi sự ảnh hưởng của các đám mây.
- Năng lượng mặt trời không sản xuất được trong ban đêm.

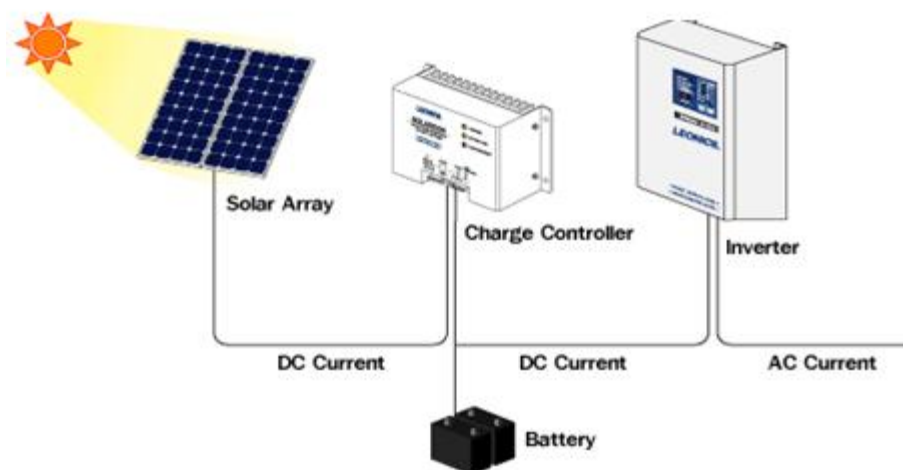
## 1.2. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI.

Từ giàn pin mặt trời, ánh sáng được chuyển đổi thành điện năng, tạo ra dòng điện một chiều (DC). Dòng điện này được dẫn tới bộ điều khiển là một thiết bị điện tử có chức năng điều hòa tự động quá trình phóng nạp ắc-quy ra các thiết bị một chiều. Trường hợp công suất giàn đủ lớn, trong mạch điện sẽ được lắp thêm bộ biến đổi điện để chuyển đổi dòng điện 1 chiều thành dòng xoay chiều, chạy được thêm nhiều thiết bị điện gia dụng.

## 1.3. CẤU HÌNH CỦA MỘT HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ ỨNG DỤNG.

### 1.3.1. Cấu hình của hệ thống năng lượng mặt trời.

Dưới đây là cấu hình cơ bản của một hệ thống năng lượng mặt trời.



Hình 1.1. Cấu trúc hệ thống năng lượng mặt trời

Một hệ thống năng lượng mặt trời bao gồm các thiết bị chính sau:

- Solar cell: pin mặt trời
- Battery: bình sạc
- Charge controller: bộ điều khiển sạc
- Inverter

### 1.3.1.1. Solar cell panel.



*Hình 1.2. Pin mặt trời*

Là các tấm pin mặt trời. Biến đổi quang năng hấp thụ từ mặt trời để biến thành điện năng. Bảng nhật năng được cấu tạo bởi những phân tử, phân tử được gắn nối tiếp hay song song với nhau, với vật liệu bán dẫn. Năng lượng mặt trời được gắn nối tiếp hay song song với nhau với vật liệu bán dẫn. Công suất được phát ra từ bảng nhật năng là sự tổ hợp của mỗi phân tử bán dẫn, cường độ (ampere) và điện thế (voltage) của bảng nhật năng bằng cường độ (ampere) và điện thế (voltage) của mỗi phân tử bán dẫn. Mỗi phân tử bán dẫn cung cấp cường độ từ 2 tới 5 (ampere) và điện thế 0.5 (volts).

Các phân tử bán dẫn trong bảng nhật năng được sắp xếp để cung cấp các điện thế 12, 24, 36 (volts). Công suất đơn vị là watt, công thức của công suất gồm thành phần của điện thế và cường độ.

$$P(\text{watt}) = V(\text{volts}) \cdot I(\text{ampere})$$

Cũng như các thành phần phân tử bán dẫn, bảng nhật năng cũng được cung cấp năng lượng muốn có. Các bảng nhật năng cung cấp năng lượng cần thiết theo nhu cầu tiêu thụ đòi hỏi.

Một số thông tin cơ bản về tấm pin mặt trời:

- + Hiệu suất: Từ 15% - 18%
- + Công suất: 25Wp – 175Wp
- + Số lượng cells trên mỗi tấm pin: 72 cells
- + Kích thước cells: 5 – 6 inches
- + Loại cells: monocrystalline và polycrystalline
- + Tuổi thọ trung bình của tấm pin: 30 năm
- + Có khả năng kết nối thành các trạm điện mặt trời công suất không hạn chế, có thể hòa lưới hoặc hoạt động độc lập.

Trong một ngày nắng, mặt trời cung cấp khoảng 1KW/1m<sup>2</sup> đến mặt đất (khi mặt trời đứng bóng và quang mây, ở mực nước biển). Công suất và điện áp của một hệ thống sẽ phụ thuộc vào cách ghép nối các tấm pin mặt trời lại với nhau. Các tấm pin mặt trời được lắp đặt ở ngoài trời để có thể hứng được ánh nắng tốt nhất từ mặt trời nên được thiết kế với những tính năng và chất liệu đặc biệt, có thể chịu được sự khắc nghiệt của thời tiết, khí hậu, nhiệt độ...

### **1.3.1.2. Bộ điều khiển sạc.**

Dưới đây là một số hình ảnh về bộ điều khiển sạc được thể hiện ở hình 1.3.



Hình 1.3. Bộ điều khiển sạc cho hệ thống năng lượng mặt trời

Là thiết bị thực hiện chức năng điều tiết sạc cho acquy, bảo vệ cho acquy chống nạp quá tải và xả quá sâu nhằm nâng cao tuổi thọ của bình ắc-quy, giúp hệ thống pin mặt trời hoạt động hiệu quả và lâu dài.

Bộ điều khiển còn cho biết tình trạng nạp điện của panel mặt trời vào ắc-quy giúp cho người sử dụng kiểm soát được các phụ tải.

- Bộ điều khiển sạc dùng trong hệ thống năng lượng mặt trời được dùng để điều hành và kiểm soát dòng điện một chiều từ bảng nhật năng mặt trời, cung cấp cho bình tụ điện. Nếu hệ thống năng lượng mặt trời được thiết kế từ bảng năng lượng mặt trời cho đến bình tụ điện không có bộ điều khiển sạc cho dòng điện một chiều (12V DC), bình tụ điện sẽ bị hỏng do quá tải hay điện thế quá thấp.

- Bộ điều khiển sạc hay còn gọi là bộ điều hòa dòng điện một chiều. Nếu bộ điều khiển sạc có cường độ là 20 amps, chỉ được thiết kế cho bảng năng lượng mặt trời cung cấp 20 amps không hơn không kém.

- Nếu cho dòng điện một chiều xuống quá thấp hay lên quá cao, bộ điều khiển sạc sẽ ngưng hoạt động ngay tức khắc để bảo vệ bình tụ điện không bị hư hao.

- Nhiệt độ cũng là một yếu tố cần thiết cho bình tụ điện được hoạt động lâu dài, không thay đổi nhiều ở nhiệt độ  $24^{\circ}\text{C}$  ( $75^{\circ}\text{F}$ ).

Bộ điều khiển sạc còn thực hiện bảo vệ nạp quá điện thế (> 13,8 V) hoặc điện thế thấp (< 10,5 V). Mạch bảo vệ của bộ điều khiển sẽ thực hiện việc ngắt mạch khi bộ điều khiển xác nhận bình ắc-quy đã được nạp đầy hoặc điện áp bình quá thấp.

### **1.3.1.3. Inverter** (được thể hiện ở hình 1.4).

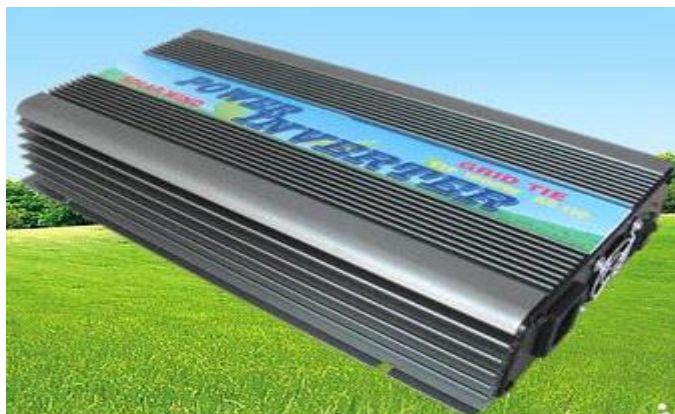
Là một bộ phận chuyển dòng điện một chiều trong bình tụ điện (battery) ra dòng điện xoay chiều (ac) 120V/240V. Phần lớn hệ thống năng lượng mặt trời cung cấp dòng điện một chiều đều chứa trong bình tụ điện (battery). Hầu hết các thiết bị đồ dùng trong nhà như neon, tủ lạnh, máy lạnh, ti vi... đều dùng điện xoay chiều, do đó cần một bộ biến điện để chuyển dòng điện một chiều (12V) trong bình tụ điện ra dòng điện xoay chiều sử dụng theo tiêu chuẩn thông thường (120V, 60Hz hoặc 220V, 50Hz). Thông thường bộ biến điện có công suất đủ cung cấp cho các ứng dụng tiêu dùng và không phí phạm công suất. Bộ phận này là bộ phận có cấu tạo điện tử, nhận dòng điện một chiều (12V DC) trong bình tụ điện (battery) ra dòng điện xoay chiều (120V/240V - AC).

Phần lớn bộ biến điện (Inverter) cung cấp dòng điện xoay chiều 120V AC, nhưng tùy theo vùng điện thế đòi hỏi, bộ biến điện (Inverter) được sắp đặt nối tiếp hay song song để cung cấp dòng điện xoay chiều cho cả 120VAC/ 220VAC. Nếu là dòng điện xoay chiều 120VAC cũng có thể dùng bộ biến đổi (transformer) để cung cấp 220V AC.

Sự thất thoát hiệu năng công suất của năng lượng mặt trời có thể từ 10% - 20% nếu không có kinh nghiệm về thiết kế mạch điện điện tử và nguyên lý hệ thống năng lượng mặt trời.

- Được thiết kế với nhiều cấp công suất từ 0,3KVA-10KVA.

- Inverter có nhiều loại và cách phân biệt chúng bằng dạng sóng của điện áp đầu ra: dạng sóng hình sin, giả sin, sóng vuông, sóng bậc thang...



*Hình 1.4. Inverter cho hệ thống năng lượng mặt trời*

**1.3.1.4. Battery (ắc-quy):** được thể hiện ở hình 1.5.



*Hình 1.5. Battery*

Là thiết bị lưu trữ điện để sử dụng vào ban đêm hay lúc trời ít hoặc không có nắng.

Được dùng để chứa điện năng một chiều thông thường là 12V DC. Bình tụ điện được thiết kế nhận điện năng và cung cấp điện năng nhiều lần trong hệ thống năng lượng mặt trời. Bình tụ điện có đơn vị là cường độ giờ (Amp hour

hay ah), thường là 20 giờ hay 100 giờ. Cường độ giờ (ah) của bình tụ điện được cung cấp bởi bình tụ điện trong một thời gian hạn định. Ví dụ, cường độ 350 (ah) của bình tụ điện cung cấp liên tục cường độ 17.5 ah trong 20 giờ hay cung cấp liên tục cường độ 35 ah trong 10 giờ. Theo công thức  $P=V.I$ , với bình tụ điện điện thế 6V, cường độ 360 ah, sẽ cho công suất là  $6.360=2160$  Watts hay 2.16 KWh. Cũng như bảng nhật năng bình tụ điện được ghép nối tiếp hay song song để cung cấp nhu cầu điện thế đòi hỏi. Bình tụ điện phải có đủ cường độ để cung cấp hiệu quả điện thế trong thời gian không có nắng cho hệ thống năng lượng mặt trời hay cho những ngày nhiều mây. Bình tụ điện là vật liệu dễ tiêu hao nên được chế tạo sử dụng lâu dài cho hệ thống năng lượng mặt trời và không cần bảo trì.

Ắc-quy có nhiều loại, kích thước và dung lượng khác nhau, tùy thuộc vào công suất và đặc điểm của hệ thống pin panel mặt trời. Hệ thống có công suất càng lớn thì cần sử dụng ắc-quy có dung lượng lớn hoặc dùng nhiều bình ắc-quy kết nối lại với nhau.

#### **1.3.1.5. Khung giá và dây cáp**

Để đảm bảo cho hệ thống pin panel mặt trời đặt đúng vị trí tốt nhất (nắng nhiều nhất và lâu nhất) và hiệu suất sử dụng hệ thống luôn được ổn định lâu dài, chúng ta cần đến bộ khung giá và dây cáp chuyên dụng.

Để tối đa hóa hiệu suất của hệ thống, các tấm pin panel mặt trời cần được lắp đặt theo một góc nghiêng và một hướng nhất định (tùy thuộc từng vị trí lắp đặt cụ thể).

Lưu ý rằng khi lắp đặt tránh những vùng có khả năng bị che, khuất nắng, nên lựa chọn những vị trí có thể hứng được nắng tốt nhất cho cả ngày.

Các phụ kiện kèm theo: ống, công tắc, bảng điện, Vaseline, domino, ổ cắm...để lắp hoàn chỉnh hệ thống điện mặt trời.

### **1.3.2. Ứng dụng**

Hệ thống năng lượng mặt trời ngày càng được ứng dụng rộng rãi. Ứng dụng trong các hộ gia đình hay các khu chung cư... Ngoài ra hệ thống năng lượng mặt trời còn được áp dụng cho các nhà máy điện năng lượng mặt trời.

Pin mặt trời là phương pháp sản xuất điện trực tiếp từ năng lượng mặt trời qua thiết bị biến đổi quang điện. Pin mặt trời có ưu điểm là gọn nhẹ, có thể lắp đặt ở bất kỳ đâu có ánh sáng mặt trời, đặc biệt là trong lĩnh vực tàu vũ trụ. Ứng dụng năng lượng mặt trời ở dạng này được phát triển rất nhanh, nhất là ở các nước phát triển. Ngày nay ứng dụng năng lượng mặt trời để chạy xe thay thế dần năng lượng truyền thống. Tuy nhiên giá thành thiết bị pin mặt trời còn khá cao, trung bình hiện nay khoảng 5-10 USD/Wp, nên ở những nước đang phát triển pin mặt trời chỉ có khả năng duy nhất là cung cấp năng lượng điện sử dụng cho các vùng sâu vùng xa, nơi đường điện quốc gia chưa có.

