



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0036607

(51)⁷ H01L 31/05

(13) B

(21) 1-2019-02041

(22) 23/04/2019

(45) 25/08/2023 425

(43) 26/10/2020 391A1

(73) VIỆN KHOA HỌC NĂNG LƯỢNG (THUỘC VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM) (VN)

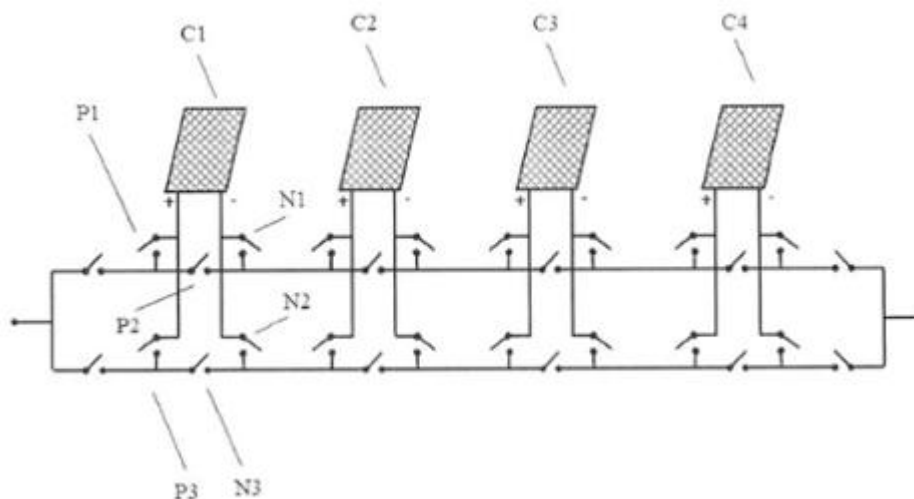
Nhà A9 số 18, đường Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Ngô Ngọc Thành (VN); Nguyễn Quang Ninh (VN); Nguyễn Hoài Nam (VN); Đoàn Văn Bình (VN).

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ Việt Á (VIET A IP CO.,LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ HỆ THỐNG TÁI CẤU TRÚC KẾT NỐI CỦA CÁC TẮM PIN QUANG ĐIỆN CỦA HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và hệ thống tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời để nâng cao hiệu suất của hệ thống năng lượng mặt trời. Phương pháp này bao gồm các bước: ánh xạ các tấm pin quang điện với các phần tử G_{ij} của ma trận mức độ bức xạ mặt trời G , trong đó mỗi nhóm tấm pin quang điện được kết nối nối tiếp với nhau tương ứng với một cột của ma trận mức độ bức xạ mặt trời G ; tính toán mức độ bức xạ mặt trời G_{ij} nhận được trên từng tấm pin quang điện tương ứng theo cấu trúc kết nối ban đầu; tạo ra ma trận tái cấu trúc kết nối B có kích thước tương tự ma trận mức độ bức xạ mặt trời G , trong đó các phần tử B_{ij} của ma trận tái cấu trúc kết nối B được gán giá trị dựa trên giá trị của các phần tử G_{ij} nêu trên sao cho khi sắp xếp các phần tử B_{ij} của ma trận tái cấu trúc kết nối B theo thứ tự từ trên xuống dưới, từ trái sang phải sẽ tạo thành một dãy có giá trị giảm dần; và thay đổi kết nối của các tấm pin quang điện theo ma trận tái cấu trúc kết nối B .



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp và hệ thống tối ưu hóa hệ thống pin quang điện bằng cách tái cấu trúc kết nối tấm pin quang điện thông qua các chuyển mạch (hay có thể gọi là ma trận chuyển mạch) sao cho hiệu suất hệ thống cao nhất, và cụ thể là phương pháp và hệ thống tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời để nâng cao hiệu suất của hệ thống năng lượng mặt trời.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, các nhà khoa học trên thế giới đã và đang tập trung phát triển các nghiên cứu về điện mặt trời nhằm nâng cao hiệu suất ứng dụng năng lượng mặt trời vào phát điện phục vụ nhu cầu tiêu dùng sinh hoạt và sản xuất. Trong khi hiệu suất của các tấm pin mặt trời được sản xuất đã đạt tới ngưỡng tối đa, khó có thể có bước đột phá tăng thêm, việc phát triển, nghiên cứu các thuật toán điều khiển, các thiết bị nhằm tăng hiệu suất chuyển đổi năng lượng mặt trời sang năng lượng điện là hướng đang được tập trung đầu tư.

Quá trình vận hành hệ thống pin quang điện phát sinh vấn đề công suất của từng tấm pin trong hệ thống không đồng nhất và không ổn định, gây ra bởi mức độ chiếu sáng không đồng nhất khi bị che phủ từng phần do bóng của đám mây, cây cối, toà nhà hoặc do sự lão hoá, hỏng hóc của các tấm pin sau một thời gian dài sử dụng.

Hiện tượng này đặt ra thử thách là làm sao kết hợp nhiều tấm pin với công suất khác nhau và công suất đó biến động tương đối thành một hệ thống đồng nhất có hiệu năng cao nhất, giảm thiểu tổn thất công suất hệ thống, dẫn đến sự thiếu hiệu quả của phần lớn các công nghệ MPPT (Maximum Power Point Tracking, tạm dịch là tìm điểm làm việc có công suất cực đại), làm sụt giảm hiệu suất của cả hệ thống năng lượng mặt trời. Hơn nữa, cần giải quyết cả hiện tượng được gọi là “hotspot” (tạm dịch là “vùng nóng cục bộ”) trên những tế bào quang điện bị che phủ, tức là hiện tượng các tế bào quang điện có công suất phát điện yếu không những không đóng góp công suất

cho hệ thống mà còn biến năng lượng điện trong hệ thống thành nhiệt lượng, đốt nóng cục bộ tế bào quang điện.

Để giải quyết vấn đề nêu trên, việc tái cấu trúc hệ thống kết nối các tế bào quang điện đã được đề xuất và sử dụng.

Về bản chất, tái cấu trúc hệ thống chính là thay đổi kết nối của các tấm pin quang điện để đạt được cấu trúc kết nối tối ưu, cho ra công suất của hệ thống là lớn nhất. Hiện nay, bài toán tái cấu trúc được áp dụng cho 2 mô hình kết nối chính của tấm pin quang điện là SP (Series-Parallel, tạm dịch là hỗn hợp nối tiếp song song) và TCT (Total - Cross – Tied, tạm dịch là liên kết mạch ngang toàn bộ). Trên thực tế, các hệ thống năng lượng mặt trời hiện nay phần lớn thường sử dụng mạch kết nối SP, với mục đích các tấm pin quang điện nối tiếp nhằm mục đích tăng điện áp, song song nhằm mục đích tăng dòng điện, đảm bảo đầu vào cho bộ chuyển đổi dòng điện DC/DC hoặc DC/AC.

