



ELSEVIER

Vật liệu năng lượng mặt trời &amp; Pin mặt trời 75 (2003) 655-663

---

---

**Solar Energy Materials  
& Solar Cells**


---

---

www.elsevier.com/locate/solmat

# Công nghệ chẩn đoán và hệ thống chuyên gia cho hệ thống quang điện sử dụng phương pháp học tập

Yasuhiro Yagi\*, Hitoshi Kishi, Ryuzo Hagihara,  
Toshiya Tanaka, Shinichi Kozuma, Takeo Ishida,  
Masahiro Waki, Makoto Tanaka, Seiichi Kiyama

Trung tâm nghiên cứu vật liệu mới, SANYO Electric Co., Ltd., 1-1 Dainichi-higashimachi, Thành phố Moriguchi,  
Osaka 570-8502, Nhật Bản

---

## Tóm tắt

Công nghệ chẩn đoán cho hệ thống quang điện (PV) đã được phát triển, sử dụng phương pháp học để tính đến các điều kiện của từng địa điểm. Công nghệ này sử dụng cơ sở dữ liệu tiêu chí chẩn đoán để phân tích dữ liệu thu được từ các hệ thống PV. Các tiêu chí này được cập nhật hàng tháng cho từng địa điểm bằng cách sử dụng dữ liệu đã phân tích. Để kiểm tra bóng trên các mô-đun PV và nhiệt kế, phương pháp xác minh tính vi cũng được áp dụng cho công nghệ này. Sau khi chẩn đoán, phương pháp giới sẽ cung cấp lời khuyên bảo trì cho các hệ thống PV. Dựa trên kết quả chẩn đoán chính xác, hệ thống chuyên gia này cung cấp lời khuyên bảo trì nhanh chóng và phù hợp trong vòng vài phút. Công nghệ này rất hữu ích vì nó đơn giản hóa đáng kể việc bảo dưỡng và bảo trì các hệ thống PV. © 2002 Elsevier Science BV Mọi quyền được bảo lưu.

Từ khóa: Phương pháp học tập; Công nghệ chẩn đoán; Tiêu chí; Hệ thống chuyên gia; Hệ thống quang điện;  
Tỷ lệ hiệu suất hệ thống; Hiệu suất chuyển đổi biến tần; Bảo trì

---

## 1. Giới thiệu

Việc sử dụng hệ thống quang điện (PV) hiện đang tăng nhanh chóng trên toàn thế giới. Với sự gia tăng này của các hệ thống PV, số lượng các vấn đề không thể được coi là không đáng kể mặc dù các hệ thống PV được cho là cung cấp tỷ lệ lỗi thấp và thời gian trung bình dài giữa các lần hỏng hóc. Do đó, tầm quan trọng của dịch vụ và bảo trì đang tăng lên. Tuy nhiên, rất khó và mất nhiều thời gian để xác định nguyên nhân của

---

\*Tác giả liên hệ. Điện thoại: +81-6-6900-3530.

Địa chỉ email: yasu.yagi@rd.sanyo.co.jp (Y. Yagi).

vấn đề trong hệ thống PV. Điều này là do nhiều yếu tố phức tạp liên quan, chẳng hạn như nhiệt độ, bức xạ, bóng tối, v.v., ảnh hưởng đến hiệu suất của hệ thống PV.

Chúng tôi đã phát triển một công nghệ chẩn đoán cho các hệ thống PV dựa trên dữ liệu phân tích thống kê của chúng tôi. Và tính đến các điều kiện của từng địa điểm, công nghệ chẩn đoán sử dụng phương pháp học. Theo các chẩn đoán chính xác, một hệ thống chuyên gia dựa trên cơ sở dữ liệu kinh nghiệm bảo trì của chúng tôi cũng đã được thêm vào để cung cấp lời khuyên bảo trì như "Máy đo bức xạ nhiệt bị hỏng. Vui lòng kiểm tra hoặc thay thế".

Khi dữ liệu đặc tính đầu ra của hệ thống PV trong quá trình vận hành được đo như dữ liệu "Chương trình thử nghiệm thực địa" theo Tổ chức phát triển công nghệ công nghiệp và năng lượng mới (NEDO) hoặc nhà riêng [1,2], phần mềm này cung cấp các bình luận nhanh chóng và chính xác trong vòng vài phút.

