

ĐIỆN MẶT TRỜI LẮP MÁI NỔI LƯỚI - GIẢI PHÁP TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG HIỆU QUẢ CHO CÁC TÒA NHÀ CÔNG CỘNG

GRID CONNECTED ROOFTOP PV - ENERGY EFFICIENT SOLUTION FOR PUBLIC BUILDINGS

Nguyễn Thùy Linh^{1,2}, Lê Thị Minh Châu¹, Trần Đình Long¹

¹Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, ²Trường Đại học Phạm Văn Đồng

Tóm tắt:

Điện mặt trời lắp mái nổi lưới ở các tòa nhà công cộng có nhiều ưu điểm vượt trội so với các tòa nhà cư dân riêng lẻ: có công suất đặt lớn hơn, mặc dù có cấu trúc phức tạp hơn nhưng vận hành linh hoạt hơn, độ tin cậy cao hơn và chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tốt hơn. Các tòa nhà công cộng phần lớn hoạt động vào ban ngày trùng với khoảng thời gian hoạt động của dàn pin quang điện nên điện năng phát ra được tiêu thụ ngay tại chỗ, hiệu quả sử dụng điện cao. Bài báo giới thiệu cụ thể cấu trúc và thông số kỹ thuật chính của hệ thống được nghiên cứu, kết quả đo đạc và xử lý số liệu, xác định một số thông số đặc trưng của nguồn điện mặt trời lắp mái nổi lưới cho các tòa nhà công cộng.

Từ khóa:

Quang điện, modul PV, inverter, biểu đồ công suất, chất lượng điện năng.

Abstract:

Grid connected rooftop PV system for public buildings have many advantages in comparison with the system of dwelling buildings: bigger installed capacity, flexible operation, higher reliability and better technical-economic indices. The public buildings mainly work in day - time coinciding with the operation time of PV modules so that almost energy generated by PV system is consumed at the site and the efficiency of energy using is very high. The paper describes the structure and main technical parameters of studied systems, results of measuring and determining operational characteristics of public grid-connected rooftop PV systems.

Keywords:

Photovoltaic, PV modules, inverter, power generated curves, power quality.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong số các nguồn năng lượng tái tạo ở Việt Nam, nguồn điện mặt trời có tính khả thi cao [1-3], đặc biệt là nguồn điện mặt

trời lắp mái nổi lưới (ĐMTLMNL) với những ưu điểm vượt trội của nó: (1) nguồn vốn đầu tư không lớn và đang có xu hướng giảm nhanh, (2) dễ dàng lắp đặt, (3) vận hành đơn giản, chi phí vận hành và bảo dưỡng thấp, (4) không chiếm đất, (5) làm mát cho các tầng áp mái, không phát khí thải nhà kính, (6) không

Ngày nhận bài: 15/4/2017, ngày chấp nhận đăng:
23/5/2017, phản biện: TS. Nguyễn Tùng Lâm.

cần dùng acqui để tích điện... Theo thống kê của Tập đoàn Điện lực Quốc gia Việt Nam (EVN), cả nước có 24 triệu hộ khách hàng, trong đó có trên 16 triệu hộ ở nông thôn. Do đó chỉ cần triển khai lắp đặt hệ thống ĐMTLM cho 10% trong tổng số khách hàng này Việt Nam sẽ có thêm công suất phát điện gần 5000 MW, tương đương với 3 - 4 nhà máy nhiệt điện than lớn. Bên cạnh các ưu điểm của nguồn ĐMTLMNL nói chung thì hệ thống ĐMTLMNL cho các tòa nhà công cộng còn có các ưu điểm nổi trội khác: công suất đặt lớn từ hàng trăm đến hàng nghìn kW nhờ diện tích mái lớn, thời gian hoạt động của các tòa nhà công cộng (cơ quan, trường học, tòa nhà thương mại, bệnh viện...) trùng với thời gian phát công suất lớn nhất của hệ thống điện mặt trời. Mặt khác, giá bán điện theo thời gian sử dụng trong ngày trong thời gian cao điểm (9h30 - 11h30) cao hơn các khoảng thời gian khác được áp dụng đối với các tòa nhà công cộng [5] nên hệ thống ĐMTLMNL được lắp đặt sẽ tiết kiệm được rất đáng kể chi phí tiền điện và mang lại nhiều lợi ích kinh tế, xã hội, môi trường khác. Hơn nữa, xu hướng của thế giới hiện nay đang hướng đến các ngôi nhà thông minh, không cần phải thay đổi điều kiện cơ sở hạ tầng của lưới điện hiện hành. Do đó hệ thống điện mặt trời lắp mái nổi lưới đã và

đang được ứng dụng ngày càng rộng rãi [6-8].