Ở Việt Nam, với sự hỗ trợ của nhà nước (các bộ , ngành) và các tổ chức quốc tế đã thực hiện thành công việc xây dựng các trạm pin mặt trời có công suất khác nhau phục vụ nhu cầu sinh hoạt và văn hóa của các địa phương vùng sâu, vùng xa, các công trình nằm trong khu vực không có lưới điện. Tuy nhiên, hiện nay pin mặt trời vẫn là món hàng xa xỉ đối với các nước nghèo như chúng ta.

Đi đầu trong việc phát triển ứng dụng này là ngành Bưu chính Viễn thông. Các trạm pin mặt trời phát điện làm nguồn cấp điện cho các thiết bị thu phát sóng của các bưu điện lớn, trạm thu phát truyền thông qua vệ tinh. Ở ngành bảo đảm hàng hải, các trạm pin mặt trời sử dụng làm nguồn cấp điện cho các thiết bị chiếu sáng, cột hải đăng, đèn báo sóng. Trong ngành công nghiệp, các trạm pin



mặt trời phát điện làm nguồn cấp điện dự phòng cho các thiết bị điều khiển trạm biến áp 500KV, thiết bị máy tính và sử dụng làm nguồn cấp điện nối với điện quốc gia. Trong sinh hoạt của các hộ gia đình vùng sâu, vùng xa, các trạm pin mặt trời phát điện sử dụng để thắp sáng, nghe đài, xem vô tuyến. Trong ngành giao thông đường bộ, các trạm pin mặt trời dần được sử dụng làm nguồn cấp điện cho các cột đèn chiếu sáng.

#### Các công trình ứng dụng

Khu vực phía Nam ứng dụng các dàn pin mặt trời phục vụ thắp sáng và sinh hoạt văn hóa tại một số vùng nông thôn xa lưới điện. Các trạm pin mặt trời có công suất từ 500 – 1000 Wp được lắp đặt ở trung tâm xã, nạp điện vào ắc-quy cho các hộ gia đình sử dụng. Các dàn pin mặt trời có công suất từ 250 – 500 Wp phục vụ thắp sáng cho các bệnh viện, trạm xá và các cụm văn hóa xã. Đến nay đã có khoảng 800 – 1000 dàn pin mặt trời đã được lắp đặt và sử dụng cho các hộ gia đình, công suất mỗi dàn từ 22,5 – 70 Wp. Khu vực miền trung có bức xạ mặt trời khá tốt, có số giờ nắng cao, rất thích hợp cho việc ứng dụng pin mặt trời. Hiện tại ở miền Trung có hai dự án lai ghép với pin mặt trời có công suất lớn nhất Việt Nam đó là:

- Dự án phát điện ghép giữa pin mặt trời và thủy điện nhỏ, công suất 125 KW được lắp đặt tại xã Trang, huyện Yang Mang, tỉnh Gia Lai, trong đó công suất hệ thống pin mặt trời là 100KWp (kilowatt peak) và của thủy điện là 25 KW. Dự án được đưa vào vận hành từ cuối năm 1999, cung cấp điện cho 5 làng. Hệ thống điện do điện lực Yang Mang quản lý và vận hành.

- Dự án phát điện lai ghép giữa pin mặt trời và động cơ gió phát điện với công suất là 9 KW, trong đó pin mặt trời là 7 KW. Dự án trên được lắp đặt tại làng Kongu 2, huyện Đak Hà, tỉnh Kon Tum, do Viện Năng lượng thực hiện.

Công trình đã được đưa vào sử dụng từ tháng 11/2000, cung cấp điện cho một bản dân tộc người thiểu số với 42 hộ gia đình. Hệ thống điện do sở Công thương tỉnh quản lý và vận hành.

- Các dàn pin mặt trời đã lắp đặt ứng dụng tại các tỉnh Gia Lai, Quảng Nam, Bình Định, Quảng Ngãi và Khánh Hòa, hộ gia đình có công suất từ 40 – 50 Wp. Các dàn đã lắp đặt ứng dụng cho các trung tâm cụm xã và các trạm y tế xã có công suất từ 200 – 800 Wp. Hệ thống điện sử dụng chủ yếu để thắp sáng và truyền thông; đối tượng phục vụ là người dân, do dân quản lý và vận hành.

- Khu vực phía Bắc, việc ứng dụng các dàn pin mặt trời phát triển với tốc độ khá nhanh, phục vụ các hộ gia đình ở các vùng núi cao, hải đảo và cho các trạm biên phòng. Công suất của dàn pin dùng cho các hộ gia đình từ 40 – 75 Wp. Các dàn pin dùng cho các trạm biên phòng, hải đảo có công suất từ 165 – 300 Wp. Các dàn dùng cho các trạm xá và các cụm văn hóa nông thôn, xã từ 165 – 525 Wp.

- Tại Quảng Ninh có hai dự án pin mặt trời do vốn trong nước tài trợ:

+ Dự án pin mặt trời cho các đảo vùng Đông Bắc. Tổng công suất lắp đặt khoảng 20 KWp. Dự án trên do viện năng lượng và trung tâm năng lượng mới trường đại học Bách khoa Hà Nội thực hiện. Hệ thống điện sử dụng chủ yếu là để thắp sáng và truyền thông, đối tượng phục vụ là bộ đội, do đơn vị quản lý và vận hành.

+ Dự án pin mặt trời do cơ quan hành chính và một số hộ dân của huyện đảo Cô Tô. Tổng công suất lắp đặt là 15 kWp. Dự án trên do viện Năng lượng thực hiện. Công trình đã vận hành từ tháng 12/ 2001.

- Công ty BP solar của Úc đã tài trợ một dự án pin mặt trời có công suất là 6120 Wp phục vụ cho trạm xá, trụ sở xã, trường học và khoảng 10 hộ gia đình. Dự án trên được lắp đặt tại xã Sĩ Hai, huyện Hà Quảng, tỉnh Cao Bằng.

- Dự án “Ứng dụng thí điểm điện mặt trời cho vùng sâu, vùng xa” tại xã Ái Quốc tỉnh Lạng Sơn đã hoàn thành vào tháng 11/ 2002. Tổng công suất dự án là 3000 Wp, cung cấp điện cho trung tâm xã và trạm truyền hình, chủ yếu để thắp sáng và truyền thông; đối tượng phục vụ là người dân, do dân quản lý và vận hành.

- Trung tâm hội nghị quốc gia sử dụng điện mặt trời: tổng công suất pin mặt trời 154 KWp là công trình điện mặt trời lớn nhất Việt Nam. Hệ thống pin mặt trời hòa mạng điện chung của trung tâm hội nghị quốc gia.

- Trạm pin mặt trời nổi lưới Viện Năng lượng công suất 1080 Wp bao gồm 8 môđun.

- Trạm pin mặt trời nổi lưới lắp đặt trên mái nhà làm việc của bộ công thương, 54 Hai Bà Trưng, quận Hoàn Kiếm, Hà Nội, công suất lắp đặt 2700 Wp.

- Lắp đèn trên đường phố Đà Nẵng sử dụng nguồn năng lượng mặt trời. Hệ thống thu góp điện năng được dán thẳng trên thân trụ đèn. Bên trong thân trụ có tấm bình ắc-quy dùng để trữ năng lượng.

- Hai cột đèn năng lượng mặt trời kết hợp năng lượng gió đầu tiên được lắp đặt tại Ban quản lý Công nghệ cao Hòa Lạc. Hai cột đèn trị giá 8000 USD, do công ty cổ phần tập đoàn quốc tế Kim Đỉnh lắp đặt. Hiện tại, hai cột đèn này có thể sử dụng trong 10 giờ mỗi ngày, có thể thắp sáng bốn ngày liền nếu không có nắng và gió.

### **Tóm lại:**

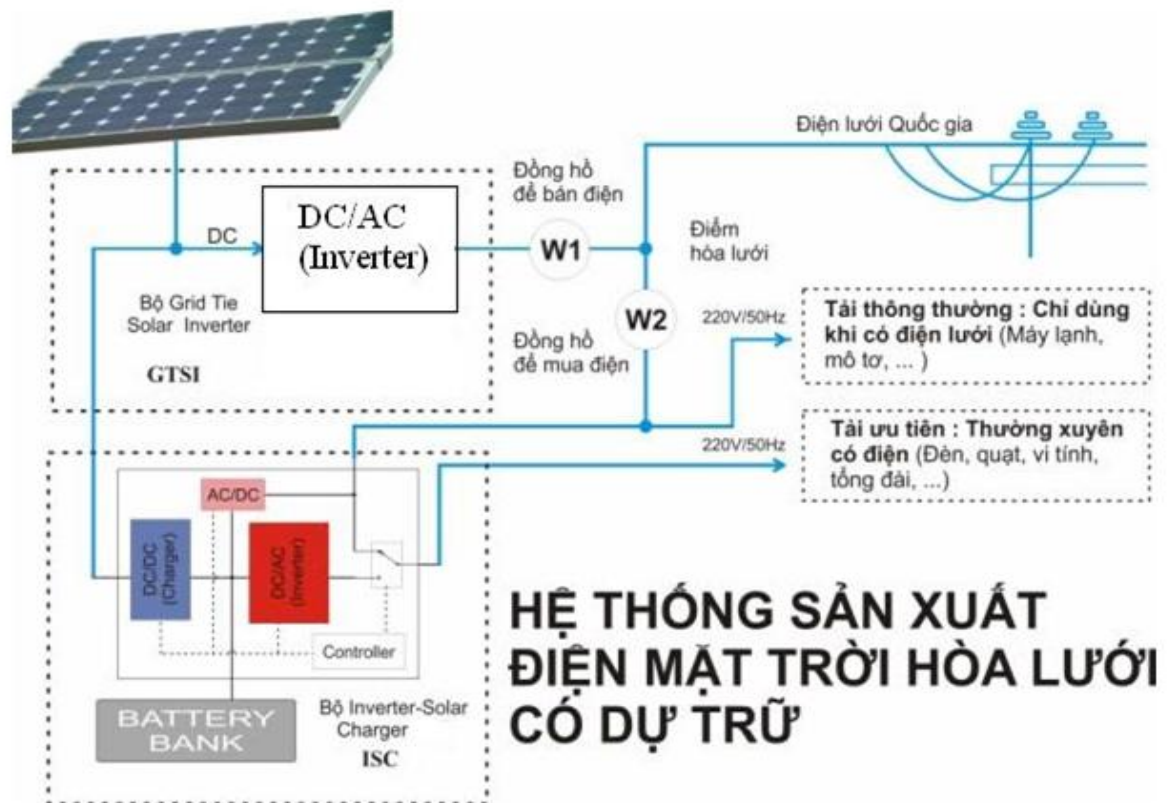
Tổng công suất lắp đặt: khoảng 1,45 MWp. Số địa phương lắp đặt: trên 40 tỉnh và thành phố; Bộ Bưu chính Viễn thông, Bộ Quốc Phòng, Bộ Giao thông... Mục đích sử dụng: sinh hoạt, thông tin liên lạc, tín hiệu giao thông,... Kinh phí viện trợ không hoàn lại, thông qua các dự án hợp tác quốc tế: 30% - 35%. Kinh phí các doanh nghiệp: 40% - 45%. Chính phủ (trung ương, địa phương): 20% - 30%.

## CHƯƠNG 2.

# HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI BIẾN TẦN NỐI TIẾP

### 2.1. SƠ ĐỒ HỆ THỐNG.

Dưới đây là sơ đồ giới thiệu về một hệ thống năng lượng mặt trời hòa lưới điện có dự trữ.

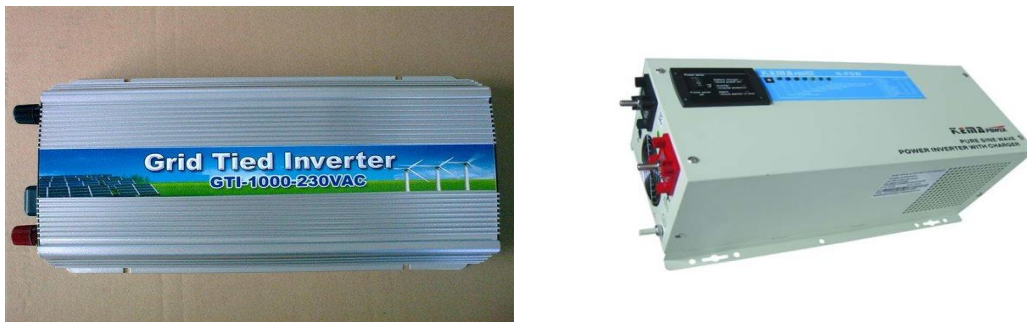


Hình 2.1: Hệ thống sản xuất điện năng lượng mặt trời hòa lưới có dự trữ sử dụng bộ Inverter

Trong sơ đồ này ta thấy các bộ phận cơ bản của một lưới điện mặt trời bao gồm:

- Solar cell
- DC/AC Inverter
- Battery bank: gồm có ắc-quy và bộ điều khiển sạc
- Các đồng hồ đo...

### 2.1.1. Hình ảnh và cấu trúc của bộ Inverter



Hình 2.2: Hình ảnh Inverter

### 2.1.2. Loại Inverter

- Model: LIS – 15S
  - + Power: 1500VA (1000W)
  - + Input DC: 12V DC (10 – 16V DC)
  - + Input AC: 220V AC/ 50 Hz (pure sine wave)
  - + Battery charger max: 50A
- Model: LIS – 25S
  - + Power: 2500VA (1800W)
  - + Input DC: 24V DC (21 – 30.5V DC)
  - + Output AC: 220V AC (175 – 175V AC)
  - + Input AC: 220V AC/ 50 Hz (pure sine wave)
  - + Battery charger max: 50A (5 steps selectable)
  - + Solar charger max: 50A

- Model: LIS – 35S
  - + Power: 3500VA (2500W)
  - + Input DC: 24V DC (21 – 30.5V DC)
  - + Input AC: 220V AC (175 – 275V AC)
  - + Output AC: 220V AC/ 50 Hz (pure sine wave)
  - + Battery charger max: 50A (5 steps selectable)
  - + Solar charger max: 50A
- Model: LIS – 50S
  - + Power: 5000VA (4000W)
  - + Input DC: 48V DC (41 –62V DC)
  - + Input AC: 220V AC (175 – 275V AC)
  - + Output AC: 220V AC/ 50 Hz (pure sine wave)
  - + Battery charger max: 50A (5 steps selectable)
  - + Solar charger max: 50A

### 2.1.3. Cấu trúc.

Sau đây là một số hình ảnh về bộ inverter hoạt động trong hệ thống năng lượng mặt trời.