Trong quá trình hoạt động, trong mạch nối tiếp, khi một tấm pin quang điện bị che phủ, hiệu suất hoạt động thấp sẽ trở thành điểm “hotspot”, tiêu thụ công suất tạo ra bởi các tấm pin quang điện hiệu suất cao hơn. Điốt nối tắt (bypass diot) thường được thiết kế và sử dụng để tránh hiện tượng này nhưng lại không tận dụng được công suất tạo ra bởi tấm pin quang điện kém hiệu suất.

Giải pháp cho vấn đề nêu trên là tái cấu trúc hệ thống năng lượng mặt trời thông qua ma trận chuyển mạch dựa trên phương pháp cân bằng bức xạ, việc tái cấu trúc hệ thống năng lượng mặt trời chính là việc sắp xếp lại mạch kết nối của các tấm pin quang điện nhằm mục đích tăng công suất đầu ra và bảo vệ thiết bị của hệ thống năng lượng mặt trời.

Phương pháp cân bằng bức xạ được tác giả Guillermo Velasco Quesada công bố, đề xuất vào năm 2005. Phương pháp này nhằm mục đích sắp xếp lại kết nối giữa các tấm pin quang điện để cân bằng tổng mức độ chiếu sáng tại các mô đun được kết nối song song trong mạch điện của hệ thống pin năng lượng mặt trời. Nhờ đó, rất nhiều cấu trúc kết nối các tấm pin trong hệ thống pin năng lượng mặt trời đã được các nhà nghiên cứu đề xuất nhằm giảm thiểu tổn thất công suất trong hệ thống.

Tùy theo cách phân loại mà ta có các loại cấu trúc khác nhau, gồm các dạng cấu trúc cơ bản như mắc nối tiếp, mắc song song, hỗn hợp nối tiếp và song song (Series-Parallel - SP), liên kết mạch ngang toàn bộ (Total-Cross-Tied – TCT), kết nối kiểu dây liên kết cầu (bridge-link array) và kiểu dây theo lỗ tổ ong (Honey-Comb array).

Về mặt thuật toán, trong những nghiên cứu gần đây, nhiều thuật toán, công nghệ điều khiển trong việc tìm điểm làm việc có công suất cực đại (Maximum Power Point Tracking - MPPT) đã được công bố như được mô tả dưới đây.

Các thuật toán tái cấu trúc kết nối của các tế bào quang điện hoặc các tấm pin quang điện đã được đề xuất trong tài liệu công bố patent Hoa Kỳ số US 8785829 B2, tài liệu công bố đơn yêu cầu cấp patent Châu Âu số EP 2846165 A1, và tài liệu công bố đơn yêu cầu cấp patent Úc số AU 2009338829 A1. Về cơ bản, các thuật toán nêu trên đều đề cập đến nguyên lý cơ bản để thực hiện tái cấu trúc kết nối của các tế bào quang điện hoặc các tấm pin quang điện thông qua việc thay đổi kết nối của các tế bào quang điện hoặc các tấm pin quang điện sao cho chúng ở vị trí kết nối nối tiếp hoặc song song theo yêu cầu trong hệ mạch điện theo cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện mong muốn. Tuy nhiên, các thuật toán này khá phức tạp.

Do đó, có nhu cầu về thuật toán tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện mà có thể thực hiện được việc tái cấu trúc một cách linh hoạt để tạo ra cấu trúc hệ mạch điện tối ưu hóa, trong đó việc đóng mở các khóa chuyển mạch của từng tấm pin quang điện trong hệ thống năng lượng mặt trời được thực hiện dựa trên các tham số về cường độ dòng điện và điện áp của từng tấm pin trong hệ thống theo thời gian thực.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp và hệ thống tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời để nâng cao hiệu suất của hệ thống năng lượng mặt trời trong điều kiện chiếu sáng không đồng nhất.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời để nâng cao hiệu suất của hệ thống năng lượng mặt trời, phương pháp này bao gồm các bước:

ánh xạ các tấm pin quang điện với các phần tử G_{ij} của ma trận mức độ bức xạ mặt trời G , trong đó mỗi nhóm tấm pin quang điện được kết nối nối tiếp với nhau tương ứng với một cột của ma trận mức độ bức xạ mặt trời G , và các nhóm tấm pin quang điện này được kết nối song song với nhau để tạo thành cấu trúc kết nối ban đầu ở dạng cấu trúc kết nối hỗn hợp nối tiếp và song song của các tấm pin quang điện;

tính toán mức độ bức xạ mặt trời nhận được trên từng tấm pin quang điện theo cấu trúc kết nối ban đầu dựa trên giá trị dòng điện và điện áp đo được của từng tấm pin quang điện, và gán giá trị của các phần tử G_{ij} nêu trên theo giá trị mức độ bức xạ mặt trời tính toán được của tấm pin quang điện tương ứng;

tạo ra ma trận tái cấu trúc kết nối B có kích thước tương tự ma trận mức độ bức xạ mặt trời G , trong đó các phần tử B_{ij} của ma trận tái cấu trúc kết nối B được gán giá trị dựa trên giá trị của các phần tử G_{ij} nêu trên sao cho khi sắp xếp các phần tử B_{ij} của ma trận tái cấu trúc kết nối B theo thứ tự từ trên xuống dưới, từ trái sang phải sẽ tạo thành một dãy có giá trị giảm dần;

thay đổi kết nối của các tấm pin quang điện theo ma trận tái cấu trúc kết nối B , trong đó mỗi tấm pin quang điện được ánh xạ với một vị trí của phần tử B_{ij} có giá trị tương ứng với giá trị mức độ bức xạ mặt trời của tấm pin quang điện này, và mỗi nhóm tấm pin quang điện tương ứng trên mỗi cột của ma trận tái cấu trúc kết nối B được kết nối nối tiếp với nhau và các nhóm các nhóm tấm pin quang điện này được kết nối song song với nhau.

Theo phương pháp được đề xuất này, sáng chế có thể thực hiện được việc tái cấu trúc một cách linh hoạt để tạo ra cấu trúc hệ mạch điện tối ưu hóa, trong đó việc đóng mở các khóa chuyển mạch của từng tấm pin quang điện trong hệ thống năng lượng mặt trời được thực hiện dựa trên các tham số về cường độ dòng điện và điện áp, là các tham số cơ bản và rất đơn giản để đo được, của từng tấm pin trong hệ thống theo thời gian thực, nhờ đó có thể đơn giản hóa hoạt động của các phần tử trong hệ thống năng lượng mặt trời.