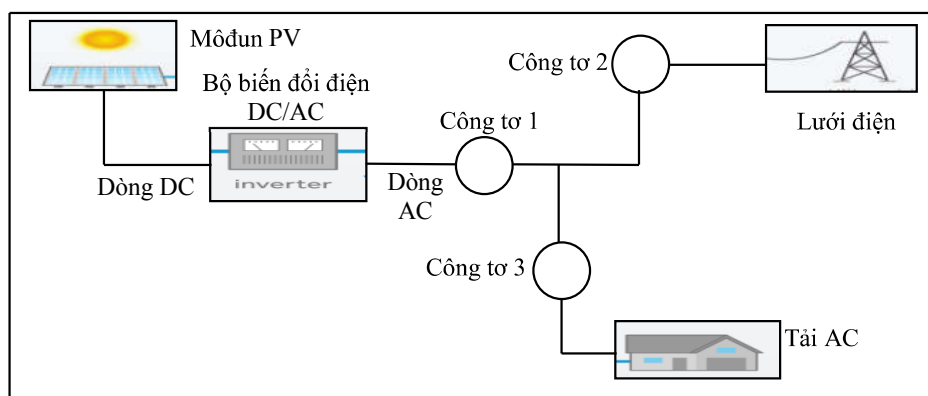
Mục đích nghiên cứu của bài báo này là: (1) giới thiệu cấu trúc và thông số kỹ thuật của hệ thống ĐMTLMNL được khảo sát, (2) đo đạc và xử lý các thông số vận hành, (3) xác định một số thông số đặc trưng của nguồn ĐMT, (4) đưa ra các nhận xét và kết luận.

2. CẤU TRÚC VÀ THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA HỆ THỐNG ĐƯỢC KHẢO SÁT

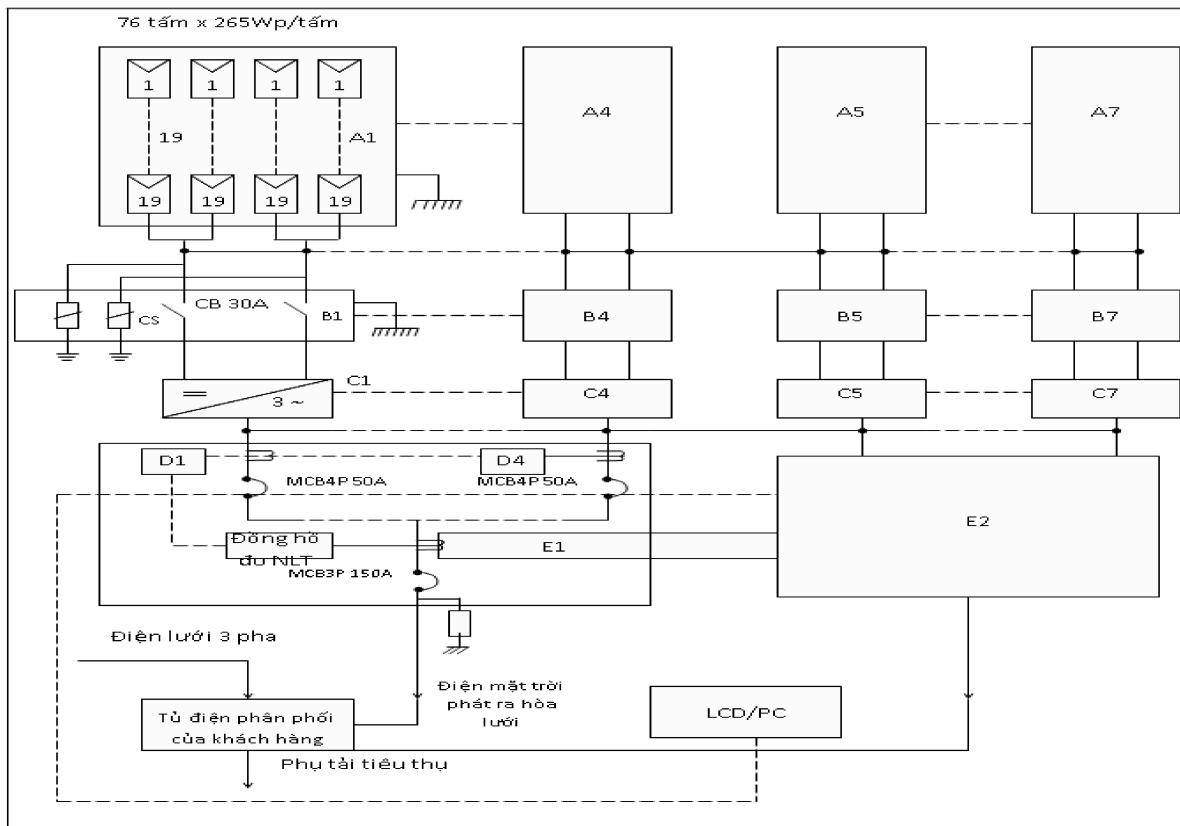
Công trình ĐMTLMNL cho nhà công cộng lựa chọn để khảo sát nằm ở tọa độ: 10.348° Bắc – 107.076° Đông với tổng diện tích $1163,6\text{m}^2$, được lắp đặt trên mái 3 khối nhà chính ($508.4 + 2 \times 655.2 \text{ m}^2$) của văn phòng Công ty Điện lực Bà Rịa - Vũng Tàu (CTĐL), thành phố Vũng Tàu, có tổng công suất lắp đặt 140 kWp.