Hình 2.3: Cấu trúc bộ Inverter

1.Solar Panel (+)	6. AC Input-Ground (E)	11. Dry Contact-C (Common) to Star Generator
2.Solar Panel (-)	7. AC Output-Line(L)	
3.Battery (-)	8. AC Ouput-Neutral (N)	12. Dry Contact-NC (Nomal Close) to Star Generator
4. AC Input-Line(L)	9. AC Ouput-Ground (E)	
5. AC Input-Neutral (N)	10. Dry Contact-NO (Nomal Open) to Star Generator	13. Ground Fault Indication

Trong đó:

- + Solar panel (+): điều khiển năng lượng mặt trời cực dương.
- + Solar panel (-): điều khiển năng lượng mặt trời cực âm.
- + Battery (-): cực âm pin.
- + AC Input -line (L): AC đầu vào dây pha.
- + AC Input- Neutral (N): AC đầu vào dây trung tính.
- + AC Output -Ground (E): AC đầu vào dây nối đất.
- + Dry Contact- NO (Nomal Open) to Star Generrator.
- + Dry Contact-C (Common) to star generator.
- + Dry contact (Nomal Close) to Star Generator.
- + Ground Fault Indication: chỉ số nối đất.

## **2.2. HOẠT ĐỘNG CỦA BỘ INVERTER TRONG HỆ THỐNG.**

### **2.2.1. Mở đầu.**

Bộ nghịch lưu biến đổi công suất một chiều thành xoay chiều. Nhiều bộ biến đổi cho phép vận hành hai chiều, nghĩa là cả chỉnh lưu và nghịch lưu. Nói chung các bộ biến đổi có điện áp 12, 24, 48, 120 hay 240V DC, 220V hoặc 110V AC.

Do điện mặt trời có giá trị thấp và tuy là điện một chiều nhưng giá trị lại thay đổi theo điều kiện bức xạ của mặt trời do đó để có thể nạp vào ắc-quy hoặc biến đổi xoay chiều người ta phải sử dụng bộ tăng áp DC/DC. Tín hiệu vào của bộ biến đổi này khoảng 12V và tín hiệu ra khoảng 145V. Đó là giai đoạn 1: là giai đoạn chuyển đổi từ một chiều sang một chiều.

Sang giai đoạn thứ hai là giai đoạn biến tần thực tế. Nó chuyển đổi điện áp DC cao sang điện áp xoay chiều AC (110V – 225V AC, tần số 60Hz hay 50Hz AC).

### **2.2.2. Bộ nghịch lưu làm việc trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập.**

Các bộ nghịch lưu lý tưởng cho hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập cần có:

- Điện áp ra hình sin
- Điện áp và tần số nằm trong giới hạn cho phép
- Có khả năng hoạt động khi điện áp vào biến thiên rộng
- Có khả năng điều chỉnh điện áp ra
- Sóng hài nhỏ
- Hiệu suất cao ở các tải nhỏ
- Có khả năng chịu quá tải ngắn hạn
- Bảo vệ quá điện áp, điện áp thấp, bảo vệ tần số, ngắn mạch

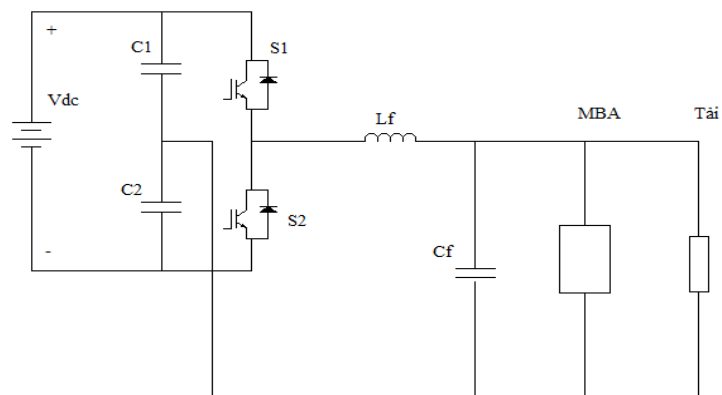


- Có khả năng chịu xung
- Tổn hao có tải và không tải thấp
- Điện áp ngắt nguồn ắc-quy thấp
- Nhiễu âm và nhiễu radio thấp

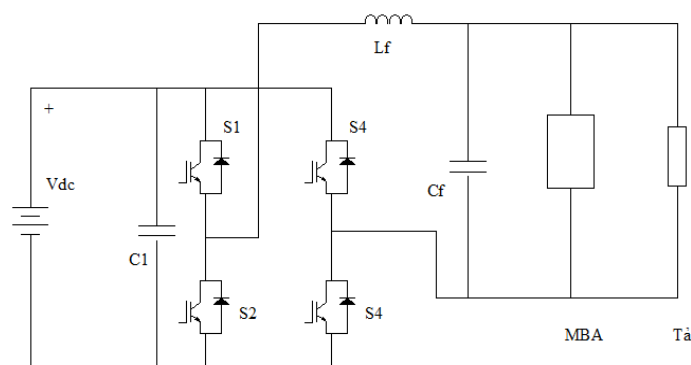
Thường bộ nghịch lưu nguồn áp dạng một pha hoặc ba pha với kỹ thuật điều biến sóng chữ nhật, gàn chữ nhật hoặc PWM.

Nếu dụng cụ gia dụng đòi hỏi sóng hình sin, do vậy kỹ thuật điều biến PWM được sử dụng rộng rãi.

Hình 2.4 trình bày sơ đồ các bộ nghịch lưu một pha, trong đó ở hình 2.4a là sơ đồ bán cầu và ở hình 2.4b là sơ đồ cầu.

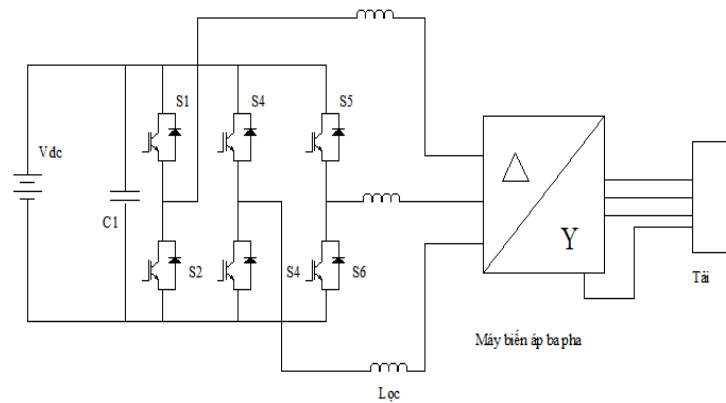


Hình 2.4a. Sơ đồ bán cầu



Hình 2.4b. Sơ đồ cầu

Sơ đồ cầu nghịch lưu ba pha được trình bày trên hình 2.5 đầu ra nối với máy biến áp tam giác-sao không.

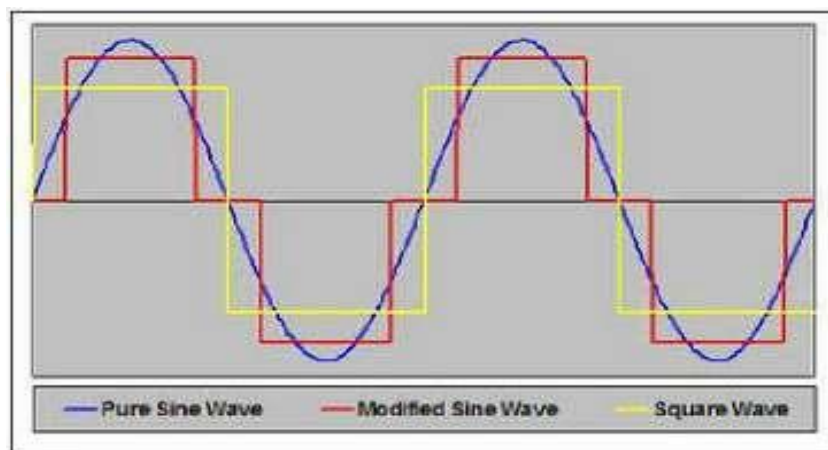


Hình 2.5. Sơ đồ cầu nghịch lưu ba pha

❖ Dạng sóng đầu ra:

Phần lớn các loại Inverter này đều có kích thước và trọng lượng nhỏ hơn so với loại Inverter còn lại nếu có cùng công suất do không sử dụng biến áp sắt từ có kích thước lớn, một phần còn lại của các loại Inverter biến đổi hai bước có thể có trọng lượng lớn bởi chúng sử dụng biến áp sắt từ thông thường dành cho việc nạp ắc-quy.

Hình 2.10 cho ta các dạng sóng đầu ra cơ bản của bộ Inverter



Hình 2.6: Dạng sóng đầu ra

Trên hình, có ba dạng sóng cơ bản ta thường thấy trong các bộ Inverter:

- + Đường số 1 là sóng hình sin (hay thường gọi là sóng sin chuẩn).
- + Đường số 2 là dạng sóng xung vuông.
- + Đường số 3 là đường mô tả theo sóng sin.

Về biên độ sóng, mức điện áp của sóng sin ở lưới điện 220V dân dụng tại đỉnh trên là 330V, còn dạng mô phỏng sin (modified sine wave) và loại xung vuông (square wave) thì có mức điện áp thấp hơn.

Chính vì các mức điện áp đỉnh này nên việc đo điện áp đầu ra của các loại Inverter bằng đồng hồ hiển thị số loại bình thường sẽ không chính xác bởi chúng thường đo theo mức điện áp đỉnh rồi chia cho căn 2, muốn đi chuẩn thì nên dùng một số loại đồng hồ kim hay đồng hồ có chức năng đo RMS. Lưu ý thêm về điều này là nếu ta dùng bộ Inverter dạng mô phỏng hoặc dạng xung vuông với một bộ ổn áp như kiểu Lioa thì sẽ cho ra các mức điện áp cao với mức năng lượng lớn và chắc chắn sẽ gây cháy các thiết bị điện trong gia đình bạn.

Theo cách thức hoạt động của các loại Inverter mà chúng có các dạng sóng đầu ra khác nhau. Ta sẽ xem với các loại nguyên lý nào thì sẽ cho ra dạng sóng gì sau đây.

❖ Loại thứ nhất:

Có nguyên lý giống như đã mô tả như trên đầu ta đã trình bày – nhưng có một mạch tạo ra mẫu sóng sin rồi sau đó khuếch đại chúng lên bằng các transistor công suất và biến áp. Về nguyên lý, thì cách này có thể thực hiện được, nhưng trên thực tế người ta không hoặc hiếm khi áp dụng chúng vì chúng gây tổn hao nhiều công suất cho hình sin ấy – dẫn đến bộ kích có hiệu suất rất là thấp. Lý do hiệu suất thấp bởi nguyên lý này hoạt động giống như một bộ amply công suất lớn mà đặc tính của các transistor thông thường có tổn hao thấp nếu như chỉ ở hai trạng thái: đóng hoặc mở, còn ở trạng thái đóng một phần (biến

thiên để cho ra dạng sin hoặc dạng khuếch đại âm thanh) thì transistor sẽ tỏa ra nhiều nhiệt và hiệu suất sử dụng thấp.

Tuy nhiên, nguyên lý hoạt động này lại thường áp dụng cho các loại Inverter tạo ra sóng vuông hoặc sóng mô phỏng sóng sin. Do sự hoạt động của transistor để tạo ra sóng vuông hoặc mô phỏng sóng sin là đóng hoặc mở hoàn toàn nên với nguyên lý này áp dụng cho các loại Inverter “không sin” là phù hợp.

Đặc điểm nhận biết của loại hoạt động theo nguyên lý này là ở cuộn sơ cấp (cuộn dây có kích thước lớn để có thể cho dòng tới vài chục ampe chạy qua) có ba đầu dây ra: một đầu là điểm giữa được nối với cực dương hoặc cực âm của ắc-quy, đầu còn lại đấu với các transistor.

❖ Loại thứ hai:

Tạo ra dạng sóng sin bằng cách sử dụng các cầu chỉnh lưu H để cho ra các dạng sóng xoay chiều ở mức điện áp thấp (mức điện áp của ắc-quy) rồi sử dụng biến áp sắt từ để biến đổi chúng thành mức điện áp 220V AC sử dụng thông thường. Nguyên lý này thường thấy ở nhiều loại Inverter thông dụng trên thị trường của các thương hiệu như: MAXQ, Netca, Apollo...

Đặc điểm dễ nhận dạng Inverter hoạt động theo nguyên lý này là các đầu vào sơ cấp của biến áp sắt từ chỉ có hai đầu dây (thay vì ba như loại sóng vuông hay mô phỏng).

❖ Loại thứ ba:

Việc tạo ra sóng sin được thực hiện nhờ vào việc điều tiết tại 4 transistor đầu ra. So với loại Inverter điện từ đã nói ở trên thì do điều tiết ở dạng sóng ở phần điện đầu ra nên dòng điện cần điều chỉnh nhỏ hơn (ví dụ 1000VA thì dòng chỉ khoảng 5A), do vậy nhiệt hao phí thấp hơn so với điều chỉnh ở phần điện áp thấp (12, 24 V DC...) với dòng vài chục ampe – chính vì vậy mà kết hợp sử dụng các biến áp xung có hiệu suất cao ở tầng trước nên các bộ Inverter loại này

có hiệu suất cao, có thể đạt trên 80% đến 85% hoặc cao hơn tùy thuộc vào công suất và loại tải.

Trong cả hai loại trên chất lượng sóng sin hoàn toàn phụ thuộc vào việc điều khiển các transistor, nếu như các bước điều khiển được băm càng nhỏ thì sóng càng có chất lượng tốt. Không những thế, việc điều chỉnh điện áp và dạng sóng tùy theo mức tải cũng rất phức tạp, chính do vậy mà chỉ với các nguyên lý cơ bản trên mà mỗi hãng sản xuất khác nhau lại có cách làm khác nhau (hoặc ngay cùng một hãng cũng có các cách thiết kế khác nhau để phù hợp với nhu cầu sử dụng của từng đối tượng) và chất lượng điện đầu ra khác nhau.

❖ *Ảnh hưởng của dạng sóng không sin tới các thiết bị tiêu thụ điện:*

Bởi dạng sóng đầu ra của các Inverter không hoàn toàn với dạng sóng của lưới điện dân dụng (tức hình sin) nên chúng có thể gây ảnh hưởng tới một số thiết bị sử dụng điện, một số thiết bị khác lại hoàn toàn không ảnh hưởng bởi dạng này.

Dạng sóng vuông thường gây khó khăn cho sự hoạt động của các thiết bị điện có tính chất cảm kháng – chủ yếu là các động cơ điện (ở trong quạt, điều hòa, tủ lạnh, máy bơm nước...). Nếu như với sóng sin chuẩn, các động cơ điện hoạt động một cách mượt mà thì với dạng sóng xung các động cơ làm việc với hiệu suất kém hơn, phát tiếng kêu và có thể nóng hơn bình thường. Nguyên nhân có thể do sự chuyển đổi mức điện áp của sóng vuông khiến từ trường các cuộn dây cũng thay đổi đột ngột, dẫn đến các roto làm việc cũng có mô men thay đổi đột ngột: tăng đột ngột (khi trạng thái từ 0V đến mức cực đại) hoặc hãm cực đại (về mức 0V) và dẫn đến hiệu suất làm việc kém và các cuộn dây làm việc thường bị nóng.