Tốt hơn là, để tính toán một cách chính xác, việc tính toán mức độ bức xạ mặt trời nhận được trên từng tấm pin quang điện được thực hiện bằng cách áp dụng công

thức tính bức xạ mặt trời ước tính mức độ bức xạ nhận được của mỗi tấm pin quang điện theo công thức sau:

$$G = \frac{G_{STC}}{I_{LSTC} + \mu_{1sc}(T_c - T_{cSTC})} \left[I + I_0 \left(e^{\frac{V + IR_S}{N_S A k \frac{T_c}{q}}} - 1 \right) + \frac{V + IR_S}{R_{Sh}} \right]$$

trong đó:

G : bức xạ mặt trời, đơn vị W/m^2 ,

I, V : giá trị dòng điện, điện áp đo được tại TPQĐ,

G_{STC} : giá trị bức xạ mặt trời ở điều kiện tiêu chuẩn ($1000W/m^2$),

I_{LSTC} : dòng điện tạo ra bởi TBQĐ tại điều kiện tiêu chuẩn,

μ_{1sc} : hệ số nhiệt độ dòng ngắn mạch,

T_c : nhiệt độ của TBQĐ,

T_{cSTC} : nhiệt độ tại điều kiện tiêu chuẩn (298.15 K),

I_0 : dòng bão hòa,

R_S : điện trở nối tiếp,

R_{SH} : điện trở song song,

N_S : số TBQĐ kết nối nối tiếp trong TPQĐ,

A : hệ số chất lượng của đi ốt,

k : hằng số Boltzmann,

q : điện tích electron,

T_c : nhiệt độ của TBQĐ.

Ngoài ra, việc tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời để nâng cao hiệu suất của hệ thống năng lượng mặt trời trong điều kiện chiếu sáng không đồng nhất, trong đó sai lệch giá trị điện áp giữa hai lần đo liên nhau của từng tấm pin quang điện được so sánh với giá trị (ε) xác định trước, nếu sai lệch

giá trị điện áp nêu trên lớn hơn ε thì thực hiện việc tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện.

Tốt hơn là, để đơn giản hóa về mặt giải thuật, việc gán giá trị các phần tử B_{ij} của ma trận tái cấu trúc kết nối B được thực hiện thông qua các bước:

chuyển ma trận mức độ bức xạ mặt trời G có các phần tử G_{ij} thành mảng dữ liệu A;

sắp xếp các phần tử A_i của mảng dữ liệu A thu được theo chiều giảm dần;

tạo ra ma trận tái cấu trúc kết nối B có kích thước tương tự ma trận mức độ bức xạ mặt trời G và lần lượt sắp xếp các phần tử A_i của mảng A vào ma trận B theo chiều từ trên xuống dưới, từ trái sang phải.

Ngoài ra, việc thay đổi kết nối của các tấm pin quang điện được thực hiện thông qua điều khiển đóng mở các khóa chuyển mạch để nối hoặc ngắt kết nối tấm pin quang điện này với tấm quang điện khác và/hoặc các đường mạch sao cho tấm pin quang điện này ở vị trí kết nối theo yêu cầu.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời để nâng cao hiệu suất của hệ thống năng lượng mặt trời, hệ thống này bao gồm:

các pin quang điện, trong đó mỗi cực của từng pin quang điện này được nối với nhiều hơn một khóa chuyển mạch để thực hiện kết nối cực này với vị trí mong muốn trong hệ mạch điện theo cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện xác định;

bộ phận đo dòng và điện áp của các tấm pin quang điện để đo dòng và đo điện áp của từng tấm pin quang điện;

bộ phận xử lý dữ liệu thực hiện xử lý tín hiệu do bộ phận đo dòng điện, điện áp của từng tấm pin quang điện một cách riêng biệt, ghi nhận, lưu trữ và tính toán mức độ bức xạ mặt trời nhận được trên từng tấm pin quang điện dựa trên các dữ liệu thu được từ bộ phận đo dòng điện và điện áp;

bộ vi xử lý được tạo cấu hình để điều khiển các thành phần của hệ thống năng lượng mặt trời nêu trên thực hiện phương pháp nêu trên.

Theo một phương án cụ thể, hệ thống này bao gồm bốn tấm pin quang điện, mỗi cực của từng pin quang điện này được nối với ba khóa chuyển mạch.

Tốt hơn là, trong đó bộ phận đo dòng và điện áp của các tấm pin quang điện thực hiện đo dòng và đo điện áp của các tấm pin quang điện định kỳ theo khoảng thời gian xác định trước.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các mục đích, dấu hiệu và các ưu điểm nêu trên, cũng như các mục đích, dấu hiệu và các ưu điểm khác của sáng chế sẽ được làm rõ nhờ phần mô tả các phương án thực hiện được nêu làm ví dụ minh họa dưới đây, có dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Hình 1 là hình vẽ giản lược thể hiện hệ thống năng lượng mặt trời theo sáng chế, trong đó mỗi cực của tấm pin quang điện được kết nối với ba khóa chuyển mạch;

Hình 2 là hình vẽ giản lược thể hiện hệ thống năng lượng mặt trời theo sáng chế trên Hình 1, trong đó trạng thái các khóa chuyển mạch được thay đổi để tạo ra cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện;

Hình 3 là hình vẽ giản lược thể hiện dạng kết nối hỗn hợp nối nối tiếp song song của các tấm pin quang điện theo một ví dụ của sáng chế;

Hình 4 là lưu đồ thuật toán theo một ví dụ để thực hiện phương pháp theo sáng chế;

Hình 5 là hình vẽ giản lược thể hiện dạng kết nối hỗn hợp nối nối tiếp song song của các tấm pin quang điện theo một ví dụ cụ thể của sáng chế;

Hình 6 là hình vẽ giản lược thể hiện dạng kết nối hỗn hợp nối nối tiếp song song của các tấm pin quang điện theo một ví dụ cụ thể trên Hình 5, trong đó cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện được tái cấu trúc kết nối;

Hình 7a và Hình 7b là đồ thị thể hiện kết quả mô phỏng của các ví dụ được thể hiện trên Hình 5 và Hình 6 nêu trên.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, các phương án thực hiện được nêu làm ví dụ của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trước hết, cần lưu ý rằng nếu các phần tử trên các hình vẽ được biểu thị bằng các số chỉ dẫn, thì các phần tử giống nhau hoặc tương tự sẽ được biểu thị bằng các số chỉ dẫn giống nhau cho dù chúng nằm trên các hình vẽ khác nhau. Ngoài ra, trong phần mô tả sau đây, nếu phần mô tả chi tiết các chức năng và các cấu tạo liên quan vốn đã được biết rõ có thể sẽ được lược bỏ để giúp tập trung cho việc mô tả làm rõ bản chất của sáng chế.

Nói chung, phương pháp và hệ thống tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời theo sáng chế được thực hiện dựa trên thuật toán tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện dựa trên việc phân tích, xử lý các tham số về cường độ dòng điện và điện áp của từng tấm pin quang điện trong hệ thống năng lượng mặt trời, được đo ở thời gian thực, và trên cơ sở đó, bộ vi xử lý đưa ra cấu trúc kết nối mạch điện tối ưu và đưa ra tín hiệu điều khiển trạng thái đóng mở của các khóa chuyển mạch để tạo nên cấu trúc kết nối mạch điện tối ưu cho hệ thống pin điện mặt trời.

Để dễ dàng hơn cho việc hiểu rõ về sáng chế, trước tiên thống tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời theo sáng chế sẽ được mô tả. Về cơ bản, hệ thống tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời bao gồm: hệ thống các tấm pin quang điện; bộ phận đo dòng và điện áp của các tấm pin quang điện; phương tiện chuyển tiếp dữ liệu; bộ phận xử lý dữ liệu (hay cũng có thể được gọi là bo mạch chủ); bộ vi xử lý; và các khóa chuyển mạch được kết nối với các cực của tấm pin quang điện, các khóa chuyển mạch này có thể được tạo cấu hình và sắp xếp thành một ma trận chuyển mạch.