Sơ đồ lắp đặt thiết bị để thu thập dữ liệu từ xa (a) và sơ đồ cấu trúc (b) của hệ thống ĐMTLMNL cho nhà công cộng được giới thiệu ở hình 1.

Thông số kỹ thuật cơ bản của các phần tử chính trong công trình được khảo sát giới thiệu trong bảng 1.



Hình 1. Hệ thống điện mặt trời lắp mái nổi lưới cho nhà công cộng - (a) Sơ đồ nguyên lý



Hình 1. Hệ thống điện mặt trời lắp mái nổi lưới cho nhà công cộng - (b) Sơ đồ cấu trúc

Trong đó:

$A_1, A_2, \dots, A_7$: các khối tấm pin mặt trời;

$B_1, \dots, B_7$: các tủ điện một chiều (DC box);

$C_1, \dots, C_7$: các inverter; $D_1, \dots, D_4$: các công tơ nhánh;

$E_1, \dots, E_2$: các tủ điện xoay chiều (AC box)

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của các phần tử chính trong công trình

Tính năng/Thông số	Đơn vị	Trị số
1. Thông số chung		
Công suất lắp đặt	kWp	140
Diện tích lắp đặt	m ²	1163.6
Thời gian bắt đầu vận hành	Tháng/năm	4/2016
2. Modul PV		
Loại	Đa C-Si	
Công suất danh định P_{max}	Wp	265

Tính năng/Thông số	Đơn vị	Trị số
Điện áp ở $P_{\max}$ (V_{mp})	V	31.4
Dòng điện ở $P_{\max}$ (I_{mp})	A	8.44
Hiệu suất modul	%	16.19
Kích thước mỗi tấm pin	cm	165×99.2×4
Tổng số tấm pin	tấm	532
3. Inverter		
Loại inverter	SMA (Đức)	
a. Đầu vào DC		
Công suất DC tối đa	W	20440

Tính năng/Thông số	Đơn vị	Trị số
($\cos\varphi = 1$)		
Điện áp đầu vào tối đa (V_{DCmax})	V	1000
Dòng đầu vào tối đa (I_{DCmax})	A	33
Dải điện áp tại điểm công suất cực đại (MPP) 25°C/50°C	V	320 - 800
b. Đầu ra AC		
Công suất danh định ở 25°C/50°C	W	20000
Điện áp danh định đầu ra	V	380
Tần số danh định	Hz	50
Dòng đầu ra tối đa	A	29
Hiệu suất tối đa	%	98.5
Hệ số sóng hài tối đa	%	<3%
Số pha dòng điện	-	3

Từ sơ đồ hình 1b có thể nhận thấy cấu trúc của hệ thống ĐMTLMNL ở các tòa nhà công cộng phức tạp hơn nhiều so với các tòa nhà riêng lẻ của cư dân [1]. Vì công suất lắp đặt lớn hơn nhiều nên hệ thống được chia thành nhiều (7) cụm, mỗi cụm gồm 76 modul PV (76×265Wp) được đấu nối qua 7 bộ inverter làm việc song song. Sơ đồ này đảm bảo được tính linh hoạt trong vận hành, bảo dưỡng dễ dàng hơn và nâng cao độ tin cậy của hệ thống.