Tùy thuộc vào chất lượng và các đặc điểm riêng các động cơ điện mà có các ảnh hưởng sau:

- Nếu động cơ có chất lượng không cao (định vị cuộn dây không chắc chắn, lõi sắt không chặt...), do sự biến thiên đột ngột giữa các mức điện áp nên cuộn dây và lõi thép không chặt sẽ bị rung, gây ồn.

- Nếu roto có quán tính không lớn (đa số quạt bàn, quạt cây đều nằm trong trường hợp này) vì chính bản thân các roto quay không đều (thời điểm điện áp xung cao thì các roto có mô men lớn – nhưng nó chưa kịp thay quay theo phù hợp thì mô men đó bị ngắt vì đến thời điểm điện áp xuống thấp, do quán tính thấp nên tốc độ quay lại giảm đi, rồi lại đến mức điện áp cao... cứ như vậy liên tục nên roto quay một cách giật cục không đều như đối với dòng điện có dạng sin chuẩn (tuy nhiên điều này không nhìn thấy được bằng mắt thường bởi sự quay giật cục đó xảy ra rất nhiều lần trong một giây).

- Đối với loại động cơ có trọng lượng roto lớn thì hiện tượng quay giật cục xuất hiện rõ nét hơn trong thời điểm khởi động và sẽ giảm dần tới mức tối thiểu khi tới đã đạt tốc độ quay.

Như vậy, trong đa số trường hợp khi sử dụng quạt với bộ Inverter ta nên sử dụng với tốc độ cao nhất của quạt để hạn chế sự giảm hiệu suất.

Cũng lưu ý thêm về đèn tuýp, bởi có hai loại được sử dụng rộng rãi hiện nay: loại đèn có chấn lưu dây quấn và loại dùng chấn lưu điện tử. Đối với đèn tuýp sử dụng chấn lưu điện tử thì chúng có cầu chỉnh lưu diot để chuyển thành điện một chiều trước khi dao động thành tần số cao để cung cấp cho bóng đèn (tương tự các loại đèn compact tiết kiệm điện cũng có các chấn lưu điện tử nằm ở đuôi đèn), vậy loại đèn này cũng sử dụng tốt với các bộ Inverter. Loại đèn tuýp còn lại sử dụng chấn lưu bằng các vòng dây quấn thông thường cùng với tắc te bật đèn khá khó khăn khi sử dụng với các bộ Inverter có các đầu ra là xung vuông.

### 2.2.3. Hệ thống pin mặt trời nối với lưới điện.

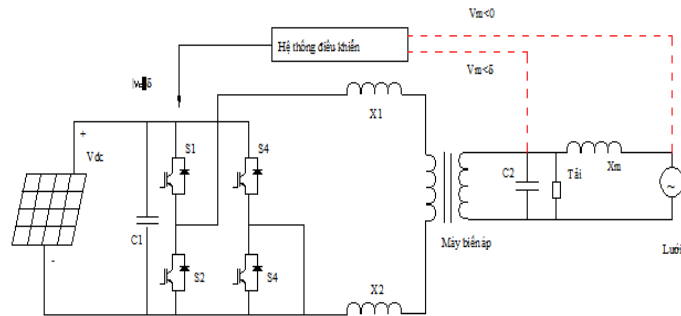
Các bộ nghịch lưu không chỉ đảm bảo nối các dàn pin mặt trời với lưới mà còn phải đảm vận hành đồng bộ với lưới. Các hệ thống có thể không có bộ ắc-quy dự phòng. Khi nối với lưới hệ thống này cho phép hệ tiêu thụ được cấp điện từ nguồn pin mặt trời và điện năng bổ sung nhận từ lưới hoặc phát công suất vào lưới qua bộ nghịch lưu. Khi hệ thống pin mặt trời được tích hợp với lưới hình thành dòng công suất hai chiều giữa dàn pin mặt trời và lưới.

#### 2.2.3.1. Bộ nghịch lưu đối với các ứng dụng nối với lưới.

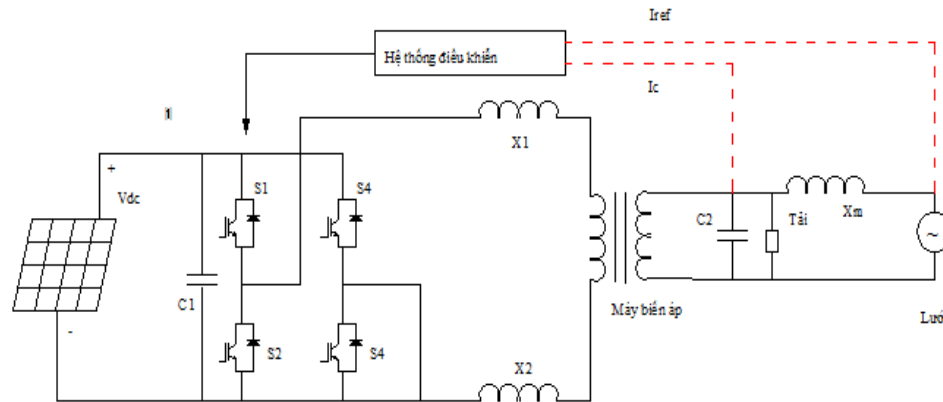
Bộ nghịch lưu đóng vai trò kết nối giữa nguồn một chiều do dàn pin mặt trời tạo nên và lưới điện xoay chiều. Chúng phải tạo nên dòng điện xoay chiều có dạng sóng hình sin và tần số phù hợp và phải đảm bảo dàn pin hoạt động với công suất cực đại. Nói chung các bộ nghịch lưu được điều chế PWM với tần số sóng mang từ 2kHz đến 20kHz.

Có hai loại bộ nghịch lưu tùy theo sơ đồ điều khiển của chúng:

- Nghịch lưu nguồn dòng CSI (Current-Source Inverter), hình 2.7b.
- Nghịch lưu nguồn áp VSI ( Voltage-Source Inverter), hình 2.7a.



Hình 2.7a. Nghịch lưu nguồn áp



Hình 2.7b. Nghịch lưu nguồn dòng

Có thể chuyển đổi hai loại nghịch lưu bằng cách bổ sung một số linh kiện. Trong nghịch lưu nguồn áp phía một chiều là nguồn áp đối với nghịch lưu. Nguồn áp này có tụ điện ghép song song với đầu vào.

Trong nghịch lưu nguồn dòng có điện cảm mắc nối tiếp với đầu vào một chiều, do đó nguồn dòng xuất hiện ở phía đầu vào nghịch lưu. Dàn pin mặt trời được làm gần đúng như một nguồn dòng.

### 2.2.3.2. Các bộ nghịch lưu trong hệ thống nối dàn pin mặt trời với lưới điện.

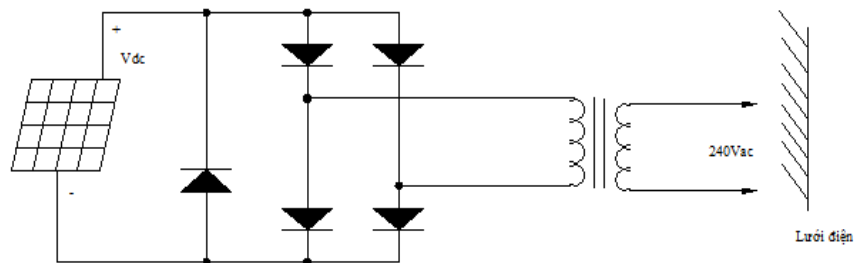
Các bộ nghịch lưu trong hệ thống nối dàn pin mặt trời với lưới điện có thể:

- Được chuyển mạch bằng lưới;
- Tự chuyển mạch;
- Chuyển mạch với máy biến áp cao tần.

Bộ nghịch lưu chuyển mạch bằng lưới có sơ đồ ở hình 2.8 thường được sử dụng cho mục đích truyền động điện. Mạch điều khiển phải được thay đổi để chuyển góc môi ở chế độ chỉnh lưu ( $0^0 < \alpha < 90^0$ ) sang chế độ nghịch lưu ( $90^0 < \alpha < 180^0$ ). Bộ nghịch lưu đòi hỏi được nối với lưới có trở kháng nhỏ. Nếu công suất cực đại cho phép nối với lưới nhỏ hơn công suất nghịch lưu thì bộ nghịch



lưu có thể làm việc với chuyển mạch bằng lưới. Bộ nghịch lưu chuyển mạch bằng lưới sẽ rẻ hơn nhưng chất lượng điện xấu hơn. Các sóng hài bậc cao có thể gây ảnh hưởng xấu cho lưới được lọc bằng bộ lọc, ngoài ra bộ nghịch lưu có hệ số công suất thấp và đòi hỏi phải có mạch điều khiển bổ sung. Máy biến áp dùng để cách ly về điện.



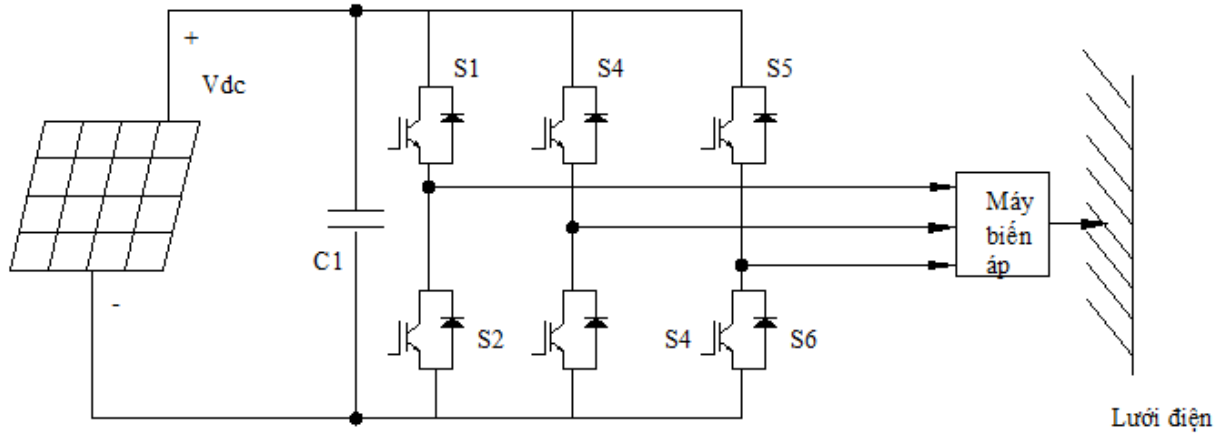
Hình 2.8. Bộ nghịch lưu một pha chuyển mạch bằng lưới

Bộ nghịch lưu tự chuyển mạch: Có thể sử dụng điều khiển điều khiển chuyển mạch điều biến độ rộng xung PWM, với sơ đồ cho trên hình 2.9.

Cầu nghịch lưu gồm: tranzitor lưỡng cực, MOSFET, IGBT, GTO tùy theo mục đích sử dụng. GTO sử dụng cho công suất lớn còn IGBT cho tần số cao (20kHz).

Ngày nay đa số các bộ nghịch lưu tự chuyển mạch có dạng sóng hình sin.

Bộ nghịch lưu với máy biến áp tần số cao: Máy biến áp tần số 50Hz dùng cho bộ nghịch lưu chuyển mạch PWM nặng nề và đắt tiền. Khi sử dụng máy biến áp lõi ferit làm việc ở tần số trên 20kHz sẽ thuận tiện hơn sơ đồ nghịch lưu liên lạc qua máy biến áp cao tần.



Hình 2.9. Nghịch lưu tự chuyển mạch

Tụ điện phía một chiều đóng vai trò bộ lọc đầu vào. Tiếp theo là khối nghịch lưu điều biến PWM tạo nên điện áp cao tần qua máy biến áp đưa vào khối chỉnh lưu cao tần. Điện áp một chiều được lọc qua cuộn cảm sau đó được nghịch lưu và nối với lưới. Dòng điện hình sin và trùng pha với điện áp dây thể tạo nên dạng sóng hình bậc thang.

❖ *Nhận xét:*

Đối với hệ solar stand alone, bộ Inverter phải đủ lớn để có thể đáp ứng được khi tất cả các tải đều bật lên, như vậy nó phải có công suất bằng 125% công suất tải. Nếu tải là motor thì phải tính toán thêm công suất để đáp ứng thời gian khởi động của motor.

Chọn Inverter có điện áp vào danh định phù hợp với điện áp danh định của bộ sạc. Đối với hệ solar kết nối lưới điện, ta không cần bộ sạc, do đó điện áp vào danh định của bộ Inverter phải phù hợp với điện áp danh định của hệ pin mặt trời.

## CHƯƠNG 3.

# HỆ THỐNG TỐI ƯU HÓA CÔNG SUẤT

### 3.1. GIỚI THIỆU CHUNG.

Ngày nay, nhân loại đang quan tâm tới các nguồn năng lượng có thể tái tạo được, sạch và vô tận. Sự nghiên cứu được tiếp tục phát triển để duy trì cải tiến công nghệ biến đổi và phát triển nguồn năng lượng mới. Trang bị điện mặt trời hoặc là vừa làm đẹp phong cảnh cho những vila nếu công suất nhỏ hơn 5kW hoặc kết nối lưới khi công suất lớn hay tạo thành hệ năng lượng hỗn hợp gồm có các nguồn năng lượng tái tạo khác. Điều quan tâm được tập trung vào cải thiện hệ thống PV tương xứng hơn, cho việc ứng dụng rộng rãi đúng về mặt năng lượng, hiệu suất, sự phù hợp với lưới điện và khả năng thông tin cho việc kết nối lưới điện có độ tin cậy, thời gian làm việc, an toàn và an ninh cao.... Một hệ thống điện mặt trời phải chịu sự tối ưu hóa theo các tiêu chí khác nhau và thường xuyên mâu thuẫn với nhau để có kết quả là một sản phẩm tốt nhất cho những ứng dụng cụ thể.