Ngoài ra, vỏ thiết bị có thể được tạo ra để bảo vệ các chi tiết bên trong và làm tăng tính thẩm mỹ của thiết bị. Vỏ thiết bị có thể được làm bằng bất cứ vật liệu nào đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng miễn là đáp ứng các yêu cầu về mặt kỹ thuật.

Trong một phương án ưu tiên, vỏ thiết bị cho phép các tấm pin quang điện kết nối trực tiếp.

Theo một ví dụ cụ thể hệ thống các tấm pin quang điện theo sáng chế được cấu tạo từ bốn tấm pin quang điện được lắp trên của vỏ thiết bị (không được thể hiện trên các hình vẽ) ở vị trí có thể đón ánh nắng mặt trời, có chức năng biến đổi năng lượng ánh sáng thành năng lượng điện. Cần hiểu rằng, các tấm pin quang điện theo sáng chế có thể là các tấm pin quang điện bất kỳ, tuy nhiên tốt hơn là được lựa chọn theo các loại pin quang điện thông thường trong thương mại, có kích thước phù hợp.

Bộ phận đo dòng điện, điện áp của các tấm pin quang điện là các phần tử đo dòng và đo điện áp bất kỳ, ưu tiên là các phần tử đo thông thường đã biết với kích thước phù hợp để có thể lắp đặt hoặc tích hợp với các tấm pin quang điện. Bộ phận này có chức năng đo và ghi lại tạm thời giá trị cường độ dòng điện và điện áp của từng tấm pin quang điện tạo ra tại từng thời điểm nhất định, và biến thành các số liệu đo được thành tín hiệu mà bộ phận xử lý dữ liệu có thể hiểu được. Trong quá trình hoạt động, sau mỗi khoảng thời gian định trước, bộ phận đo dòng điện, điện áp của các tấm pin quang điện gửi tín hiệu về thông số dòng điện và điện áp của từng tấm pin quang điện đến bộ phận xử lý dữ liệu thông qua phương tiện chuyển tiếp dữ liệu.

Phương tiện chuyển tiếp dữ liệu có thể là phương tiện truyền không dây, phương tiện truyền có dây như hệ thống dây dẫn tín hiệu, có thể là dây cáp điện, cáp quang hoặc bất cứ thành phần nào có khả năng truyền dữ liệu giữa các bộ phận của thiết bị. Phương tiện chuyển tiếp dữ liệu này giúp có thể chuyển các kết quả đo đạc được từ bộ phận đo dòng điện, điện áp tới bộ phận xử lý dữ liệu.

Bộ phận xử lý dữ liệu là thiết bị có chức năng xử lý tín hiệu do bộ phận đo dòng điện, điện áp của từng tấm pin quang điện một cách riêng biệt, ghi nhận, lưu trữ và biến đổi các dữ liệu thu được từ bộ phận đo thành dạng dữ liệu đầu vào cho bộ vi xử lý. Bộ phận xử lý dữ liệu này có thể là bo mạch chủ hoặc PC thông thường.

Nếu phát hiện ra điện áp lần đo trước và lần đo sau lệch một khoảng nhỏ hơn ϵ , trong đó ϵ là giá trị định trước, thì bộ phận xử lý dữ liệu (mother-board) (5) không xử lý.

Nếu điện áp lần đo trước và lần đo sau lệch một khoảng lớn hơn ε thì Bộ phận xử lý dữ liệu (5) phát tín hiệu yêu cầu bộ phận đo dòng điện, điện áp của hệ thống pin quang điện (2) đo điện áp và đo dòng của từng tấm pin quang điện trong hệ thống.

Bộ vi xử lý được tạo cấu hình để có thể đưa ra lựa chọn cấu trúc kết nối tối ưu của các tấm pin quang điện, theo đó bộ vi xử lý có chức năng xử lý thông tin dựa trên các tham số đầu vào (điện áp, dòng điện của từng tấm pin quang điện trong hệ thống) mà được cung cấp từ bộ phận xử lý dữ liệu. Bộ vi xử lý lựa chọn cấu trúc kết nối tối ưu của các tấm pin quang điện dựa trên việc thực hiện phương pháp tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời theo sáng chế (sẽ được mô tả chi tiết dưới đây), thông qua đó điều khiển ma trận chuyển mạch bằng cách ra lệnh đóng mở các khóa chuyển mạch của ma trận chuyển mạch này. Nhờ đó, ma trận chuyển mạch được điều khiển trạng thái tương ứng với cấu trúc kết nối mới được lựa chọn/tái cấu trúc kết nối cho từng tấm pin quang điện theo một cách thức kết nối mạch điện mới.

Ma trận chuyển mạch bao gồm các khóa chuyển mạch được bố trí theo hàng, cột; cực mỗi tấm pin quang điện được nối với nhiều hơn một khóa chuyển mạch, trong đó mỗi khóa chuyển mạch này có hai trạng thái đóng hoặc mở, các cực của các tấm pin quang điện ưu tiên là được kết nối với khóa chuyển mạch bởi dây dẫn điện. Trạng thái đóng ngắt của các khóa chuyển mạch được xác định dựa trên kết quả tính toán của bộ vi xử lý như được mô tả trên đây để đưa ra một cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện theo hệ mạch điện hỗn hợp nối tiếp song song mới được được tối ưu hóa, phù hợp với thực trạng hiệu suất của từng tấm pin trong hệ thống.

Ma trận chuyển mạch bao gồm ít nhất là 24 khóa chuyển mạch, trong đó mỗi cực âm và cực dương của đầu ra (output) của mỗi tấm pin mặt trời được bố trí ba khóa chuyển mạch trước khi nối với với hệ mạch chung của hệ thống. Như được thể hiện trên Hình 1, tấm pin quang điện C1 có cực dương của nó được nối với ba khóa chuyển mạch P1, P2 và P3, và cực âm của nó được nối với ba khóa chuyển mạch N1, N2 và N3.

Các khóa chuyển mạch sẽ được điều khiển bởi bộ vi xử lý, theo đó ứng với mỗi giá trị tổng hợp của dòng điện và điện áp của toàn bộ các tấm pin quang điện, bộ vi xử

lý tính toán và đưa ra một cấu trúc kết nối tối ưu và phát tín hiệu điều khiển trạng thái đóng mở của từng khóa chuyển mạch. Tùy từng trạng thái đóng hay mở của các khóa chuyển mạch, dòng điện từ tấm pin quang điện sẽ được nối vào hệ thống năng lượng mặt trời theo một cách khác nhau, từ đó tạo nên cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện.