3. ĐO ĐẠC VÀ XỬ LÝ CÁC THÔNG SỐ VẬN HÀNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI LẮP MÁI NỔI LƯỚI Ở CÁC TÒA NHÀ CÔNG CỘNG

Các nguồn điện phân tán sử dụng năng lượng tái tạo nói chung, trong đó có điện mặt trời, phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện thiên nhiên, chịu tác động của nhiều yếu tố ngẫu nhiên và thông số thời gian. Do vậy các thông số vận hành của hệ

thống ĐMTLMNL như công suất phát của các modul PV, dòng điện chạy qua các phần tử cũng như điện áp tại điểm đấu nối có thể được xem như các đại lượng ngẫu nhiên X có quy luật biến thiên theo phân bố chuẩn (Normal Distribution Function) với kì vọng (giá trị trung bình hoặc trung tâm phân bố) $M[X]$ được xác định [9]:

$$M[X] = m_x = \sum x_i / n \quad (1)$$

Độ tán xạ của X được xác định:

$$D[X] = \sigma^2 = M[X - m_x]^2 = \sum (x_i - m_x)^2 / n \quad (2)$$

Trong đó:

x_i - giá trị đo được trong khảo sát thứ i ;

n - số lần khảo sát được thực hiện;

σ - sai số (độ lệch) trung bình bình phương của đại lượng ngẫu nhiên X .

Để so sánh sự biến thiên năng lực phát của các dàn PV, các đường biểu diễn đặc tính công suất $P(t)$ đo được thường được xây dựng trong hệ đơn vị tương đối:

$$P^*(t) = P(t)/P_{cb} \quad (3)$$

Với: $P(t)$ - công suất đo được (kW); P_{cb} - công suất cơ bản được chọn bằng công suất đặt của dàn PV (kWp).

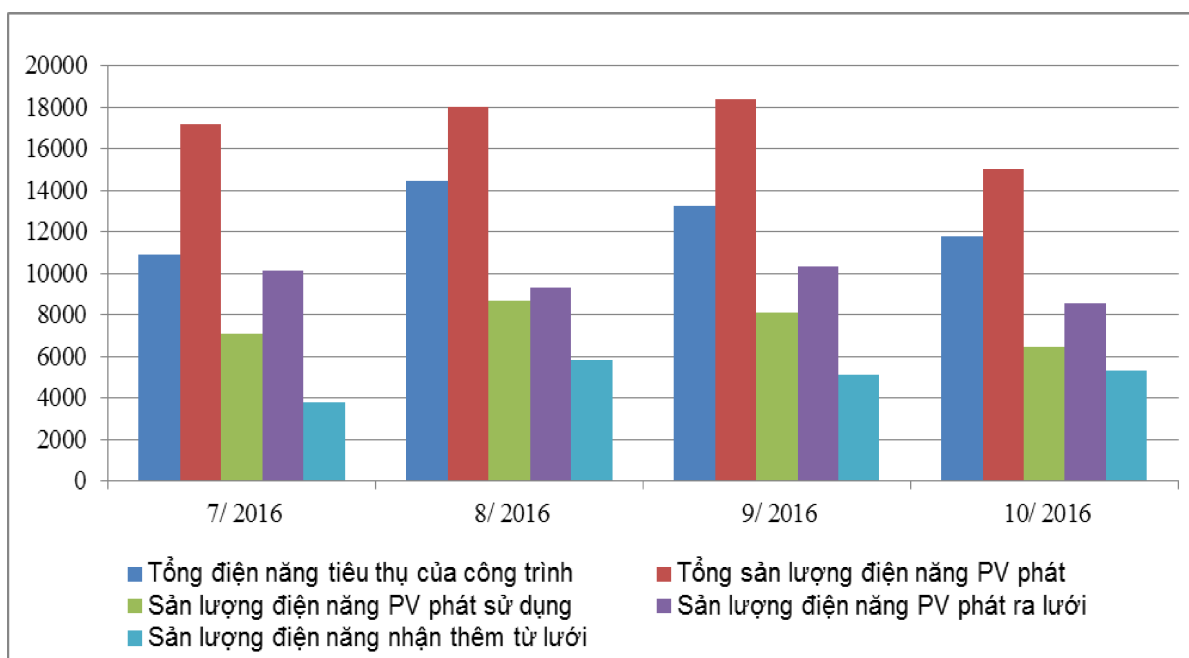
Các thông số vận hành của hệ thống ĐMTLMNL cho tòa nhà văn phòng của Công ty Điện lực Vũng Tàu được khảo sát từ tháng 04/2016 - 03/2017. Với các thiết bị đo được lắp đặt trên sơ đồ nguyên lý 1a có thể xác định được:

- Lượng điện năng phát ra từ nguồn PV.

- Tổng điện năng hộ tiêu thụ sử dụng.
 - Lượng điện năng trao đổi với lưới điện.
- Biến thiên của các lượng điện năng này qua thời gian theo dõi được giới thiệu trong bảng 2, hình 2.

Bảng 2. Sản lượng điện tiêu thụ, phát từ PV và trao đổi với lưới điện

Tháng	Đơn vị	7/2016	8/2016	9/2016	10/2016
Tổng điện năng tiêu thụ của công trình	kWh/tháng	10866	14481	13217	11762
Tổng sản lượng điện năng PV phát	kWh/tháng	17200	17981	18412	15010
Sản lượng điện năng PV phát sử dụng	kWh/tháng	7079	8642	8108	6478
Sản lượng điện năng PV phát ra lưới	kWh/tháng	10121	9339	10304	8532
Sản lượng điện năng nhận thêm từ lưới	kWh/tháng	3787	5839	5109	5284

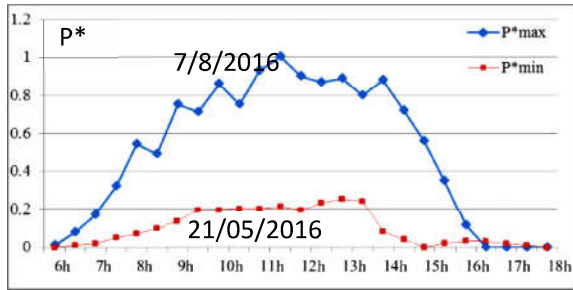


Hình 2. Sản lượng điện tiêu thụ, phát từ PV và trao đổi với lưới điện

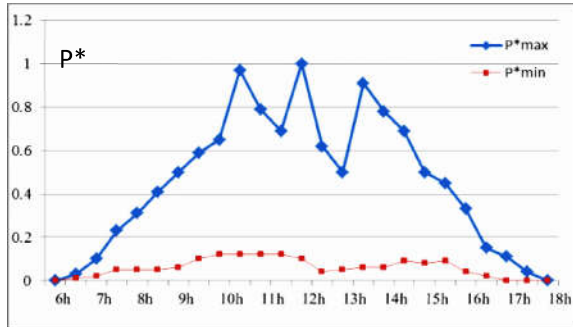
Biểu đồ phát công suất của hệ thống ĐMTLMNL, biểu đồ điện áp nút tải được xây dựng cho các chế độ vận hành đặc trưng, giới thiệu trên các hình 3, 4.

Ngoài việc đo đặc công suất và điện áp, các thiết bị chuyên dùng còn được sử dụng để xác định một số chỉ tiêu về chất lượng điện năng [4] tại điểm kết nối như:

sóng hài điện áp và dòng điện, độ méo điện áp, mức độ mất đối xứng, mất cân bằng của hệ điện áp 3 pha, nhiệt độ làm việc của các panel PV... Trên hình 5 giới thiệu biểu đồ các thành phần sóng hài điện áp và dòng điện ghi nhận được trong ngày khảo sát (24/11/2016) bằng thiết bị FLUKE.