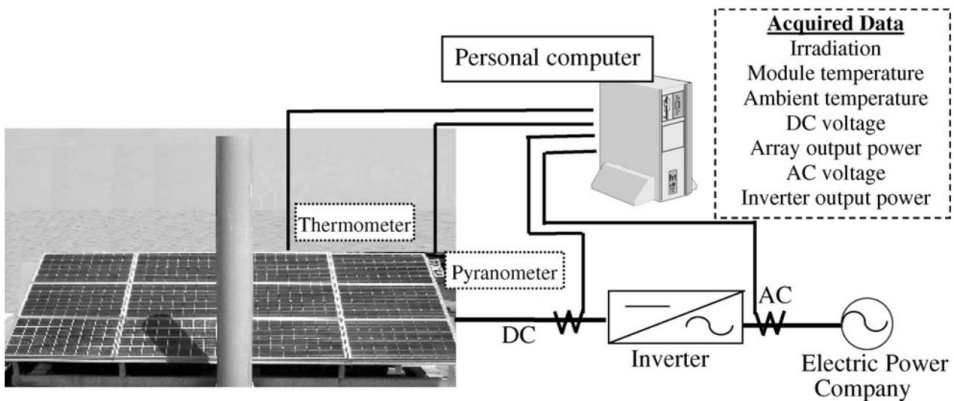
2. Phương pháp chẩn đoán

2.1. Luồng chẩn đoán

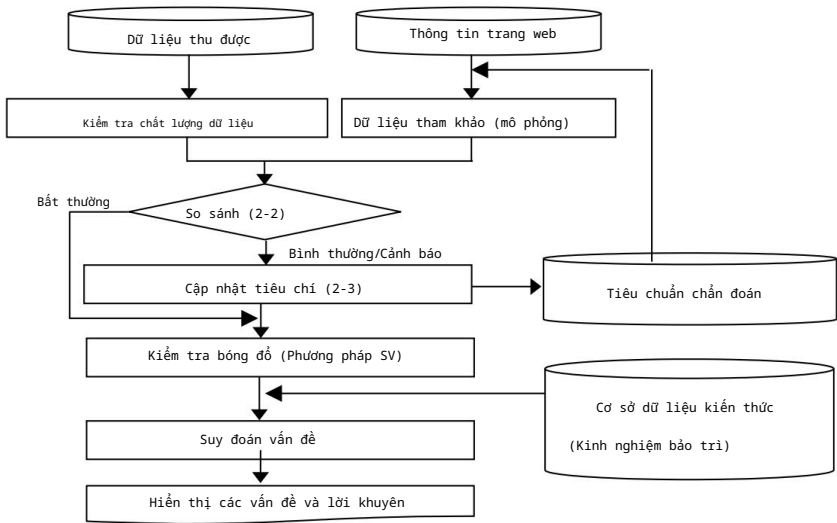
Hình 1 cho thấy một ví dụ về hệ thống PV và dữ liệu từ hệ thống PV được lưu vào máy tính cá nhân.

Tuy nhiên, đôi khi dữ liệu không được để lại hoặc không được sắp xếp. Để chẩn đoán hệ thống PV chính xác bằng dữ liệu, cần phải đảm bảo chất lượng dữ liệu thu được và so sánh chúng với dữ liệu tham chiếu.

Dữ liệu tham chiếu như nhiệt độ của mô-đun, công suất đầu ra của mảng, bức xạ, v.v. được cho là dựa trên địa điểm (vĩ độ, kinh độ, dữ liệu khí tượng tiêu chuẩn, v.v.) và điều kiện lắp đặt (hướng, độ nghiêng và loại tế bào quang điện, v.v.).



Hình 1. Hệ thống PV và hệ thống thu thập dữ liệu.



Hình 2. Luồng chẩn đoán.

Sau đó, tính bình thường/bất thường của hệ thống được chẩn đoán bằng tiêu chuẩn chẩn đoán (2.2).

Đối với chẩn đoán dữ liệu trong tương lai, tiêu chuẩn chẩn đoán được cập nhật để điều chỉnh đặc điểm của địa điểm (2.3).