Việc khai thác hệ thống PV đã chứng minh sự cần thiết của phương pháp điều khiển tự động và xử lý thông tin cho tối ưu hóa tính chất động, phản ứng nhanh với biến đổi của nguồn năng lượng sơ cấp, như ánh sáng, và sự bền vững đối với loại nhiễu khác nhau. Trong trường hợp cụ thể ứng dụng cho lưới điện một trong những điều quan trọng nhất đó là bám điểm công suất tối đa “*maximum power point tracking*” (MPPT), nhằm tối đa hóa năng lượng điện tạo ra bất kể điều kiện bức xạ mặt trời như thế nào. Một nỗ lực nghiên cứu quan trọng là giành cho việc tìm kiếm phương pháp đơn giản, hiệu quả với yêu cầu kiến thức tối thiểu về MPPT. Trong số các phương pháp đó lớp phương pháp

được gọi là gây nhiễu và quan sát dựa trên cơ sở là bơm các nhiễu có tần số cao, biên độ nhỏ ( thường là sóng hài) vào trong hệ thống để phát hiện các dấu hiệu của gradient năng lượng, đã được chứng minh là một phương pháp thành công nhất.

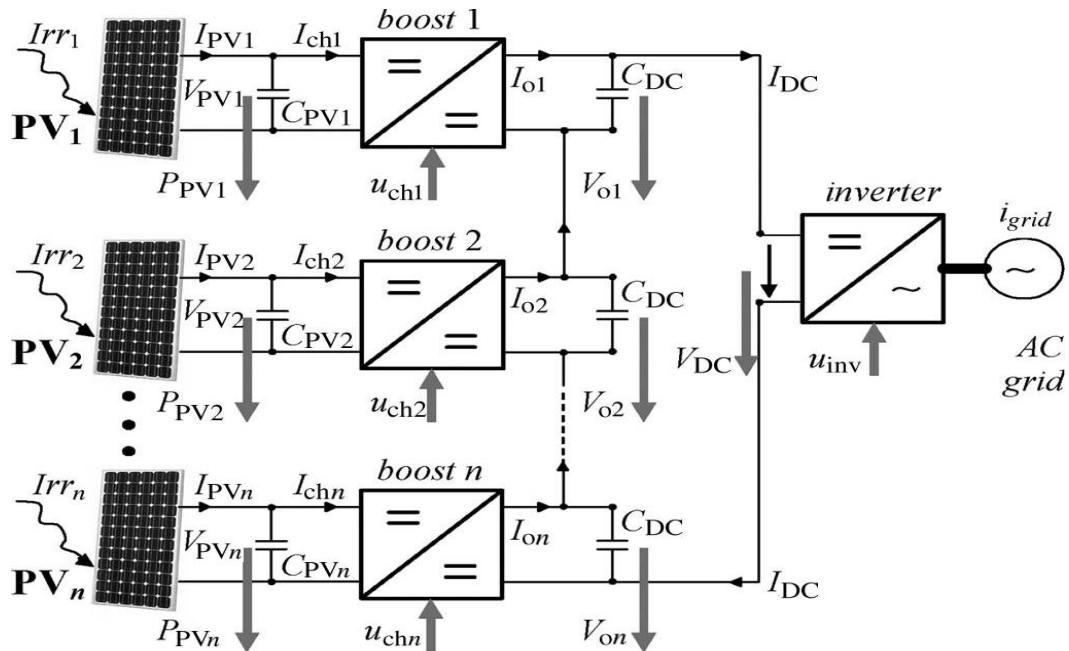
Người ta có thể nói rằng MPPT là một lời giải thực tế trong trường hợp một hệ thống PV có các tế bào nhận được cùng một mức độ bức xạ. Một hệ thống như vậy có một đặc tính năng lượng, mà đặc tính đó có thể không phải là trường hợp một hệ thống phân bố đặc biệt lớn, với khả năng có thể xảy ra là bị che phủ nhiễu. Quả thực, cụ thể cấu hình các module PV có thể có những đặc điểm năng lượng đặc trưng có nhiều điểm cực đại. Những công trình gần đây nhất phản ánh sự quan tâm của phương pháp thiết kế MPPT có thể bám nhiễu đỉnh theo sự biến đổi nhanh điều kiện bức xạ.

Một số nguồn điện PV với mỗi kết hợp bộ chuyển đổi boost - DC được nối tăng trên cùng một bus dc và để giao tiếp với lưới bằng một biến tần DC – AC. Vấn đề là tìm một chiến lược điều khiển bền vững để đạt được khả năng nhận công suất tối đa từ sơ đồ này, với giả thiết rằng các bộ nguồn PV nhận những bộ phận bổ sung biểu hiện chính là những yêu cầu về giới hạn điện áp ra (OVL) khi khai thác phụ thuộc chủ yếu vào sự thay đổi điều kiện bức xạ.

### 3.2. CẤU TRÚC NỐI TẦNG BỘ BIẾN ĐỔI PV DC – DC [4].

#### 3.2.1. Cấu trúc, hoạt động, nguyên lý hoạt động.

Dưới đây là cấu trúc nối tầng bộ biến đổi PV DC-DC



Hình 3.1. Cấu trúc nối tầng bộ biến đổi DC-DC

Việc phân tích hệ thống PV gồm một loạt cấu trúc liên kết các bộ biến đổi DC – DC. Một chuỗi điện cao được nối với một biến tần DC – AC kết quả là nhận được những ưu điểm của cấu trúc "bộ biến đổi trên một tấm pin" phương pháp này rõ ràng là rẻ hơn và hiệu quả hơn là một bộ biến tần dc-ac kết nối với lưới điện. Bộ chuyển đổi buck và một bộ biến đổi boost là giải pháp hiệu quả hơn trong việc tiết kiệm chi phí. Ở đây, bộ biến đổi boost dc-dc đã được sử dụng (Hình 3.1).

Cấu trúc nghiên cứu có một số lợi thế trực quan hơn trường hợp kết nối song song. Như vậy, đối với một điện áp dc-bus đã cho thì việc thực hiện nối tiếp cho phép các bộ biến đổi boost riêng rẽ với tỷ lệ nhảy bậc tương đối nhỏ được sử dụng (thường là ba đến bốn), đảm bảo hiệu quả tốt cùng với chi phí thấp. Không

giống như trường hợp song song yêu cầu tỷ lệ nhảy bậc cao hơn (hơn bốn), điều đó dẫn tới hoặc hiệu suất thấp hoặc giá thành cao hơn do sử dụng hai tầng biến đổi dc-dc. Sức ép về hạn chế dòng điện có thể xảy ra. Tuy nhiên cả 2 nhược điểm này có thể tránh được nếu các bước hạ điện áp ra của PV được thực hiện bằng nối tiếp một số tấm trước tầng biến đổi dc-dc. Tuy nhiên, nối tiếp các tấm PV lại bất lợi từ quan điểm khả năng nhận công suất tối đa, vì nó bị giới hạn bởi công suất phát ra từ các tấm có bức xạ kém. Như vậy, tổng công suất cung cấp bị rủi ro do một phần bị che phủ, ví dụ như, một số tấm bị che phủ. Một mô phỏng số so sánh giữa trường hợp nối tiếp và trường hợp song song của cùng một công suất có thể được thấy tại mục 3.4.

Hình 3.1 chỉ ra n module biến đổi DC – DC giống hệt nhau được nối tiếp tới một biến tần DC – AC nhận nhiệm vụ chuyển năng lượng vào lưới điện. Mỗi mô-đun biến đổi i dựa trên các nguồn điện  $PV_i$ , chứa hoặc là một tấm đơn hoặc là nối các tấm để nhận được cùng độ bức xạ tương tự như đặc tính công suất. Về vấn đề này, bộ ngắt mạch boost có liên quan. Như vậy nguồn điện PV có thể điều khiển độc lập và do đó tối ưu được dòng công suất từ nguồn bức xạ  $I_{tri}$ : tín hiệu điều biên độ rộng xung  $u_{chi} \in \{0,1\}$ , của bộ ngắt mạch i có thể điều khiển để cải thiện sự hoạt động của các  $PV_i$  v.v. ( $I_{PV_i}$ ,  $V_{PV_i}$ ), độc lập với hoạt động của các nguồn điện khác.

Trong sử dụng cho lưới, mỗi một bộ ngắt mạch(chopper) tạo một MPPT cho nguồn điện PV của nó, trong khi các biến tần lưới điều chỉnh điện áp DC – BUS. Ở trạng thái ổn định cùng một dòng  $I_{dc}$  chạy qua tất cả các bộ ngắt mạch với tổng điện áp ra là điện áp một chiều  $\sum_{i=1}^n V_{oi} = V_{dc} \text{Let } V_{dc}^*$ . Trong đó  $V_{dc}^*$  là giá trị điện áp yêu cầu ở bus dc ( $I_{PV_i}^* V_{PV_i}^*$ ) Trong đó  $i=1,2$  là các điểm hoạt động. những giá trị ổn định của tất cả các biến ở hình 3.1 có thể giảm. Như vậy điện áp

ra của các chopper(bộ ngắt mạch) đã chỉ ra rằng sự biến dạng của bus dc ở module biến đổi phụ thuộc vào trọng số của mỗi công suất PV cung cấp trong tổng thể công suất cung cấp.

$$V_{oi} = V_{dc}^* \cdot I_{PV_i}^* \cdot V_{PV_i}^* / \sum_{i=1}^n I_{PV_i}^* \cdot V_{PV_i}^* \quad (3.1)$$

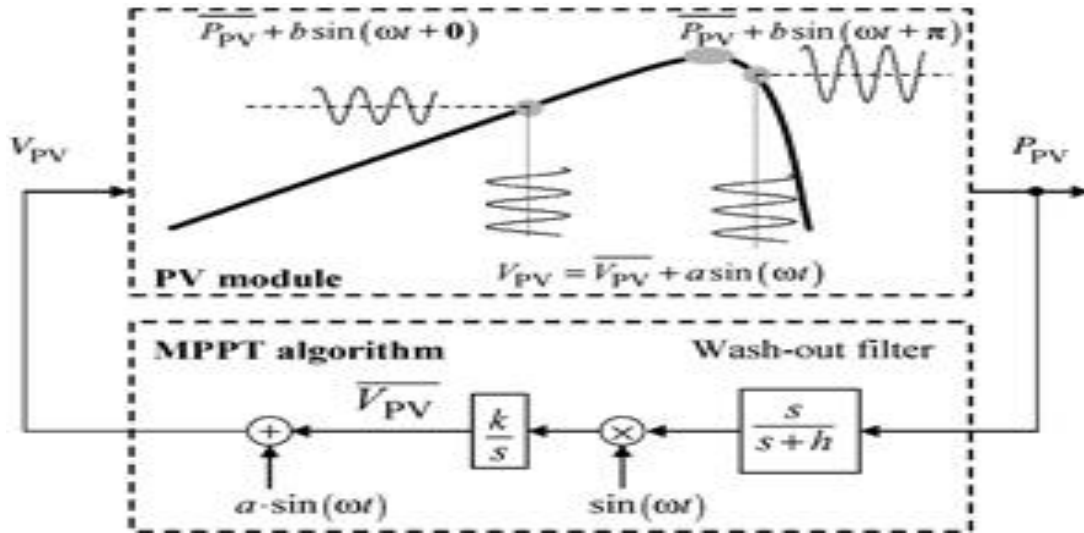
Năng lượng mặt trời biến đổi trực tiếp theo mức độ bức xạ. Do đó, khi nào mức độ độ bức xạ gần như giống nhau cho tất cả các nguồn điện PV, người ta có thể áp dụng thực tế cùng một điểm làm việc, đặc biệt là điểm làm việc có công suất cực đại thỏa mãn điện áp ở bus dc phần lớn là bằng nhau dựa trên n bộ biến đổi DC-DC và công suất tổng đạt được tối đa. Tuy nhiên, khi mức độ bức xạ thay đổi nhanh sau một thời gian, thì trọng số sẽ không cân bằng và một số bộ biến đổi dc-dc sẽ bị quá áp.

### 3.2.2. Đồng bộ hóa MPPT cho tất cả các nguồn điện PV.

Như ta đã biết, đường cong công suất của một mô-đun PV theo mô-đun điện áp  $P_{PV}$  ( $V_{PV}$ ) là không đồng nhất(unimodal). Giả thiết quỹ tích MPPT tương ứng với mức độ bức xạ khác nhau được gọi là đường cong chế độ năng lượng tối đa (MPR). MPPT hoạt động có nghĩa là bám các MPR không phân biệt mức độ bức xạ. Ta có, MPPT trên mỗi nguồn điện PV được thực hiện bằng tìm một điểm điều khiển cực trị (ESC), và phương pháp P & O có khả năng tìm cực trị của một số mô hình khó khăn và khó xác định chính xác động học không nhất quán bằng cách cấp cho các máy tín hiệu hình sin.

Hình 3.2 cho thấy ESC có thể được áp dụng cho các module PV. Khi cấp cho một module PV một điện áp biến đổi hình sin có tần số  $\omega$  với biên độ đủ nhỏ, một công suất biến đổi được cảm ứng, công suất này nói chung là không hình sin do đặc tính phi tuyến và có sóng điều hòa bậc một  $\omega$ . Điều này có thể được loại

trừ(extracted), bằng một bộ lọc thông cao và nó cùng pha với điện áp biến đổi nếu điểm hoạt động trên phần tăng dần của đường cong công suất-điện áp và trễ pha  $\pi$  cho phần giảm dần. Các sản phẩm của hai tín hiệu có hai thành phần:



Hình 3.2: Áp dụng nguyên tắc ESC cho các mô-đun PV

Một là biên độ nhỏ, và thành phần có tần số  $2\omega$ , có thể được bỏ qua, và thành phần liên tục, mà sẽ chuyển đổi dấu của nó như là điểm hoạt động dịch chuyển từ phía này sang phía khác khác của đường cong  $P_{PV}$  tối đa. Sau đó thành phần này đi qua một bộ tích phân có hệ số khuếch đại  $k$  để cung cấp một bước điện áp  $V_{PV}$  cần thiết để di chuyển điểm làm việc tới vị trí tối ưu với tốc độ hội tụ phụ thuộc vào tỷ lệ  $k$ ,  $0$  và  $1 / \omega$ . Các điện áp so sánh áp được áp dụng cho module PV, kết quả như sau  $V_{PV} = \bar{V}_{PV} + \sin(\omega t)$ .

Liên quan đến vấn đề là bộ điều khiển ESC phải được chỉnh định thế nào, một số nghiên cứu tổng thể có thể được áp dụng như sau. Thật vậy, tần số kích thích  $\omega$  phải đủ lớn, có nghĩa là, phải nằm ngoài băng thông của thiết bị, để đảm



bảo sự ổn định của hệ thống kín. Mặt khác, trong các hệ thống có các thiết bị điện tử công suất, tần số này bị giới hạn trên bởi tần số đóng mở của thiết bị điện tử công suất. Biên độ  $a$  phải đủ nhỏ để sao cho tính chất của thiết bị còn tuyến tính và các biến ra cảm ứng còn có dạng hình sin do đó,  $a$  phải được lựa chọn phụ thuộc vào độ dốc của đặc tính  $V_{PV}$ - $P_{PV}$  của thiết bị. Hệ số khuếch đại của bộ tích phân  $k$  là kết quả từ sự giới hạn trên của gradient tham chiếu đến giá trị động chính của thiết bị, như vậy thiết bị có thể bám theo tín hiệu tham chiếu (so sánh). Lưu ý rằng đặc tính  $V_{PV}$ - $P_{PV}$  thay đổi theo thời gian, do đó, bộ điều khiển có thể hoặc được điều chỉnh trên hầu hết đường cong điển hình, hoặc có thể cố gắng sử dụng luật điều khiển thích nghi của tham số điều khiển tính toán.