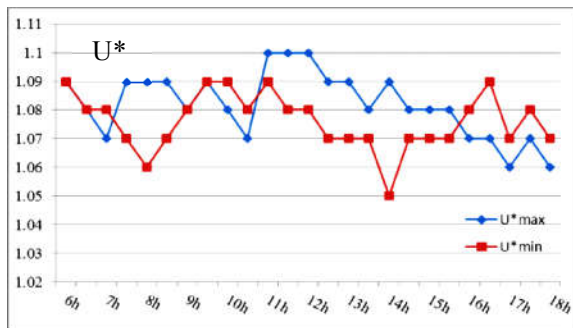


(a)

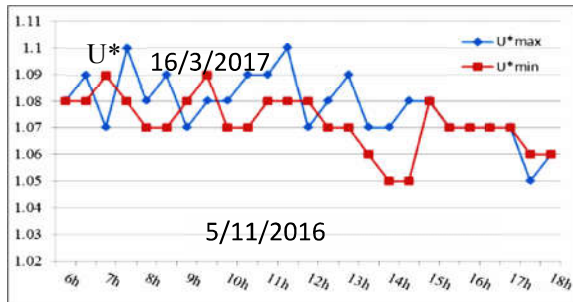


(b)

Hình 3. Biểu đồ ngày phát công suất cực đại và cực tiểu của hệ thống theo mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 10) (a) và mùa khô (từ tháng 11 đến tháng 4) (b) trong năm

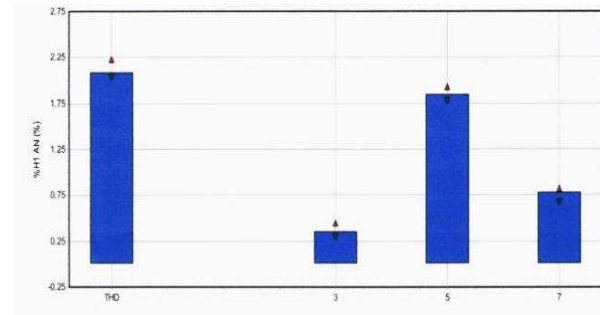


(a)

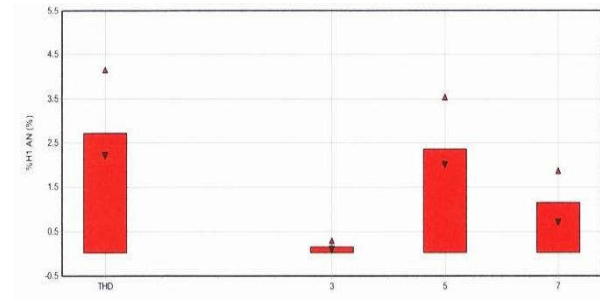


(b)

Hình 4. Biểu đồ điện áp nút tải tương ứng ngày hệ thống PV phát công suất cực đại và cực tiểu theo mùa mưa (a) và mùa khô (b) trong năm



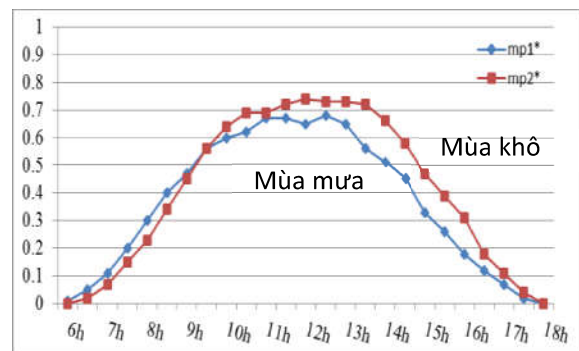
(a)



(b)

Hình 5. Biểu đồ các thành phần sóng hài điện áp (a) và thành phần sóng hài dòng điện (b) tại điểm đấu nối trong ngày của hệ thống ĐMTLMNL cho nhà công cộng

Hình 5 giới thiệu biểu đồ phát công suất trung bình ngày của hệ thống PV trong tháng 08/2016 (mùa mưa) và tháng 03/2017 (mùa khô).



Hình 6. Biểu đồ phát công suất trung bình ngày của PV trong tháng mùa mưa (8/2016) và mùa khô (03/2017)

Bảng 3 giới thiệu kì vọng m_p và sai số trung bình bình phương σ_p của công suất phát theo giờ trong ngày của các tháng

được lựa chọn (08/2016 và 11/2016) của công trình ĐMTLMNL cho tòa nhà công cộng tại văn phòng Công ty Điện lực Vũng Tàu.