Để chẩn đoán bóng tối trên các mô-đun và nhiệt kế, phương pháp SV [3] đã được sử dụng.

Sau đó, các vấn đề được suy đoán bằng cách sử dụng kết quả chẩn đoán và bảo trì dữ liệu trải nghiệm.

Cuối cùng, hệ thống này hiển thị như sau 'Inverter Stopped. Vui lòng kiểm tra Inverter'.

Hình 2 cho thấy luồng chẩn đoán.

2.2. Chẩn đoán dữ liệu

Để chẩn đoán tính bình thường/bất thường của hệ thống, tỷ lệ dữ liệu thu được so với dữ liệu tham chiếu được tính toán. Khi dữ liệu khí tượng thực tế và dữ liệu khí tượng trung bình (từ Cơ quan Khí tượng) gần bằng nhau, tỷ lệ này gần bằng '1'.

Một ví dụ về chẩn đoán dữ liệu như vậy là như sau: khi tỷ lệ công suất phát ra vào mùa hè là '1' và tỷ lệ công suất phát ra vào mùa đông là '0,7', thì có thể giả định có bóng râm hoặc tuyết trên các mô-đun vào mùa đông. Trong trường hợp này, '1' là tiêu chí để chẩn đoán.

2.3. Tiêu chuẩn và phương pháp học tập

Dữ liệu khí tượng trung bình như METPV [4] được thu thập theo từng khoảng thời gian trên khắp Nhật Bản. Điều này có nghĩa là một số địa điểm PV không tồn tại gần một địa điểm mà

dữ liệu khí tượng được thu thập. Do đó, thời tiết tại địa điểm thu thập được dữ liệu khí tượng trung bình và dữ liệu tại hệ thống PV có một chút khác biệt. Để giải thích cho sự khác biệt này, cần phải điều chỉnh tiêu chuẩn chẩn đoán.

Trong chẩn đoán này, tỷ lệ dữ liệu thu được so với dữ liệu tham chiếu cho biết sự khác biệt giữa địa điểm thu được dữ liệu khí tượng trung bình và địa điểm của hệ thống PV. Đối với chẩn đoán trong tương lai, các tiêu chí được cập nhật bằng cách sử dụng tỷ lệ. Là một ví dụ về việc cập nhật tiêu chí, khi tiêu chí là '1' và tỷ lệ dữ liệu thu được để tham chiếu dữ liệu là '0,92', tiêu chí mới được đặt thành '0,97'. Phương pháp cập nhật này ảnh hưởng đến số lần cập nhật, mục dữ liệu, v.v.

Theo dữ liệu thực tế của chúng tôi, hiệu suất chuyển đổi biến tần không dao động nhiều nhiều trên toàn bộ phạm vi đầu vào và mức trung bình là khoảng 0,925. Chúng tôi đã quyết định rằng tiêu chuẩn cho hiệu suất chuyển đổi biến tần là giá trị hằng số '0,925'. Điều này giá trị là đủ vì hầu như tất cả các hiệu suất chuyển đổi biến tần của Nhật Bản biến tần là 0,9 đến 0,95.

Trong khi đó, tỷ lệ hiệu suất mảng và tỷ lệ hiệu suất hệ thống là lập lại hàng năm. Đối với hai tỷ lệ, tiêu chí của mười hai tháng được thiết lập. Mỗi tháng tiêu chí được cập nhật theo tỷ lệ của mỗi tháng.

Bảng 1 cho thấy tiêu chuẩn chẩn đoán ban đầu.

Để chẩn đoán tỷ lệ dữ liệu thu được và dữ liệu tham chiếu chính xác hơn, cần được phân loại thành ba phạm vi tiêu chuẩn chẩn đoán. Các phạm vi tiêu chuẩn chẩn đoán này là bao gồm ''Phạm vi dữ liệu bất thường'', ''phạm vi dữ liệu cảnh báo'' và ''dữ liệu bình thường'' phạm vi'' (xem Bảng 2). Phạm vi dữ liệu bình thường có biên độ thay đổi là giá trị thực nghiệm và trung tâm của nó là tiêu chuẩn của nó. Mặt khác, sự bất thường phạm vi dữ liệu được đặt thành một phạm vi hằng số, cũng là giá trị thử nghiệm của chúng tôi.