Theo một ví dụ cụ thể, trong đó hệ thống năng lượng mặt trời bao gồm bốn tấm pin quang điện nêu trên, để tạo ra cấu trúc kết nối mà tấm pin quang điện C1 được nối nối tiếp với tấm pin quang điện C2 để tạo thành một nhóm nối tiếp, tấm pin quang điện C3 được nối nối tiếp với tấm pin quang điện C4 để tạo thành một nhóm nối tiếp khác (xem Hình 3), trạng thái đóng mở của các khóa chuyển mạch sẽ được thực hiện như thể hiện trên Hình 2, trong đó các khóa chuyển mạch P1, N1 và N3 ở trạng thái đóng, và các khóa chuyển mạch P2, P3 và N2 ở trạng thái mở.

Tiếp theo, phương pháp tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết theo các bước thực hiện từ Bước 1 đến Bước 6.

Bước 1, dựa trên cấu trúc kết nối ban đầu, chẳng hạn như cấu trúc kết nối được thể hiện trên Hình 3, trong đó nhóm các pin quang điện nối nối tiếp C1, C2 được nối song song với nhóm các pin quang điện nối nối tiếp C3, C4 để tạo thành cấu trúc kết nối hỗn hợp nối tiếp song song, các cảm biến của bộ đo dòng điện, điện áp thực hiện đo dòng điện và đo điện áp của từng tấm pin quang điện, truyền về bộ phận xử lý dữ liệu; sau đó, bộ phận xử lý dữ liệu tính toán mức độ bức xạ mặt trời nhận được trên từng tấm pin quang điện bằng cách áp dụng công thức tính bức xạ mặt trời ước tính mức độ bức xạ nhận được của mỗi tấm pin quang điện như sau:

$$G = \frac{G_{STC}}{I_{L_{STC}} + \mu_{1_{sc}}(T_c - T_{c_{STC}})} \left[I + I_0 \left(e^{\frac{V + IR_S}{N_{SAK} \frac{T_c}{q}}} - 1 \right) + \frac{V + IR_S}{R_{Sh}} \right] \quad (1)$$

Trong đó:

G : bức xạ mặt trời, đơn vị W/m^2 ,

- I, V : giá trị dòng điện, điện áp đo được tại TPQĐ,
 G_{STC} : giá trị bức xạ mặt trời ở điều kiện tiêu chuẩn ($1000W/m^2$),
 I_{LSTC} : dòng điện tạo ra bởi TBQĐ tại điều kiện tiêu chuẩn,
 μ_{1sc} : hệ số nhiệt độ dòng ngắn mạch,
 T_c : nhiệt độ của TBQĐ,
 T_{cSTC} : nhiệt độ tại điều kiện tiêu chuẩn (298.15 K),
 I_0 : dòng bão hòa,
 R_s : điện trở nối tiếp,
 R_{SH} : điện trở song song,
 N_s : số TBQĐ kết nối nối tiếp trong TPQĐ,
 A : hệ số chất lượng của đi ốt,
 k : hằng số Boltzmann,
 q : điện tích electron,
 T_c : nhiệt độ của TBQĐ.

Bước 2, bộ vi xử lý sẽ lựa chọn cấu trúc kết nối tối ưu dựa trên các dữ liệu về mức độ bức xạ mặt trời nhận được trên từng tấm pin quang điện để có thể tăng tối đa hiệu suất làm việc của hệ thống năng lượng mặt trời trong điều kiện chiếu sáng không đồng nhất.

Thông thường, thuật toán tìm cấu trúc kết nối tối ưu sẽ đưa ra vị trí kết nối mới trong hệ mạch điện của các tấm pin quang điện sao cho sau khi sắp xếp lại, các tấm pin quang điện trên cùng một mạch nối tiếp có độ chênh lệch bức xạ mặt trời là ít nhất. Độ chênh lệch về bức xạ chiếu sáng giữa các tấm pin quang điện trong mạch nối tiếp tỷ lệ thuận với độ chênh lệch dòng điện tạo ra giữa các tấm pin. Trong trường hợp lý tưởng, n tấm pin quang điện trong mạch nối tiếp có cùng giá trị bức xạ mặt trời giống nhau, sẽ tránh được tổn hao không đáng có.

Để thực hiện tính toán, các tấm pin quang điện được ánh xạ với ma trận mức độ bức xạ mặt trời G , trong đó mỗi nhóm tấm pin quang điện được kết nối nối tiếp với nhau tương ứng với một cột của ma trận mức độ bức xạ mặt trời G , và các nhóm tấm

pin quang điện này được kết nối song song với nhau để tạo thành cấu trúc kết nối ban đầu ở dạng cấu trúc kết nối hỗn hợp nối tiếp và song song của các tấm pin quang điện. Các phần tử G_{ij} của ma trận mức độ bức xạ mặt trời G được tính toán theo công thức (1) trên đây, và mỗi phần tử G_{ij} lúc này tương ứng với giá trị bức xạ nhận được của tấm pin quang điện tại hàng i và cột j trong mạch kết nối hỗn hợp nối tiếp và song song. Chỉ số cân bằng $EI_{1..m}$ được tính cho mỗi mạch nối tiếp (mỗi cột) được tính theo công thức:

$$EI_j = \max(G_{ij}) - \min(G_{ij}) \quad \forall i = 1..n$$

Hàm mục tiêu của thuật toán là:

$$EI = \max(EI_j) = 0 \quad \forall j = 1..m$$

Theo đó, cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện có chỉ số cân bằng EI thấp nhất sẽ giúp tối ưu hiệu suất nhất. Trong trường hợp có nhiều cấu trúc kết nối có cùng chỉ số EI , cấu trúc với số lần chuyển mạch ít nhất sẽ được lựa chọn để đơn giản hóa quá trình điều khiển chuyển mạch.

Theo sáng chế, thuật toán để tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện rất đơn giản và hiệu quả như vẫn có thể giúp đạt được chỉ số cân bằng EI thấp. Lưu đồ giải thuật thể hiện trên Hình 4 và sẽ được mô tả chi tiết theo các bước từ Bước 3 tới Bước 5 dưới đây.

Bước 3, bộ vi xử lý chuyển ma trận ban đầu G_{ij} thành mảng dữ liệu A_i , sau đó thực hiện thuật toán sắp xếp, chẳng hạn như sử dụng thuật toán sắp xếp nhanh QuickSort để sắp xếp mảng dữ liệu A sao cho giá trị các phần tử A_i được sắp xếp theo chiều giảm dần.

Bước 4, tạo ma trận tái cấu trúc kết nối B có kích thước tương đương ma trận mức độ bức xạ mặt trời G .

Bước 5, lần lượt sắp xếp các phần tử A_i của mảng A vào ma trận tái cấu trúc kết nối B theo chiều từ trên xuống dưới, từ trái sang phải và sau đó thay đổi kết nối của các tấm pin quang điện theo ma trận tái cấu trúc kết nối B bằng cách đóng mở các chuyển mạch tương ứng để tạo ra cấu trúc kết nối tối ưu, trong đó mỗi tấm pin quang điện được ánh xạ với một vị trí của phần tử B_{ij} có giá trị tương ứng với giá trị mức độ bức xạ mặt trời của tấm pin quang điện này, và mỗi nhóm tấm pin quang điện tương

ứng trên mỗi cột của ma trận tái cấu trúc kết nối B được kết nối nối tiếp với nhau và các nhóm các nhóm tấm pin quang điện này được kết nối song song với nhau.