Mô phỏng MATLAB / Simulink đã được thực hiện cho một cấu trúc liên kết ba nguồn điện PV như trong hình 3.1, trong đó mỗi nguồn điện PV được thiết lập MPPT độc lập bởi ESC, phụ thuộc vào sự thay đổi nhanh và mạnh điều kiện bức xạ. Tín hiệu PWM  $u_{chi}$  tạo ra trong một vòng điều khiển điện áp, mà giá trị so sánh  $V_{opVi}$  nhận được từ một bộ ESC-dựa trên bộ bám MPP khi sử dụng các số đo công suất nguồn điện  $P_{PVi}$ . Mỗi nguồn PV mắc nối tiếp hai mô-đun PV có kích thước  $(125 \times 125)$  mm, công suất đỉnh của mỗi module là 150W, dòng ngắn mạch 5.3A, điện áp khi hở mạch là 59V, và 40V điện áp điển hình tại công suất điển hình. Năm thông số điển hình đã biết của PV-diode đã được sử dụng.

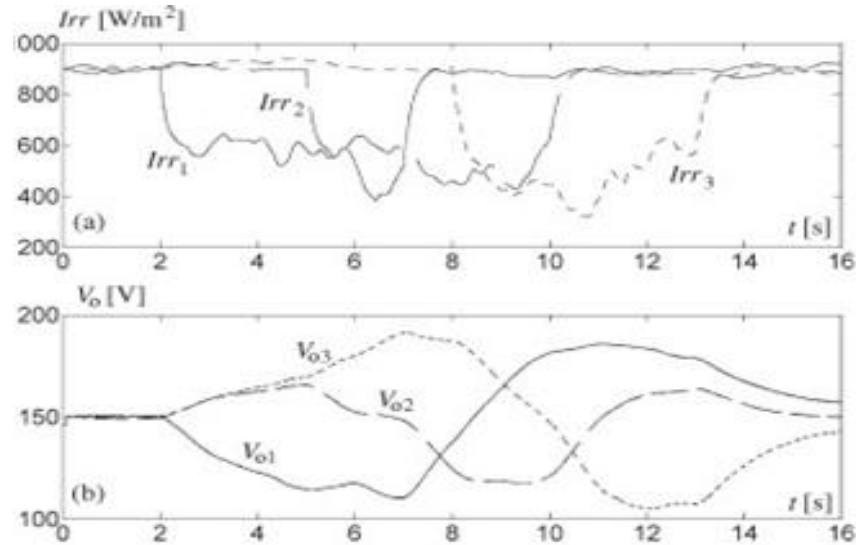
$$I_{PV} = I_{ph} - I_0 (e^{(V_{PV} + R_s I_{PV})/V_t} - 1) - (V_{PV} + I_{PV} R_s) / R_{sh} \quad (3.2)$$

Trong đó  $I_{ph}$  là dòng điện do hiệu ứng PV,  $I_0$  là dòng bão hòa của các diode  $V_t$  là điện áp nhiệt, và  $R_s$  và  $R_{sh}$  là điện trở nối tiếp và shunt tương ứng. Có một yêu cầu được đặt ra khi kích thước hệ thống PV là tỷ lệ giữa giá trị lý tưởng của điện áp dc-bus và giá trị định mức của điện áp ra của bộ ngắt mạch(chopper)  $V_r$  đối với số lượng các nguồn điện PV. Trong trường hợp này,  $V_{dc}^{*ideal} = 450$  V để

cho phép giao tiếp với một mạng lưới 220V/50Hz;  $n = 3$ ,  $V_r$  có thể cung cấp được lựa chọn xung quanh  $V_{dc}^{*ideal}/n$ , v.v..., 150 V.

Các tín hiệu bức xạ bị trễ một khoảng thời gian từ một máy nguồn PV này tới một nguồn khác do đó khi mô phỏng như một đám mây đi qua. Một mô hình động năng 2 phổ của bức xạ tương tự với mô hình của một nguồn năng lượng tái tạo không quy luật, tốc độ gió, đã được sử dụng. Ở đây, tốc độ biến thiên đã được thiết lập trong vòng 1s, đại diện cho sự biến đổi nhanh hơn là thường xuyên xảy ra [xem hình 3.3 (a)]. Mỗi ESC điều khiển đã được điều chỉnh như sau: hằng số tích phân  $k = 100$ , nhiễu hình sin có biên độ  $a = 0,1$  và tần số  $\omega = 100$  Hz. Ban đầu, tất cả các máy phát điện PV, cùng được áp dụng một điện áp tham chiếu (trong trường hợp này,  $V_{PV}^* = 65$  V, giá trị này được chọn tùy ý tại một điểm nào đó ở giữa khoảng biến đổi của điện áp), sau đó, quyền điều khiển được chuyển sang MPPT. Các kết quả của hoạt động đồng thời MPPT của tất cả các nguồn điện được lưu ý trong hình 3.3 (b). Khi các giá trị bức xạ đã trở thành không cân bằng tối đa, thì điện áp ra của bộ ngắt mạch thứ nhất và thứ 3, tức là,  $V_{o1}$  và  $V_{o3}$ , đã vượt quá xa giá trị định mức  $V_r = 150$  V. Giá trị của các tụ điện được chọn là  $C_{PV} = 4700 \mu\text{F}$  và  $C_{DC} = 22\,000 \mu\text{F}$ . Những giá trị này khá cao là bởi lý do điều khiển, nghĩa là để làm phẳng sự biến đổi điện áp do sự thay đổi nhanh các nguồn sơ cấp. Như vậy, các tụ  $C_{PV}$  đảm bảo sự phẳng của của điện áp đầu ra biến đổi. Giá trị của  $C_{DC}$  ngăn ngừa sự mất cân bằng đột ngột của mức độ chiếu xạ riêng từ sự lan truyền quá nhanh trong điện áp đầu ra của bộ ngắt. Bằng cách này, đủ thời gian cấp cho một cấu trúc giám sát để đưa ra quyết định, như trình bày ở phần tiếp theo. Giá thành của các tụ điện cũng có thể quyết định tiêu chí tốt nhất để lựa chọn giá trị các tụ điện này.

Sự hoạt động đồng thời MPPT của tất cả các nguồn phát điện trong một mạng lưới cấu trúc nối tiếp PV có hiệu quả chỉ khi nguồn phát điện PV phát điện gần như bằng nhau. Tuy nhiên sức ép các nguồn phát điện áp có thể bị vi phạm. Việc tối ưu hóa năng lượng toàn cầu đòi hỏi một sự giám sát để phát hiện một mức độ đủ làm giảm chiến lược tối ưu sơ bộ để đáp ứng yêu cầu này.



Hình 3.3. Phân tích hiệu suất của cấu trúc PV khi tất cả các nguồn điện hoạt động đồng thời trong MPPT dưới sự thay đổi nhanh của các bức xạ.

### 3.3. ĐỀ SUẤT THUẬT TOÁN KIỂM SOÁT CHO TỐI ƯU HÓA NĂNG LƯỢNG CHUNG.

Việc đạt được công suất tối đa không phụ thuộc vào các điều kiện bức xạ, trong khi bị giới hạn về điện áp, có thể được đảm bảo nếu mỗi nguồn phát điện PV được trang bị hai luật điều khiển thay vì chỉ sử dụng một là MPPT. Thuật điều khiển chính là MPPT, còn luật thứ hai là luật điều khiển OVL. Một hệ điều khiển, có thể quản lý (điều khiển) trên toàn hệ thống những sự kiện khác nhau và sau đó đưa ra quyết định cho phép một trong những cách điều khiển cho mỗi nguồn phát điện PV, phải được thiết kế chính xác. Một hệ thống như vậy được

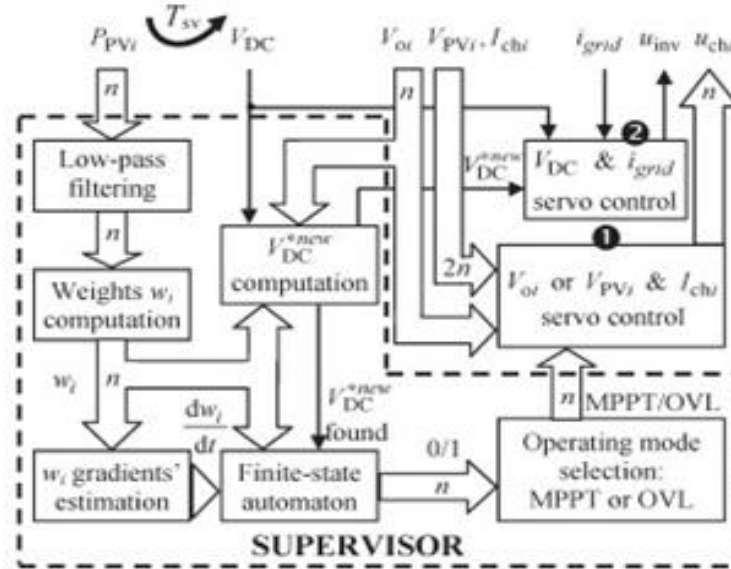
gọi là một hệ giám sát không cần phải chạy liên tục, vì nó quan sát xu hướng thay đổi trong một cửa sổ thời gian có liên quan hơn là ở sự thay đổi tức thời. Vì vậy, các thuật toán giám sát chạy mỗi  $T_{sv}$  giây, ở đây  $T_{sv}$  được lựa chọn phù hợp tùy thuộc vào động năng nhanh nhất của hệ thống giám sát.

Giả sử rằng các hoạt động bình thường là MPPT trên tất cả các nguồn phát điện, cơ cấu giám sát phải có khả năng phát hiện các lỗi OVL do mất cân bằng giữa trọng số năng lượng điện của các nguồn phát điện, như vậy giữa các điện áp  $V_{oi}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Ngưỡng chấp nhận được ở đây là  $1.2V_r$ . Khi có ít nhất một sự hạn chế như vậy được phát hiện, thì một giá trị mới của dc-bus điện áp tham chiếu lần đầu tiên có thể tìm được, giá trị này sẽ tái lập chế độ cân bằng giữa các điện áp, có nghĩa là nằm trong khoảng  $\pm 20\%$  giá trị  $V_{dc}^{*ideal}$ . Nếu như một giá trị như vậy không tìm ra, thì thiết bị giám sát chuyển từ MPPT sang OVL cho các nguồn phát điện đã vượt qua ngưỡng điện áp chấp nhận, còn các nguồn phát điện khác vẫn còn trong MPPT. Nếu giá trị của một hệ điều khiển máy phát điện trong OVL giảm, điều này có nghĩa rằng nguồn năng lượng tổng đã tăng lên. Điều đó chỉ có thể là do sự gia tăng về năng lượng được cung cấp bởi nguồn phát điện vẫn hoạt động trong MPPT. Hơn nữa, điều này có nghĩa rằng sự cân bằng bức xạ sẽ được tái lập, và MPPT một lần nữa lại có thể. Việc điều khiển các nguồn phát điện có liên quan sau đó có thể được chuyển trở lại MPPT dựa trên ước tính gradient của trọng số điện. Sơ đồ khối bộ giám sát, cùng với kết nối nó với khối bộ ngắt mạch và điều khiển của biến tần, được hiển thị trong hình 3.4.

Sơ đồ năng lượng và điện áp ra  $P_{PVi}$  và  $V_{oi}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , cũng như số đo điện áp dc  $V_{dc}$ -bus thuận tiện để bộ lọc thông thấp phản ánh xu hướng trên cửa sổ thời gian mong muốn. Trọng số năng lượng  $w_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , và họ các gradient được tính toán trong bộ giám sát. Quyết định giám sát đầu ra nhị phân

sẽ xác định kiểu hoạt động của nguồn phát PV: Tín hiệu ra  $i$  là 1 cho MPPT và 0 cho OVL. Chuyển đổi giữa 2 bộ điều khiển chính, thực tế là chỉ chuyển đổi giá trị điện áp tham chiếu.

Những đầu ra của khối cấp 1 ở hình 3.4.



Hình 3.4. Sơ đồ khối giám sát thực hiện tối ưu hóa năng lượng toàn cầu và kết nối với bộ ngắt mạch và khối điều khiển Inverter.

Trong đó đã chú ý tổng quát các cấu trúc bộ ngắt mạch những phần tiếp theo cung cấp các tín hiệu PWM  $u_{chi}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , cho các bộ ngắt mạch. Bộ giám sát cũng tính một giá trị mới của điện áp tham chiếu liên kết dc  $V_{dc}^{*new}$ , giá trị này sẽ được cấp cho khối điều khiển bộ biến tần [khối 2 trong hình 3.4]. Tín hiệu PWM  $u_{inv}$  là tín hiệu cuối cùng gửi đến các biến tần. Đầu ra Khối tính toán  $V_{dc}^{*new}$  cũng là biến nhị phân ký hiệu là "  $V_{dc}^{*new}$  tìm thấy trong [hình 3.4], tín hiệu đó, cùng với  $w_i$  và  $dw_i / dt$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , được sử dụng trong một trạng thái tự động giới hạn để cung cấp cho chế độ hoạt động của nguồn phát điện PV. Giá trị của  $V_{dc}^{*new}$  được tính như sau. Nếu cuối cùng có một nguồn phát điện PV đã vượt

qua ngưỡng điện áp tối đa, thế có nghĩa khả năng công suất của các nguồn phát điện khác (hoặc có thể từ nhiều nguồn khác) đã giảm. Một điện áp tham chiếu dc-bus mới  $V_{dc}^{*new}$  đã tìm thấy cho phép cho tất cả nguồn phát điện còn duy trì MPPT, thế có nghĩa rằng tất cả đã đến một giới hạn mới  $V_{oi}^{*new} \leq 1.2 \cdot V_r$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Khi tính toán theo (1), có thể đủ giảm dc-bus tham chiếu đên:

$$V_{oi}^{*new} \leq 1,2 \cdot V_r / \max_{i=1,2,\dots,n} \{w_i\} \quad (3.3).$$

Lưu ý rằng (3.3) là giá trị ở trạng thái ổn định, trong đó nguồn phát PV phản ánh chính xác mức độ bức xạ. Như vậy, trọng số  $w_i$  là trọng số của  $I_{tri}$  trong tổng  $I_m$ . Giá trị (3.3) có thể được thông báo là giá trị điện áp tham chiếu mới cho vòng điều khiển biến tần nếu nó lớn hơn  $0,8 \cdot V_{dc}^{*ideal}$ . Nếu không, bộ giám sát làm giảm MPPT của máy phát điện đã vượt qua giới hạn bằng cách chuyển điều khiển của nó sang OVL tại  $1.2V_r$ . Đây là một chế độ không tối ưu từ quan điểm năng lượng; tuy nhiên, nó là sự suy giảm ít hạn chế hơn vì nó vẫn đảm bảo các yêu cầu (sức ép) để được mức giới hạn. Trong hình 3.4, cũng mô tả rằng bộ giám sát làm việc chu kỳ  $T_{sv}$ , s. Các bước của thuật toán giám sát được liệt kê như sau:

- Đối với tất cả các nguồn phát điện PV, tính trọng số năng lượng của nó  $w_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Ký hiệu gradient trọng số của chúng  $g_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .
- Nếu có ít nhất một nguồn phát điện đã vượt qua  $1.2V_r$ , thì sẽ tính toán một giá trị tham chiếu điện áp dc-bus mới như (3.3).
- Nếu  $V_{dc}^{*new} \notin [0,8 \cdot V_{dc}^{*ideal}, 1,2 \cdot V_{dc}^{*ideal}]$ , thì đơn giản những nguồn phát điện PV đã vượt qua  $1.2V_r$ .