Các tiêu chí được cập nhật hàng tháng để điều chỉnh chúng theo đặc điểm của từng trang web khi các tiêu chí nằm trong ''phạm vi dữ liệu cảnh báo'' hoặc ''phạm vi dữ liệu bình thường''. Trong trường hợp ''Phạm vi dữ liệu bất thường'', các tiêu chí không được cập nhật để ngăn chặn chẩn đoán sai. Đó là vì dữ liệu bất thường sẽ được chẩn đoán là bình thường dữ liệu và ngược lại nếu tiêu chí được cập nhật.

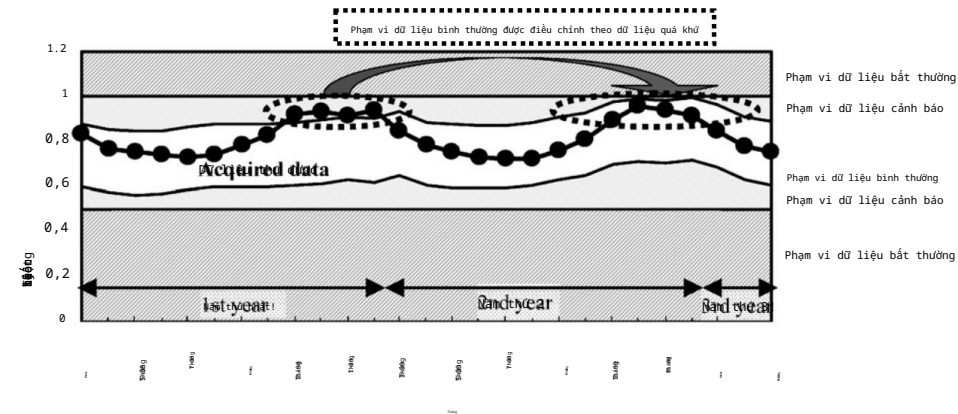
Bảng 1  
Dữ liệu ban đầu của tiêu chuẩn chẩn đoán

Mục dữ liệu	Tiêu chí ban đầu
Chiều xạ	1
Nhiệt độ môi trường	1
Nhiệt độ ở mặt sau của mô-đun	1
Điện áp DC	1
Công suất đầu ra của mảng	1
Điện áp AC	1
Công suất đầu ra của biến tần	1
Tỷ lệ hiệu suất của mảng (=Công suất đầu ra của mảng/Bức xạ/Công suất PV)	Nhiều loại (0,7-0,8)
Tỷ lệ hiệu suất hệ thống (=Công suất đầu ra của biến tần/Bức xạ/Công suất PV)	Khác nhau (0,65-0,75)
Hiệu suất chuyển đổi biến tần (= Công suất đầu ra của biến tần/Công suất đầu ra của mảng)	0,925

Bảng 2

Cơ sở dữ liệu tiêu chuẩn chẩn đoán

Phạm vi dữ liệu	Ý nghĩa của phạm vi dữ liệu	Phương pháp thiết lập phạm vi
Phạm vi dữ liệu bình thường	Không có vấn đề gì.	Biên độ từ tiêu chí của nó.
Phạm vi dữ liệu cảnh báo	Hệ thống PV có thể gặp sự cố.	Phạm vi giữa ''Phạm vi dữ liệu bình thường'' và ''Phạm vi dữ liệu bất thường'' Ngoài
Phạm vi dữ liệu bất thường	Các vấn đề lớn đã xảy ra với hệ thống dữ liệu và/hoặc thiết bị đo lường.	ngưỡng không đổi.



Hình 3. Chuyển đổi tỷ lệ hiệu suất hệ thống (Hệ thống PV thông thường).

3. Kết quả

3.1. Kết quả chẩn đoán của hệ thống PV bình thường

Hình 3 cho thấy sự chuyển đổi của tỷ lệ hiệu suất hệ thống cho 3,75 kwp thực tế Hệ thống PV tại Tỉnh Hyogo, Nhật Bản.