Bước 6, sau mỗi khoảng thời gian định trước, kiểm tra lại giá trị dòng điện, điện áp của từng tấm pin quang điện một lần. Nếu giá trị lớn hơn giá trị định trước thì lặp lại Bước 1.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Dưới đây, một ví dụ cụ thể thực hiện sáng chế sẽ được mô tả, theo ví dụ này hệ thống năng lượng mặt trời gồm bốn tấm pin quang điện, trong quá trình làm việc nhận được các bức xạ khác nhau, tính toán giá trị các phần tử G_{ij} và thu được ma trận mức độ bức xạ mặt trời G như sau:

1000	1000
100	100

Trong đó: G_{ij} ứng với giá trị bức xạ mặt trời tại hàng i , cột j .

Kết nối các pin quang điện theo cấu trúc kết nối này được thể hiện trên Hình 5, trong đó tấm pin quang điện C1 nối nối tiếp với tấm pin quang điện C3, và tấm pin quang điện C2 được nối nối tiếp với tấm pin quang điện C4.

Chuyển ma trận ma trận mức độ bức xạ mặt trời G thành dãy số để thu được mảng A như sau:

1000	100	1000	100
A_0	A_1	A_2	A_3

Sử dụng thuật toán sắp xếp QuickSort sắp xếp mảng A theo chiều giảm dần thu được kết quả như sau:

1000	1000	100	100
A_0	A_1	A_2	A_3

Tạo ra ma trận tái cấu trúc kết nối B có kích thước tương tự ma trận ma trận mức độ bức xạ mặt trời G, và sắp xếp các phần tử A_i của mảng A vào ma trận tái cấu trúc kết nối B theo chiều từ trên xuống dưới, từ trái sang phải thu được ma trận tái cấu trúc kết nối B như sau:

1000	100
1000	100

Kết nối các pin quang điện theo cấu trúc kết nối được tái cấu trúc này được thể hiện trên Hình 6, trong đó tấm pin quang điện C1 nối nối tiếp với tấm pin quang điện C2, và tấm pin quang điện C3 được nối nối tiếp với tấm pin quang điện C4.

Kết quả mô phỏng cho ví dụ cụ thể nêu trên được thể hiện trên Hình 7a và Hình 7b, biểu đồ công suất hệ thống năng lượng mặt trời cho thấy kết quả sau khi tái cấu trúc cao hơn đáng kể và theo đó đáp ứng các yêu cầu đặt ra.

Hiệu quả có thể đạt được của sáng chế

Theo phương pháp và hệ thống tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời được mô tả chi tiết trên đây, sáng chế có thể đạt được các hiệu quả dưới đây.

Các tấm pin quang điện được tái cấu trúc trong hệ mạch tối ưu, do đó luôn cho công suất đầu ra của hệ thống tốt hơn. Theo kết quả mô phỏng đã cho thấy sáng chế có thể làm tăng thêm tới 30% công suất của toàn hệ thống.

Việc sử dụng năng lượng tái tạo giúp hạn chế việc phát thải khí CO₂, giảm hiệu ứng nhà kính, bảo vệ môi trường.

Ngoài ra, thông qua việc tự động thu thập các số liệu một cách liên tục, các diễn biến thất thường của tấm pin quang điện cũng có thể được phát hiện và xử lý kịp thời.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời để nâng cao hiệu suất của hệ thống năng lượng mặt trời, phương pháp này bao gồm các bước:

ánh xạ các tấm pin quang điện với các phần tử G_{ij} của ma trận mức độ bức xạ mặt trời G , trong đó mỗi nhóm tấm pin quang điện được kết nối nối tiếp với nhau tương ứng với một cột của ma trận mức độ bức xạ mặt trời G , và các nhóm tấm pin quang điện này được kết nối song song với nhau để tạo thành cấu trúc kết nối ban đầu ở dạng cấu trúc kết nối hỗn hợp nối tiếp và song song của các tấm pin quang điện;

tính toán mức độ bức xạ mặt trời nhận được trên từng tấm pin quang điện theo cấu trúc kết nối ban đầu dựa trên giá trị dòng điện và điện áp đo được của từng tấm pin quang điện, và gán giá trị của các phần tử G_{ij} nêu trên theo giá trị mức độ bức xạ mặt trời tính toán được của tấm pin quang điện tương ứng;

tạo ra ma trận tái cấu trúc kết nối B có kích thước tương đương tự ma trận mức độ bức xạ mặt trời G , trong đó các phần tử B_{ij} của ma trận tái cấu trúc kết nối B được gán giá trị dựa trên giá trị của các phần tử G_{ij} nêu trên sao cho khi sắp xếp các phần tử B_{ij} của ma trận tái cấu trúc kết nối B theo thứ tự từ trên xuống dưới, từ trái sang phải sẽ tạo thành một dãy có giá trị giảm dần;

thay đổi kết nối của các tấm pin quang điện theo ma trận tái cấu trúc kết nối B , trong đó mỗi tấm pin quang điện được ánh xạ với một vị trí của phần tử B_{ij} có giá trị tương ứng với giá trị mức độ bức xạ mặt trời của tấm pin quang điện này, và mỗi nhóm tấm pin quang điện tương ứng trên mỗi cột của ma trận tái cấu trúc kết nối B được kết nối nối tiếp với nhau và các nhóm các nhóm tấm pin quang điện này được kết nối song song với nhau.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc tính toán mức độ bức xạ mặt trời nhận được trên từng tấm pin quang điện được thực hiện bằng cách áp dụng công thức tính bức xạ mặt trời ước tính mức độ bức xạ nhận được của mỗi tấm pin quang điện theo công thức sau:

$$G = \frac{G_{STC}}{I_{LSTC} + \mu_{1sc}(T_c - T_{cSTC})} \left[I + I_0 \left(e^{\frac{V + IR_S}{N_S A k \frac{T_c}{q}}} - 1 \right) + \frac{V + IR_S}{R_{Sh}} \right]$$

trong đó:

- G : bức xạ mặt trời, đơn vị W/m^2 ,
- I, V : giá trị dòng điện, điện áp đo được tại TPQĐ,
- G_{STC} : giá trị bức xạ mặt trời ở điều kiện tiêu chuẩn ($1000W/m^2$),
- I_{LSTC} : dòng điện tạo ra bởi TBQĐ tại điều kiện tiêu chuẩn,
- μ_{1sc} : hệ số nhiệt độ dòng ngắn mạch,
- T_c : nhiệt độ của TBQĐ,
- T_{cSTC} : nhiệt độ tại điều kiện tiêu chuẩn (298.15 K),
- I_0 : dòng bão hòa,
- R_S : điện trở nối tiếp,
- R_{SH} : điện trở song song,
- N_S : số TBQĐ kết nối nối tiếp trong TPQĐ,
- A : hệ số chất lượng của đi ốt,
- k : hằng số Boltzmann,
- q : điện tích electron,
- T_c : nhiệt độ của TBQĐ.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó việc tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời để nâng cao hiệu suất của hệ thống năng lượng mặt trời trong điều kiện chiếu sáng không đồng nhất, trong đó sai lệch giá trị điện áp giữa hai lần đo liên nhau của từng tấm pin quang điện được so sánh với giá trị (ε) xác định trước, nếu sai lệch giá trị điện áp nêu trên lớn hơn ε thì thực hiện việc tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện.