Bảng 3. Trị số của m_p và σ_p của công suất phát theo giờ trong ngày của hệ thống được theo dõi

Giờ		6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
Tháng 08/2016	m_{p1}^*	0.01	0.11	0.29	0.47	0.6	0.67	0.57	0.65	0.51	0.33	0.18	0.07	0.00
	σ_{1p}	0.00	0.04	0.11	0.17	0.25	0.28	0.30	0.29	0.27	0.22	0.13	0.05	0.00
Tháng 03/2017	m_{p2}^*	0.00	0.07	0.23	0.45	0.64	0.69	0.74	0.73	0.66	0.47	0.31	0.11	0.00
	σ_{2p}	0.00	0.02	0.08	0.09	0.09	0.10	0.12	0.08	0.05	0.08	0.05	0.02	0.00

4. XÁC ĐỊNH MỘT SỐ THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG CHO CÁC NGUỒN ĐIỆN MẶT TRỜI

Để đánh giá một cách toàn diện các đặc tính kinh tế - kỹ thuật, đặc biệt để tính toán hiệu quả kinh tế tài chính của các dự án điện mặt trời trên cơ sở số liệu thu thập được trong quá trình đo đạc, cần phải xác định một số thông số đặc trưng khác bao gồm: khả năng phát công suất cực đại, hệ số phát công suất trung bình so với công suất đặt, tỉ lệ điện năng phát trong các khung giờ cao điểm, bình thường, thấp điểm theo quy định trong biểu giá bán lẻ điện [5].

Theo quy định hiện hành [5], giờ cao điểm ban ngày được tính từ 9h30 đến 11h30. Tuy nhiên theo số liệu thống kê gần đây [2] trong biểu đồ phụ tải tổng của hệ thống điện Việt Nam đã xuất hiện thêm cao điểm ngày thứ 2 từ 13h đến 16h và đã làm thay đổi tương quan giữa điện năng phát trong giờ cao điểm so với các giờ còn lại trong ngày.

Từ số liệu khảo sát được tại Bà Rịa - Vũng Tàu có thể xác định được một số thông số đặc trưng quan trọng sau đây:

- Công suất phát cực đại của PV trong cả mùa mưa và mùa khô đều có thể đạt $100\%P_d (= 140 \text{ kWp})$.

- Điện năng trung bình ngày:

$$A_{tb} = \sum_{i=1}^n (P_i^* t_i) P_d \quad (4)$$

Trong đó: P_i^* - công suất phát (pu) trong giờ t_i ; $i = (6-18)$ là khoảng giờ modul PV có thể phát công suất trong ngày; P_d - công suất đặt của công trình (kWp).

- Trường hợp số đo được ghi trong 1h:

$$A_{tb} = \sum_{i=1}^n P_i^* P_d \quad (5)$$

- Tỷ lệ điện năng phát trong giờ cao điểm:

- Theo quy định hiện hành (hình 5):

- Mùa mưa: $A_{cd1}/A_{tb} = 27\%$.
- Mùa khô: $A_{cd1}/A_{tb} = 26\%$.

- Theo biểu đồ phụ tải thực tế:

- Mùa mưa: $(A_{cd1} + A_{cd2})/A_{tb} = 55\%$.
- Mùa khô: $(A_{cd1} + A_{cd2})/A_{tb} = 59\%$.

Việc xác định tỉ lệ điện năng phát trong giờ cao điểm A_{cd}/A_{tb} có ý nghĩa quan

trọng trong đánh giá hiệu quả kinh tế tài chính của công trình, đặc biệt khi chênh lệch giữa giá điện cao điểm và thấp điểm áp dụng cho các tòa nhà công cộng càng lớn thì hiệu quả của ĐMTLMNL càng cao.

5. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN

ĐMTLMNL ở các tòa nhà công cộng có nhiều khác biệt và ưu điểm nổi trội hơn các tòa nhà riêng lẻ của cư dân: có công suất lớn hơn, cấu trúc phức tạp hơn, thường được chia thành nhiều cụm làm việc song song, nhờ đó vận hành linh hoạt hơn và độ tin cậy cung cấp điện cũng cao hơn, chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tốt hơn.

Các tòa nhà công cộng chủ yếu hoạt động vào ban ngày trùng với thời gian phát của các dàn PV vì vậy hầu như toàn bộ năng lượng PV phát ra được tiêu thụ trực tiếp

tại chỗ, làm giảm tổn thất công suất và điện năng trên lưới đến hộ tiêu thụ và cải thiện đáng kể chất lượng điện áp tại điểm kết nối.