Vào mùa đông của năm đầu tiên sử dụng, tỷ lệ hiệu suất hệ thống vượt quá phạm vi dữ liệu bình thường. Nguyên nhân không phải do sự cố hệ thống mà là do nhiệt độ môi trường thấp hơn dữ liệu khí tượng chuẩn. Trên thực tế, dữ liệu nhiệt độ thu được từ mô-đun phía dưới thấp hơn dữ liệu tham chiếu khi xem xét dữ liệu khí tượng chuẩn trung bình là 51C. Do đó, tỷ lệ hiệu suất hệ thống vào mùa đông nên được đánh giá là ''Phạm vi dữ liệu bình thường'' và kết quả này được phản ánh trong cơ sở dữ liệu tiêu chí chẩn đoán cho năm tiếp theo.

Vào năm thứ hai, ''Phạm vi dữ liệu bình thường'' vào mùa đông đã dịch chuyển lên trên dựa trên cơ sở dữ liệu được cập nhật và do đó tỷ lệ hiệu suất hệ thống hiện nằm trong ''Phạm vi dữ liệu bình thường''.

Bảng 3 là ví dụ về kết quả chẩn đoán của dữ liệu thu thập được vào tháng 1 năm 2000. Dựa trên các phân tích này, hệ thống chuyên gia hiển thị bình luận chung là ''Không vấn đề gì''. Điều này chứng minh rằng việc cập nhật tiêu chuẩn chẩn đoán giúp chẩn đoán được tính bình thường hoặc bất thường của hệ thống PV.

3.2. Kết quả chẩn đoán của hệ thống PV có vấn đề

3.2.1. Phát hiện bóng đổ Hình

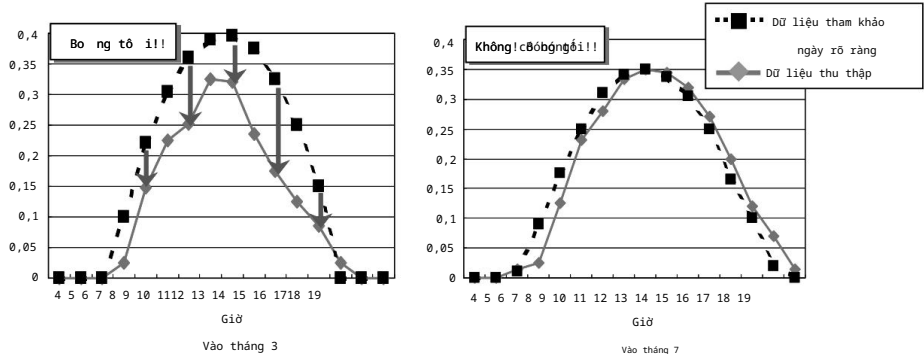
1 hệ thống được sử dụng để kiểm tra phương pháp chẩn đoán và hệ thống chuyên gia, và một cột điện thoại được cố tình lắp đặt ở phía trước hệ thống PV 0,5 kW.

Để phát hiện hiệu ứng đổ bóng trên các mô hình, phương pháp SV [3] đã được sử dụng. Ngoài ra, dữ liệu đã được phân tích hàng giờ để phát hiện hướng của chướng ngại vật. Phía bên trái của Hình 4 hiển thị dữ liệu hàng giờ của ngày quang đăng của dữ liệu tham chiếu (xem xét nhiệt độ và bức xạ của mảng) và công suất đầu ra biến tần tối đa vào tháng 3. Sử dụng Phương pháp SV và phân tích hàng giờ, người ta cho rằng một cái bóng

Bảng 3  
Kết quả của một hệ thống PV bình thường

Dữ liệu thu được	Phạm vi dữ liệu
Chiếu xạ	Bình thường
Điện áp AC	Bình thường
Công suất đầu ra của biến tần	Bình thường
Nhiệt độ ở mặt sau của mô-đun	Bình thường
Hiệu suất chuyển đổi biến tần	Bình thường
Tỷ lệ hiệu suất hệ thống	Bình thường
Bóng tối trên máy đo bức xạ nhiệt	KHÔNG
Bóng đổ trên các mô-đun	KHÔNG

Nhận xét chung: Không vấn đề gì.



Hình 4. Mẫu công suất ngày nắng và sự tách biệt của bóng râm.