4. Phương pháp theo điểm 1, 2 hoặc 3, trong đó việc gán giá trị các phần tử B_{ij} của ma trận tái cấu trúc kết nối B được thực hiện thông qua các bước:

chuyển ma trận mức độ bức xạ mặt trời G có các phần tử G_{ij} thành mảng dữ liệu A;

sắp xếp các phần tử A_i của mảng dữ liệu A thu được theo chiều giảm dần;

tạo ra ma trận tái cấu trúc kết nối B có kích thước tương đương tự ma trận mức độ bức xạ mặt trời G và lần lượt sắp xếp các phần tử A_i của mảng A vào ma trận B theo chiều từ trên xuống dưới, từ trái sang phải.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó việc thay đổi kết nối của các tấm pin quang điện được thực hiện thông qua điều khiển đóng mở các khóa chuyển mạch để nối hoặc ngắt kết nối tấm pin quang điện này với tấm quang điện khác và/hoặc các đường mạch sao cho tấm pin quang điện này ở vị trí kết nối theo yêu cầu.

6. Hệ thống tái cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện của hệ thống năng lượng mặt trời để nâng cao hiệu suất của hệ thống năng lượng mặt trời, hệ thống này bao gồm:

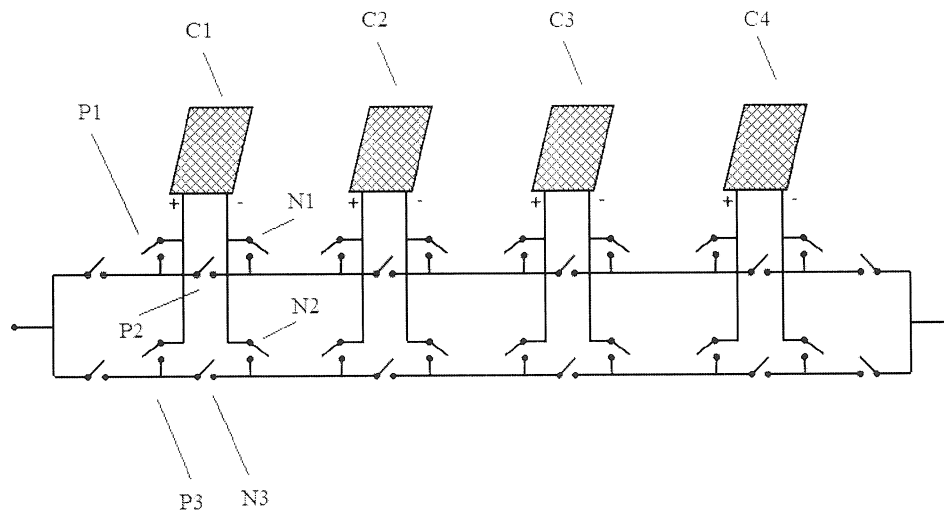
các pin quang điện, trong đó mỗi cực của từng pin quang điện này được nối với nhiều hơn một khóa chuyển mạch để thực hiện kết nối cực này với vị trí mong muốn trong hệ mạch điện theo cấu trúc kết nối của các tấm pin quang điện xác định;

bộ phận đo dòng và điện áp của các tấm pin quang điện để đo dòng và đo điện áp của từng tấm pin quang điện;

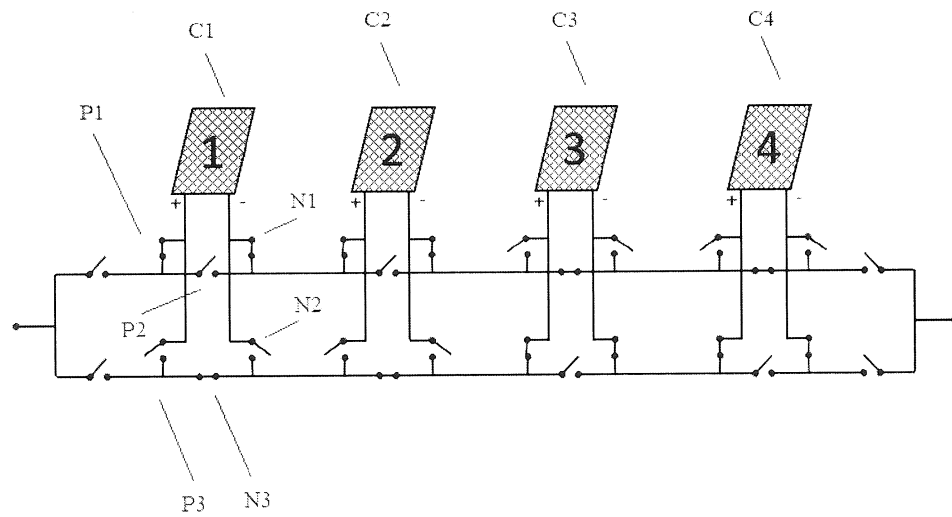
bộ phận xử lý dữ liệu thực hiện xử lý tín hiệu do bộ phận đo dòng điện, điện áp của từng tấm pin quang điện một cách riêng biệt, ghi nhận, lưu trữ và tính toán mức độ bức xạ mặt trời nhận được trên từng tấm pin quang điện dựa trên các dữ liệu thu được từ bộ phận đo dòng điện và điện áp;

bộ vi xử lý được tạo cấu hình để điều khiển các thành phần của hệ thống năng lượng mặt trời nêu trên thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5.

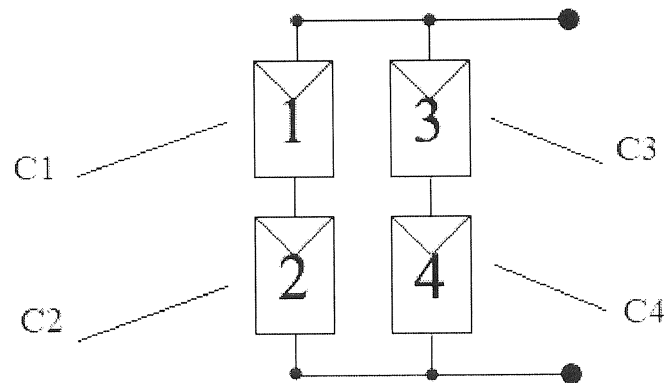
7. Hệ thống theo điểm 6, trong đó hệ thống này bao gồm bốn tấm pin quang điện, mỗi cực của từng pin quang điện này được nối với ba khóa chuyển mạch.
8. Hệ thống theo điểm 6 hoặc 7, trong đó bộ phận đo dòng và điện áp của các tấm pin quang điện thực hiện đo dòng và đo điện áp của các tấm pin quang điện định kỳ theo khoảng thời gian xác định trước.