Thiết lập điều khiển cho OVL.

- Nếu không, gửi  $V_{dc}^{*new}$  như là tín hiệu tham chiếu để điều khiển biến tần.

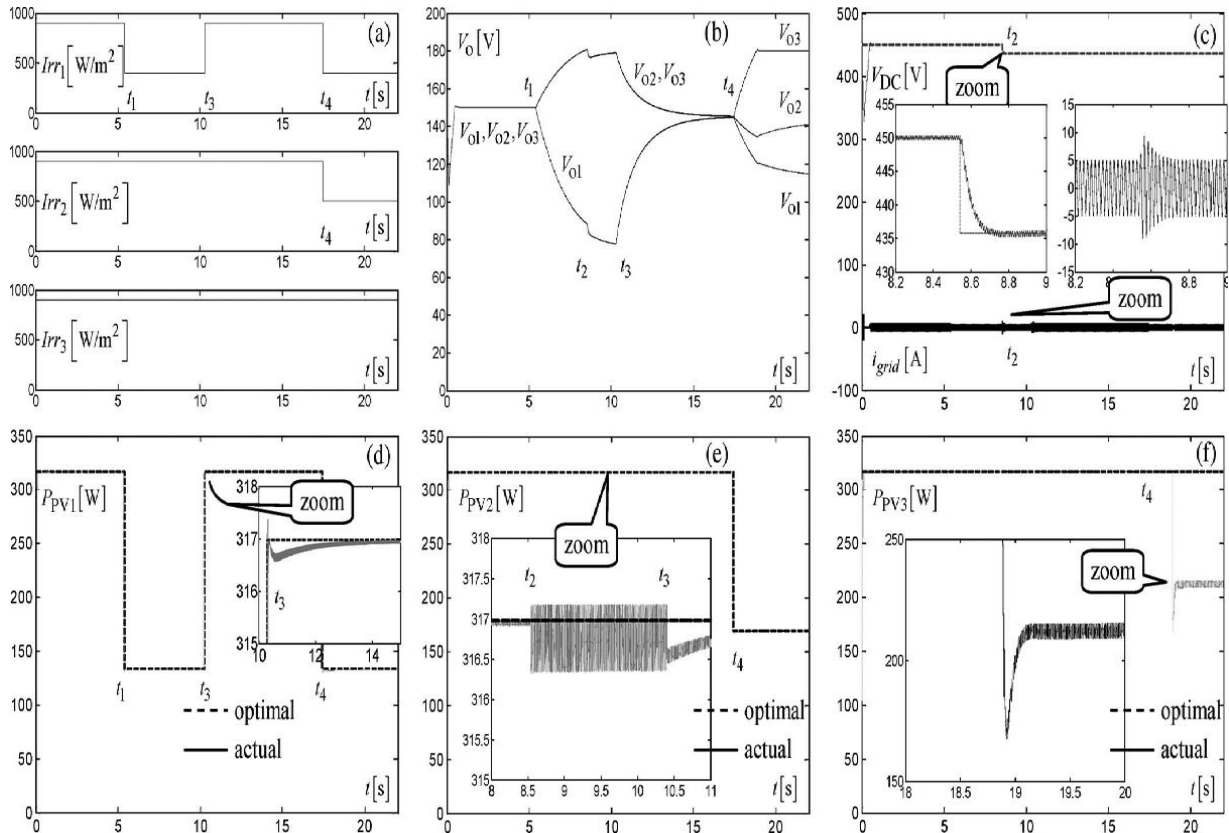
- Với tất cả các nguồn phát điện hoạt động trong OVL có gradient trọng số điện âm.

- (Re) sẽ được thiết lập điều khiển cho MPPT.

### 3.4. MÔ PHỎNG SỐ.

#### 3.4.1. Trường hợp nối tiếp với bộ giám sát.

Dưới đây là các đồ thị cho ta thấy hiệu suất của hệ thống PV nối tầng theo sự thay đổi của mức độ bức xạ.



Hình 3.5. Hiệu suất của hệ thống PV nối tầng theo sự thay đổi của mức độ bức xạ.

a. Mật độ bức xạ

b. Điện áp đầu ra của ba bộ ngắt mạch

c. Thời gian diễn biến của điện áp DC-bus và lưới điện

d-f. Thời gian diễn biến năng lượng được cung cấp bởi ba nguồn PV

Việc giám sát hệ thống PV nối tiếp dc-dc bộ biến đổi được mô tả trong [mục 3.2] đã được mô phỏng số theo bức xạ trong [hình 3.5 (a)], với tất cả các nguồn phát điện PV ban đầu hoạt động tại MPPT, dưới cùng một mức bức xạ nghĩa là,  $I_{rr1} = I_{rr2} = I_{rr3} = 900 \text{ W/m}^2$ . Các trường hợp bất lợi nhất đã được xem xét, với sự thay đổi các bước bức xạ, điều này hiếm gặp trong tự nhiên. Sau khi  $I_{rr1}$  giảm từ 900 đến  $400 \text{ W/m}^2$ , Đầu ra điện áp  $V_{o2}$  và  $V_{o3}$  đạt đến ngưỡng tối đa của  $1.2V_r = 180 \text{ V}$  [hình 3.5 (a)]. Theo (3.3) một giá trị mới của các tín hiệu so sánh điện áp dc-bus  $V_{dc}^{*new}$  có giá trị khoảng  $1,2 \cdot 150 / (900/2200) = 440 \text{ V}$ , chấp nhận được vì nó lớn hơn  $0,8 \cdot V_{dc}^{*ideal} = 360 \text{ V}$  [Hình 3.2 (c)]. Mối quan hệ  $w_i = I_{rr_i} / (I_{rr1} + I_{rr2} + I_{rr3})$ ,  $i = 1, 2, 3$ , được sử dụng để tính toán các trọng số  $w_i$ . Người ta phải lưu ý rằng (3.3) cung cấp về lý thuyết mức của điện áp dc mới, như số đo năng lượng PV và, do đó, trọng số của chúng  $w_i$  phải được xác định ở giá trị trạng thái ổn định. Sự thay đổi đột ngột của bức xạ trên các nguồn phát điện PV có liên quan đã xác định mức năng lượng thay đổi tối ưu vì vậy, các MPPTs cần một thời gian để điều chỉnh lại, Tuy nhiên các tín hiệu năng lượng PV sẽ luôn luôn biểu hiện những dao động do các thuật toán MPPT. Rất có khả năng là thời gian này không thể được chờ đợi, vì vậy bộ giám sát phải quyết định thay đổi  $V_{dc}^*$  nhanh hơn các MPPTs đạt tới giá trị ổn định mới của mình. Như vậy, trọng số  $w_i$  sẽ can thiệp vào (3.3) với một số giá trị quá độ, do đó, kết quả tính toán sẽ cho một giá trị hơi khác của  $V_{dc}^*$  so với lý thuyết. Sự khác biệt này có thể nhận thấy khi phóng đại ở [hình 3.5 (c)]. Giá trị tham chiếu mới này cần được lọc qua bộ lọc thông thấp sau đó cấp cho biến tần để chống giá trị quá lớn của dòng điện lưới. Giữa  $t_2$  và  $t_3$ , tất cả các nguồn phát điện PV hoạt động trong MPPT [hình 3.5 (d) - (f)]. Sự phóng đại ở hình 3.5 (e) và (f) cho thấy rằng, các giá trị điện áp dc –bus giảm khi có nhiễu do MPPT đã tăng nhẹ. Tại thời điểm  $t_3$ ,  $I_{rr1}$  trở lại mức ban đầu, và các nguồn phát điện vẫn còn trong MPPT cho đến  $t_4$ , khi cả hai  $I_{rr1}$  và  $I_{rr2}$  giảm đột ngột và đáng kể, từ 900 đến 400 và đến  $500 \text{ W/m}^2$  tương ứng. Ngay sau

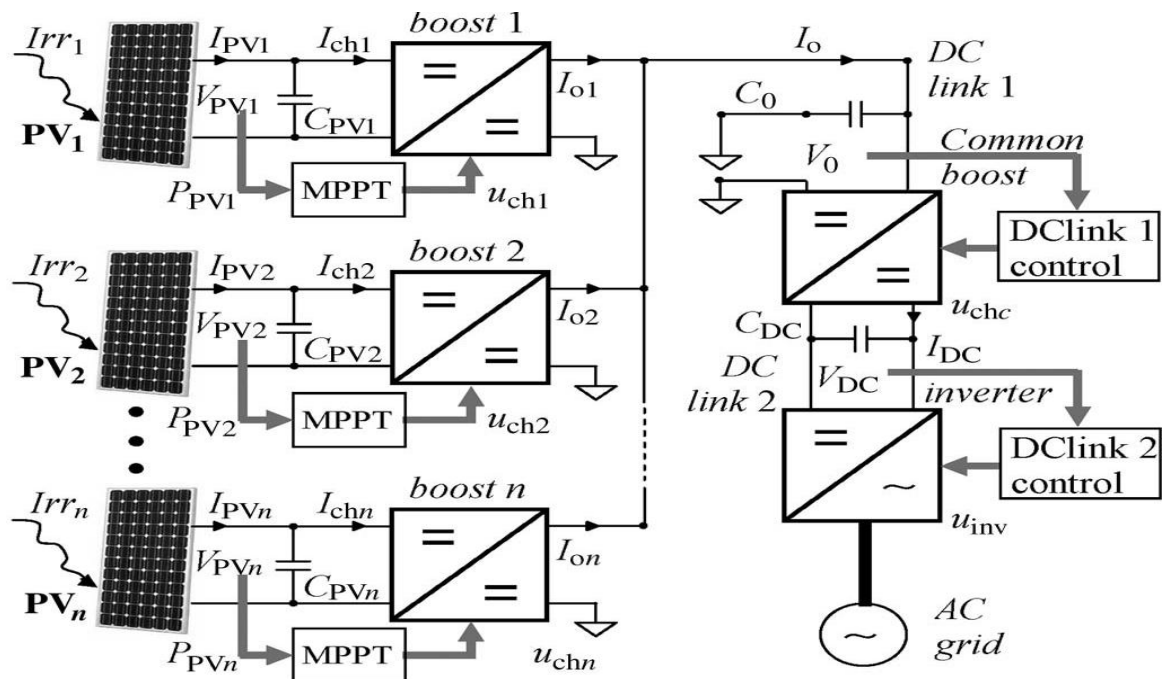


đó, chỉ  $V_{o3}$  đạt đến ngưỡng 180 V, nhưng điện áp dc-bus tham chiếu mới không thể tìm thấy nữa. Kết quả là điều khiển của các nguồn phát điện PV thứ ba được chuyển từ MPPT sang OVL- sự phát triển của  $V_{o3}$  và công suất cấp bởi máy phát điện này có thể thấy ở [hình 3.5 (b) và (f)], tương ứng. Hai nguồn phát còn lại tiếp tục hoạt động trong MPPT, nhưng rõ ràng là giảm mức độ điện năng [hình 3.5 (d) và (e)]. Người ta nhận thấy rằng trường hợp cuối cùng này ứng với tình trạng riêng biệt. Giá trị điện áp mới dc tính theo (3.3) sẽ là  $1,2 \cdot 150 / (900/1800) = 360$  V nếu sử dụng các giá trị ở chế độ ổn định của  $w_i$ . Mặt khác, 360 V là giá trị thấp hơn chính xác của ngưỡng  $V_{dc}$ , Vì thế bộ giám sát về mặt lý thuyết sẽ cho phép tất cả các nguồn phát điện PV hoạt động ở chế độ MPPT. Tuy nhiên, các giá trị của  $w_i$  được sử dụng hiệu quả bởi bộ giám sát không phải là chế độ ổn định, vì lý do đã nêu trên. Hơn nữa, đột ngột giảm bức xạ ở nguồn phát điện 1 và 2 tại  $t_4$  làm  $P_{PV1}$  và  $P_{PV2}$  được sử dụng cho tính toán  $w_i$  trong (3.3) phải nhỏ hơn so với giá trị ở trạng thái ổn định [hình 3.5 (d) và (e)].

Vì vậy giá trị tối đa của  $w_i$  lớn hơn 900/1800, và kết quả là  $V_{dc}^{*new}$  có giá trị nhỏ hơn 360 V. Như vậy, quyết định tức thời của bộ quan sát trong trường hợp này cụ thể là giảm MPPT PV nguồn phát điện 3, đảm bảo rằng các hạn chế về điện áp được đáp ứng. Lưu ý rằng bước thay đổi bức xạ chậm hơn và quá độ nhỏ hơn có thể xảy ra trong tự nhiên, trong trường hợp này, bộ giám sát có nhiều khả năng quyết định giữ hoạt động MPPT bằng cách giảm điện áp dc-bus. Người ta có thể nhận thấy rằng tính chất động của các luật điều khiển MPPT tốt hơn khi thay đổi độ bức xạ âm so với thay đổi bức xạ dương 1, do thực tế là các đường cong  $V_{PV}$ - $P_{PV}$  không đối xứng trong mối quan hệ với giá trị cực đại của nó vì vậy đặc tính động khi tăng khác với đặc tính động khi giảm. Cũng nhận thấy rằng MPPT có thể tăng nhanh hơn/ hay chậm lại bởi hệ số khuếch đại bộ tích phân lớn/hay bé.