được đúc trên các mô-đun từ 10:00 đến 15:00. Mặt khác, không có bóng  
đúc trên các mô-đun vào tháng 7 (Hình 4).

Bảng 4 cho thấy kết quả chẩn đoán vào tháng 3 năm 2001. Phương pháp SV và hàng giờ  
phân tích cho rằng khả năng có bóng đổ trên các mô-đun  
'rất cao' vì tỷ lệ công suất đầu ra của bộ biến tần so với dữ liệu tham chiếu  
và thực tế là không có bóng đổ trên các mô-đun vào tháng 7. Mặt khác,  
vấn đề về công suất đầu ra của biến tần và tỷ lệ hiệu suất hệ thống có 'cao'  
khả năng vì công suất đầu ra của biến tần và tỷ lệ hiệu suất hệ thống không  
trong 'phạm vi dữ liệu bất thường' nhưng trong 'phạm vi dữ liệu cảnh báo'.

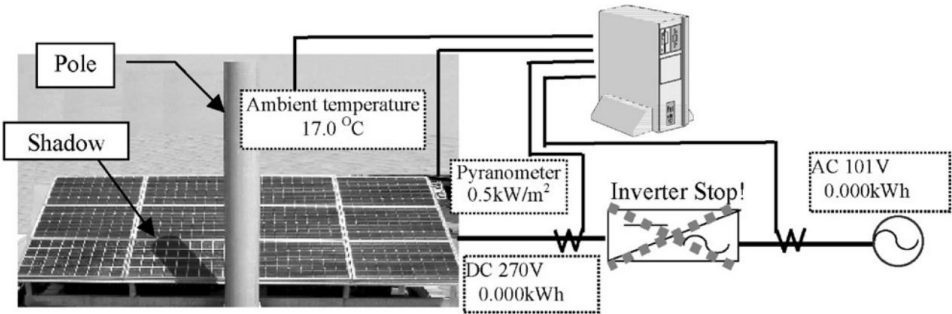
Theo những phân tích này, hệ thống này cho rằng bóng tối trên các mô-đun  
đã hạn chế công suất đầu ra của bộ biến tần và hiển thị bình luận chung 'Bóng trên  
'mô-đun'.

3.2.2. Phát hiện biến tần dừng

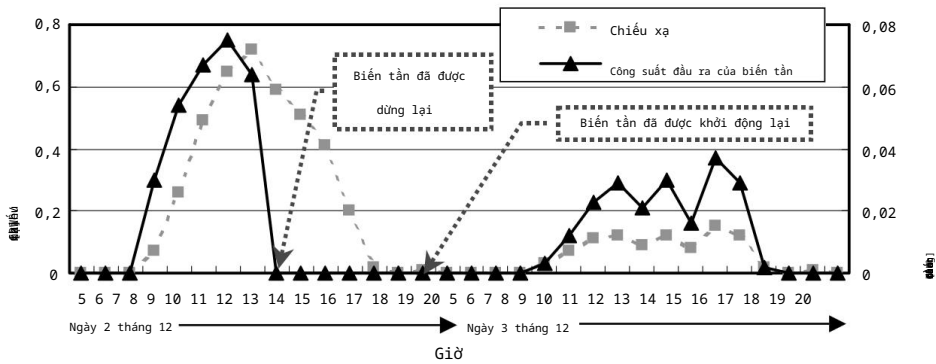
Biến tần trong hệ thống Hình 1 đã được dừng cố ý lúc 13:00 ngày 2 tháng 12  
và khởi động lại lúc 19:00 ngày 12 tháng 12 để xác nhận xem bộ biến tần có dừng không

Bảng 4  
Kết quả của một vấn đềHệ thống PV

Dữ liệu thu được	Phạm vi dữ liệu	Khả năng
Chiều xạ	Bình thường	-
Nhiệt độ mô-đun	Bình thường	-
Công suất đầu ra của mảng	Cảnh báo (Thấp)	Cao
Điện áp AC	Bình thường	-
Công suất đầu ra của biến tần	Cảnh báo (Thấp)	Cao
Hiệu suất chuyển đổi biến tần	Bình thường	-
Tỷ lệ hiệu suất hệ thống	Cảnh báo (Thấp)	Cao
Bóng tối trên máy đo bức xạ nhiệt	-	-
Bóng đổ trên các mô-đun	Không 10:00-15:00	Rất cao



Hình 5. Cấu hình và dữ liệu tại thời điểm 14:00 ngày 12 của hệ thống biến tần dừng.