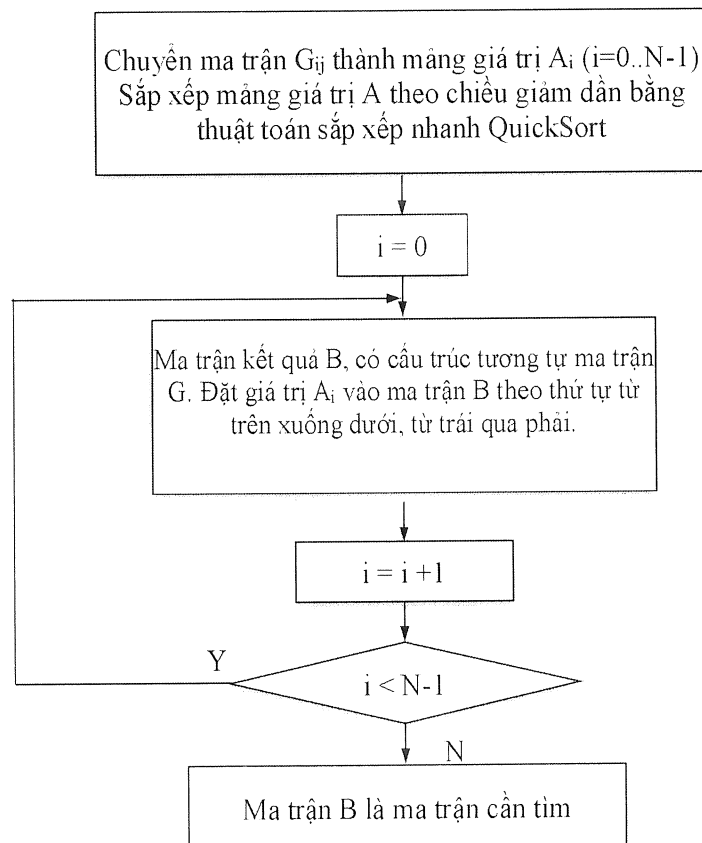
Hình 1



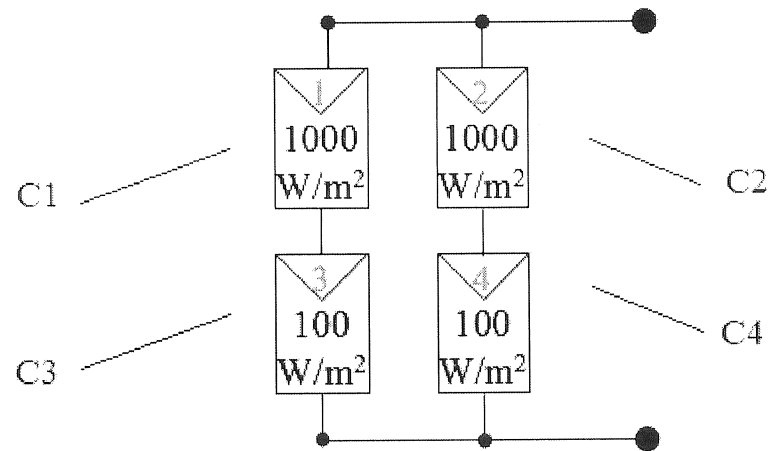
Hình 2



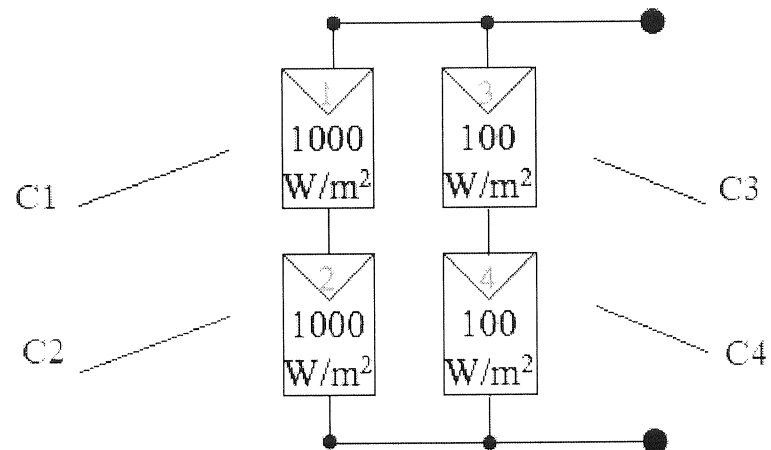
Hình 3



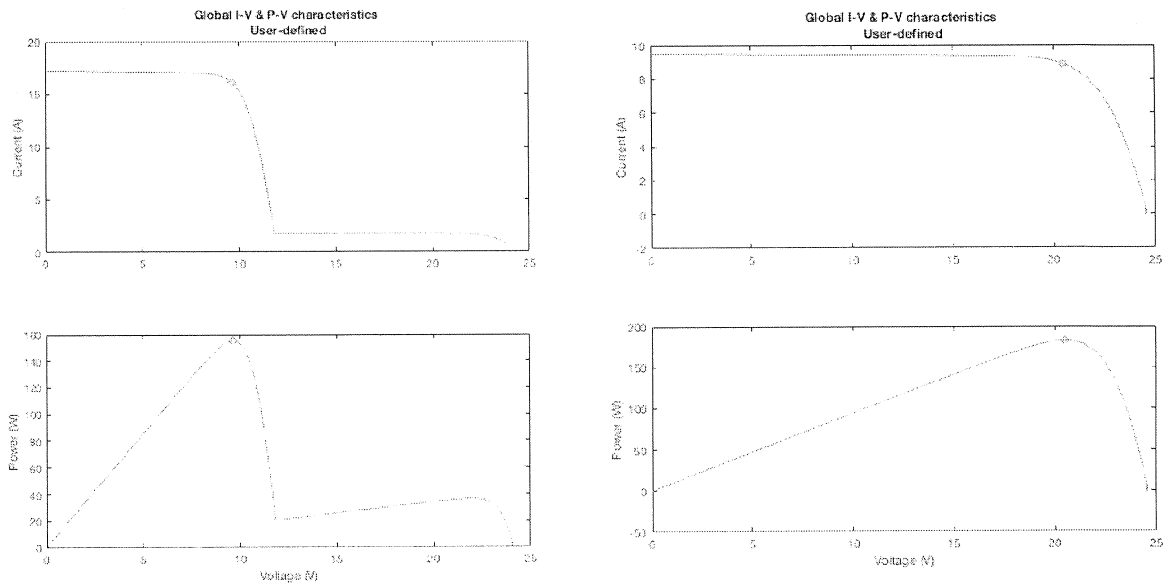
Hình 4



Hình 5



Hình 6



a. Biểu đồ công suất hệ thống PV trước khi tái cấu trúc ($P_{MPPT} = 158W$)

b. Biểu đồ công suất hệ thống PV sau khi tái cấu trúc ($P_{MPPT} = 190W$)

Hình 7