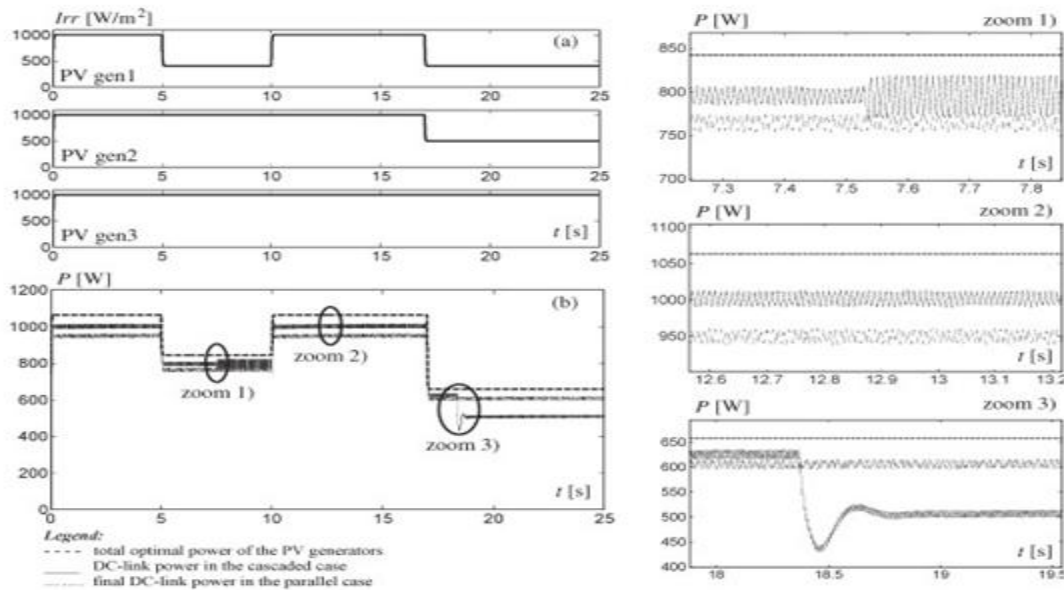
### 3.4.2. So sánh với cấu hình song song

Mô phỏng số có thể được sử dụng để thực hiện một so sánh giữa trường hợp cấu hình giám sát nối tiếp và song song, trong đó các bộ ngắt mạch được nối song song vào kết nối dc chung. Mô phỏng này nhằm mục đích so sánh hiệu quả năng lượng của hai hệ thống PV theo cả hai tiêu chí cân bằng và mất cân bằng mức độ bức xạ đơn. Để đạt được mục tiêu này, mô hình tổn hao là cần thiết. Một sự so sánh chính xác được đảm bảo nếu hai hệ thống PV có cùng một công suất, mỗi nguồn phát điện PV có thể được điều khiển riêng biệt bằng phương tiện của các bộ ngắt mạch giống nhau, và biến tần lưới là như nhau. Lưu ý về kích thước và tải các hệ thống PV nối tiếp đã mô tả trước, một cấu hình song song cho cùng một công suất được cung cấp, điều khiển độc lập nguồn phát điện của PV và công suất bơm vào lưới điện bằng cách chính bộ biến tần phải nhúng vào bộ biến đổi DC-DC 2 tầng. Sơ đồ khối của một cấu trúc mạng lưới nối PV cho ở hình 3.6.



Hình 3.6. Sơ đồ khối của bộ chuyển đổi DC-DC với cấu trúc song song với hai giai đoạn chuyển đổi DC-DC

Bộ boost 1-n được điều khiển duy trì các nguồn phát điện PV trong MPPT, chúng được nối song song vào kết nối thứ nhất ký hiệu là 1. Điện áp của nó phải được duy trì liên tục tại  $V_0$  bằng bộ ngắt mạch chung.. Điện áp  $V_{dc}$  của kết nối thứ hai được giữ không đổi bằng bộ biến tần lưới, mà bộ biến tần này cũng thay đổi cùng với bơm công suất tại thông số lưới. Các thiết lập mô phỏng số đã được thành lập như là sau. Cả hai hệ thống PV nối tiếp và song song chứa ba PV nguồn phát điện. Các chopper (bộ ngắt mạch) PV giống các chopper trong trường hợp nối tiếp và giống như chopper chung; nhưng các thông số điều khiển là giống nhau (để biết thêm chi tiết, xem Phụ lục). Các điện áp dc- kết nối cuối cùng giống như trong trường hợp nối tiếp, tức là,  $V_{dc} = 450 \text{ V}$ , vì lý do lưới liên hệ và sử dụng cùng một biến tần lưới, trong khi điện áp kết nối trung gian dc có thể được nhận  $V_0 = 150 \text{ V}$  để thực hiện sử dụng các tỷ số bộ ngắt mạch khoảng 3. Chỉ có các tổn hao trong các bộ ngắt mạch được mô hình để thay đổi điểm làm việc [26] vì rằng cả 2 cấu trúc đều sử dụng một biến tần và như vậy sự so sánh sẽ hướng tới kết nối dc cuối cùng như công suất ra.. Kịch bản bức xạ sử dụng trong mô phỏng được thể hiện trong hình 3.7 (a).



Hình 3.7. So sánh giữa trường hợp ghép tầng với trường hợp ghép song song dưới cùng một mức độ bức xạ từ điểm quan sát của hiệu suất năng lượng.

Trong đó, ban đầu, tất cả các bức xạ có giá trị tham chiếu  $I_{rr1} = I_{rr2} = I_{rr3} = 1000 \text{ W/m}^2$ . Ở thời gian 25 giây theo hướng nằm ngang ba sự kiện xảy ra: tại thời điểm 5 giây,  $I_{rr1}$  giảm đột ngột đến  $400 \text{ W/m}^2$ , ở thời gian 10 giây, bức xạ một lần nữa lại bằng và tối đa, cuối cùng, lúc 17 giây, cả hai  $I_{rr1}$  và  $I_{rr2}$  biểu diễn sự giảm đột ngột đến  $400$  và  $500 \text{ W/m}^2$ , tương ứng. Trong hình 3.7(b), ta có thể thấy diễn biến theo thời gian về công suất quan tâm, cụ thể là năng lượng tối ưu tổng thể được phân chia bởi các nguồn phát điện PV và công suất kết nối dc cuối cùng trong hai trường hợp. Các lựa chọn cấu hình song song có thể cung cấp công suất tối đa không tương ứng các điều kiện bức xạ vì không có hạn chế bổ sung; mỗi nguồn phát điện PV được bơm dòng tương ứng với công suất tối đa của nó trong kết nối dc. Liên quan đến trường hợp nối tiếp, một nguồn có thể hoạt động dưới điều kiện bức xạ không cân bằng với tất cả các nguồn phát điện PV trong MPPT cho đến khi bộ giám sát có thể tìm thấy một điện áp kết nối dc để cho phép những hạn chế điện áp được đáp ứng. Người ta có thể thấy rằng sự

phát triển giữa những khoảng khắc 5 và 10 giây trong hình 3.7 (b) và phóng đại 1. Mức công suất tối ưu là khoảng 840 W. Công suất kết nối một chiều của trường hợp nối tiếp là lớn cỡ 790W hơn so với công suất cung cấp bởi các trường hợp song song khoảng 760W- rõ ràng vì hệ thống thứ hai có tồn thất hai giai đoạn. Người ta cũng có thể xác định thời điểm khi các kết nối tham chiếu điện áp DC giảm, khi các biến đổi của công suất kết nối dc tăng lên do sự gia tăng của nhiễu MPPT. Hiệu suất của các cấu hình nối tiếp, trong trường hợp này, với trường hợp song song (0,94 so với 0,9). Trong điều kiện cân bằng và mức độ bức xạ tối đa, thì hiệu suất của hai kiến trúc PV thậm chí còn phân biệt rõ ràng hơn (0,95 so với 0,89) trong [hình 3.7].

Hiệu chung của các trường hợp nối tiếp trở nên kém so với các trường hợp song song khi các bức xạ không cân bằng và hoạt động đồng thời MPPT của tất cả các PV nguồn phát điện là không thể xảy ra. Một tình huống như vậy được hiển thị sau giây thứ 17 trong [hình 3.7 (b)]. Công suất tối ưu tổng đạt khoảng 655 W. Trong trường hợp này, bộ giám sát của hệ thống nối tiếp không thể tìm thấy một giá trị giảm thích hợp của điện áp dc, và do đó, một MPPTs có bị loại trừ. Kết quả là, hiệu suất tổng đã giảm khoảng 0,76 so với 0,93 của các cấu hình song song, trong đó nguồn phát điện PV vẫn còn tất cả ở MPPT.

Có gắng đưa một số khái quát ở phần cuối của phân tích. Hai cấu hình PV có thể được so sánh từ quan điểm của hiệu suất năng lượng dưới điều kiện bức xạ bình thường, hệ thống nối tiếp với một lợi thế rõ ràng hơn khi số lượng các tầng biến đổi DC-DC trong cấu trúc song song lớn hơn. Khi mức độ bức xạ riêng khác nhau, bộ giám sát vẫn có khả năng đảm bảo hiệu quả cao của các trường hợp nối tiếp so với hệ song song. Nếu sự suy giảm của hoạt động MPPT trên một số PV nguồn phát điện là hoàn toàn cần thiết, thì mức độ quan hệ giữa hai hiệu suất hình như thay đổi rõ ràng hơn khi số lượng giảm sút MPPT lớn hơn.

Một ưu thế lớn của cấu trúc nối tiếp so với song song là giá thành rẻ do sử dụng ít số lượng các thiết bị điện tử công suất và cấu trúc số của thiết bị tương đối rẻ đã hỗ trợ việc thực hiện giám sát.

### ***Nhận xét***

Trên đây đã trình bày làm thế nào tối ưu hóa năng lượng có thể thể đạt được cho biến đổi nối tầng nối tiếp DC-DC PV. Các loại của các hệ thống này đảm bảo hiệu quả tốt, cùng với chi phí khá thấp khi so sánh với cấu hình song song, chủ yếu là bởi vì các bộ ngắt mạch không bắt buộc phải có tăng cao tỷ lệ. Ngược lại, hoạt động đồng thời của tất cả các PV máy phát điện tại MPPT, để tối đa hóa công suất, dải hạn chế bổ sung được đáp ứng miễn là máy phát điện nhận được gần như cùng một mức độ bức xạ. Khi trường hợp này không đúng nữa, dc-bus quá điện áp có thể phát sinh, như được hiển thị phân tích trạng thái ổn định và mô phỏng số. Một dòng điều khiển lớn để đảm bảo nhanh chóng biến bức xạ điều kiện và nằm trong dải hạn chế giới hạn điện áp đề xuất. Như vậy, mỗi máy phát điện PV được trang bị thêm một quy luật kiểm soát, nhằm hạn chế điện áp đầu ra của chopper. Giám sát được thiết kế, trong đó cho mỗi máy phát điện PV, thiết bị chuyển mạch giữa hai luật kiểm soát để thiết lập chế độ năng lượng tốt nhất có thể theo những hạn chế nhất định. MATLAB / Simulink mô phỏng được thực hiện trong trường hợp của một hệ thống duy nhất pha PV lưới điện quốc gia.

Những điểm chính quan tâm trong các mối quan tâm trong tương lai thời gian thực xác nhận trên các giàn khoan chuyên dụng và thử nghiệm, như lý thuyết phát triển, có thể khái quát dự kiến sức mạnh tối ưu hóa toàn cầu các chiến lược kiểm soát phối hợp.

## KẾT LUẬN

Sau thời gian nghiên cứu và thực hiện đề án cùng với sự hướng dẫn tận tình của GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn, đề án đã hoàn thành với nội dung sau:

1. Chỉ ra được cấu tạo, nguyên lý hoạt động của một hệ thống năng lượng mặt trời nói chung cũng như hệ thống năng lượng mặt trời biến tần nói tiếp nói riêng.

2. Làm thế nào để tối ưu hóa trong việc sử dụng năng lượng mặt trời.

Tuy nhiên do thời gian có hạn và năng lực bản thân còn hạn chế nên trong đề án còn nhiều thiếu sót. Lẽ ra đề án còn phải xây dựng một bộ biến đổi điện áp dòng một chiều từ 12V tới 36V, nhưng do hạn chế về thời gian, kiến thức và tay nghề nên phần này chưa thực hiện được. Đề án mới chỉ thực hiện được phần tìm hiểu về lí thuyết một hệ thống năng lượng mặt trời biến tần nói tiếp, tìm hiểu được phương pháp điều khiển để có một trạm năng lượng mặt trời có công suất cực đại. Phận xây dựng bộ biến đổi DC – DC 12V – 48V khi có điều kiện em sẽ thực hiện. Mong các thầy cô giúp đỡ em.

*Em xin chân thành cảm ơn!*

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Văn Doanh, Nguyễn Thế Công, Trần Văn Thịnh, (2009), ***Điện tử công suất: Lý thuyết-Thiết kế-Ứng dụng*** tập 1. Nhà xuất bản: Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
- [2]. Lê Văn Doanh, Nguyễn Thế Công, Trần Văn Thịnh, (2009) ***Điện tử công suất: Lý thuyết-Thiết kế-Ứng dụng***, tập 2. Nhà xuất bản: Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội
- [3]. Cascaded DC-DC Converter Photovoltaic Systems: Power Optimization Issues. Antoneta Iuliana Bratcu, Iulian Munteanu, Seddik Bacha, Damien Picault, and Bertrand Raison. IEEE Transactions on industrial electronics Vol 58 No 2 February 2011
- [4] J. M. Carrasco, L. G. Franquelo, J. T. Bialasiewicz, E. Galván, R. C. Portillo Guisado, Ma. Á. Martiácuti, Prats, J. I. León, and N. Moreno-Alfonso, (2006), ***Power-electronic systems for the grid integration of renewable energy sources: A survey***, IEEE Trans. Power Electron., vol. 53, no. 4, pp. 1002–1016, Jun.
- [5] S. Jemeumli, D. Hissel, A.-S. Cointe, and B. Al-Nasrawi, (2006) ***Optimization and economic analysis of an hybrid fuel cell, photovoltaic and battery electric power generation system***, J. Fuel Cell Sci. Technol., vol. 3, no. 4, pp. 410–414, Nov..
- [6] V. Salas, E. Olivas, A. Barrado, and A. Lázaro, (2006), ***Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone photovoltaic systems***, Sol. Energy Mater. Sol. Cells, vol. 90, no. 11, pp. 1555–1578, Jul.
- [7]. Trang tìm kiếm tài liệu: <http://www.google.com.vn>
- [8]. Diễn đàn: <http://www.dientuvietnam.net/forums/forum.php>
- [9]. Diễn đàn: <http://webdien.com/d/index.php>