Hình 6. Công suất đầu ra của biến tần và bức xạ.

đã phát hiện. Dữ liệu tại thời điểm 14:00 ngày 12 được thể hiện ở Hình 5. Và dữ liệu về công suất đầu ra của biến tần và lượng bức xạ vào ngày 2 và 3 tháng 12 được thể hiện ở Hình 6.

Trong trường hợp này, phương pháp chẩn đoán như sau;

- (1) ''Điện áp AC 101 V'' cho biết không có khả năng dây dẫn giữa bộ biến tần và đường dây lưới bị đứt.
- (2) ''DC 270 V'' chỉ ra rằng không có khả năng có dây giữa bộ biến tần và đường lưới bị hỏng hoặc các mô-đun bị hỏng.
- (3) ''Công suất đầu ra của biến tần 0,000 kW'' cho biết có khả năng biến tần dừng (hoặc trực trực) và/hoặc thiết bị đo lường có vấn đề về công suất đầu ra của biến tần.
- (4) Việc khôi phục dữ liệu đầu ra của biến tần vào ngày 3 tháng 12 cho thấy không có khả năng thiết bị đo lường gặp sự cố về công suất đầu ra của biến tần.

Theo (1)-(4), hệ thống này hiển thị ''Biến tần dừng từ 13:00 ngày 2 tháng 12 đến 7 giờ ngày 3 tháng 12''.

#### 4. Kết luận

Công nghệ chẩn đoán cho hệ thống PV được phát triển bằng phương pháp học tập. Một hệ thống chuyên gia cung cấp lời khuyên bảo trì từ dữ liệu được phân tích cũng đã được thêm vào. Độ chính xác của các công nghệ này đã được chứng minh tại các địa điểm thực tế.

Các tính năng đặc biệt của công nghệ chẩn đoán này như sau:

- (1) Việc cập nhật các tiêu chuẩn chẩn đoán giúp chẩn đoán được tính bình thường hoặc bất thường của hệ thống PV, có tính đến các đặc điểm của hệ thống PV và khí hậu.
- (2) Phương pháp SV và phân tích dữ liệu hàng giờ xác định vị trí bóng tối trên mô-đun hoặc máy đo bức xạ nhiệt.
- (3) Từ kết quả chẩn đoán, lời khuyên bảo trì cũng được đưa ra.



Công nghệ này rất hữu ích vì nó đơn giản hóa việc bảo dưỡng và bảo trì hệ thống PV.

Tài liệu tham khảo

- [1] Y. Yagi, H. Kishi, R. Hagihara, S. Kozuma, T. Tanaka, T. Ishida, K. Uchihashi, S. Kiyama, S. Nakano, Đánh giá và phân tích dữ liệu hoạt động dài hạn cho hệ thống phát điện PV kết nối lưới. NESC lần thứ tư, 1999, trang 113-117.
- [2] R. Hagihara, Y. Yagi, H. Kishi, T. Ishida, K. Uchihashi, S. Kiyama, A. Tanaka, T. Tsurusaki, H. Nakagami, T. Fujita, H. Fukami, Ước tính và Kết quả Phân tích cho Hệ thống Phát điện PV Kết nối Lưới điện cho Nhà ở tại Khu vực Tokyo, Biên bản Hội nghị chung JSES/JWEA, 1998, tr. 53-56.
- [3] K. Kurokawa, D. Uchida, K. Otani, T. Sugiura, Giá trị hiệu suất PV thực tế thu được bởi Số lượng hệ thống kết nối lưới điện ở Nhật Bản, North Sun '99, 1999, trang 11-14.
- [4] A. Itagaki, H. Okamura, K. Hattori, M. Yamada, H. Iida, Chuẩn bị dữ liệu bức xạ mặt trời hàng giờ trên bề mặt nghiêng có tên METPV tại 150 trạm khí tượng trên khắp Nhật Bản, Biên bản Hội nghị chung JSES/JWEA, 1998, trang 105-108.