Điện năng của PV phát trong giờ cao điểm thường chiếm tỉ lệ lớn trong toàn bộ điện năng trung bình ngày, có thể đạt từ 26% - 59%. Điều này tác động tốt đến chỉ tiêu kinh tế tài chính của công trình, đặc biệt khi biểu giá điện theo giờ sử dụng có mức chênh lệch lớn giữa giờ cao điểm và thấp điểm.

LỜI CẢM ƠN

Trong bài báo có sử dụng một số thông tin trong *Đề án Nghiên cứu thí điểm về điện mặt trời lắp mái nổi lưới* của VEEA, EVNCPC, ICASEA. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Thùy Linh, Lê Thị Minh Châu, Trần Đình Long, Khảo sát, đánh giá một số thông số vận hành của điện mặt trời lắp mái nổi lưới tại khu vực Miền Trung Việt Nam, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, số 1(110).2017, 92, 2017.
- [2] Hội Điện lực Việt Nam, *Đề án khảo sát thí điểm: Nghiên cứu, đo đạc và đề xuất tiêu chuẩn đấu nối điện mặt trời lắp mái vào hệ thống điện Việt Nam*, 2016.
- [3] Nguyễn Thùy Linh, Lê Thị Minh Châu, Trần Đình Long, *Điện mặt trời lắp mái nổi lưới - Nguồn năng lượng cho các ngôi nhà thông minh và phát triển bền vững*, Diễn đàn Năng lượng Việt Nam 2016: Thách thức cho phát triển bền vững, Hà Nội, 2016.
- [4] Trần Đình Long, Nguyễn Sỹ Chương, Lê Văn Doanh, Bạch Quốc Khánh, Phùng Anh Tuấn, Đinh Thành Việt, *Sách tra cứu về chất lượng điện năng*, NXB Bách Khoa Hà Nội, 2013.
- [5] Bộ Công Thương, *Quyết định số 2256/QĐ-BCT quy định giá bán điện 2016*, 12/03/2015.
- [6] L.K. Wiginton, H. T. Nguyen, J.M. Pearce, *Quantifying Rooftop Solar Photovoltaic Potential for Regional Renewable Energy Policy*, Computers, Environment and Urban Systems, (2010) pp. 345-357.
- [7] Andy Black, *Economic of solar electric of power systems for consumers: payback and other financial tests*, 7/2009.

- [8] Ha.T. Nguyen, Joshua M.Pearce, Rob Harrap and Gerald Barber, *The application LIDAR to assessment of rooftop solar photovoltaic development potential on a municipal district unit*, sensor 12, 2012.
- [9] G.A. Korn, T.M.Korn, *Mathematical handbook for scientists and engineerings*, McGraw.Hill, 1968.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả **Nguyễn Thùy Linh**, tốt nghiệp Đại học Bách khoa Đà Nẵng năm 2007, thạc sỹ kỹ thuật điện tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2011. Tác giả hiện đang công tác tại Trường Đại học Phạm Văn Đồng (Quảng Ngãi) và là nghiên cứu sinh tại Bộ môn Hệ thống điện, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: các nguồn năng lượng tái tạo, nghiên cứu kết nối các nguồn năng lượng mới vào lưới điện, trang thiết bị điện.



Tác giả **Lê Thị Minh Châu**, tốt nghiệp Đại học Bách khoa Đà Nẵng năm 2007, thạc sỹ kỹ thuật điện tại Viện Bách khoa Grenoble (Pháp), tốt nghiệp tiến sỹ kỹ thuật điện tại Viện Bách khoa Grenoble (Pháp). Tác giả hiện đang công tác tại Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: các nguồn năng lượng tái tạo, nghiên cứu kết nối các nguồn năng lượng mới vào lưới điện, phân tích và tính toán lưới và hệ thống điện.



Tác giả **Trần Đình Long** tốt nghiệp đại học ngành điện năm 1963, tốt nghiệp tiến sỹ năm 1972 và tiến sỹ khoa học năm 1978 chuyên ngành hệ thống điện tại Đại học Năng lượng Matscova (MEI), Liên bang Nga.

Lĩnh vực nghiên cứu: quy hoạch phát triển hệ thống điện, bảo vệ và điều khiển, độ tin cậy hệ thống điện, thị trường điện lực.