

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

SURVEYING AND EVALUATING SOME OPERATING PARAMETERS OF GRID-CONNECTED ROOFTOP PV IN CENTRAL REGION OF VIETNAM

Nguyễn Thùy Linh², Lê Thị Minh Châu¹, Trần Đình Long¹

¹Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

²Trường Đại học Phạm Văn Đồng - Quảng Ngãi

Tóm tắt - Điện mặt trời lắp mái nổi lưới với những ưu điểm vượt trội của nó ngày càng chứng tỏ khả năng cạnh tranh mạnh mẽ với các nguồn điện truyền thống. Điện mặt trời lắp mái nổi lưới sẽ trở thành nguồn cung cấp năng lượng bền vững cho các ngôi nhà thông minh trong tương lai. Bài báo trình bày một số kết quả khảo sát, nghiên cứu về điện mặt trời lắp mái nổi lưới tại khu vực Miền Trung Việt Nam, trong đó giới thiệu về cấu trúc và thông số cơ bản của các phần tử chính trong hệ thống, số liệu đo đạc được trong thời gian khảo sát, kết quả xử lý số liệu đo, xây dựng một số đặc tính vận hành đặc trưng và những nhận xét đánh giá về điện mặt trời lắp mái nổi lưới tại Miền Trung Việt Nam.

Từ khóa - điện mặt trời lắp mái nổi lưới; môđun quang điện; bộ biến đổi; công suất đỉnh; lưới phân phối

1. Đặt vấn đề

Nguồn điện mặt trời lắp mái nổi lưới (ĐMTLMNL) trong những năm gần đây đã phát triển rất mạnh mẽ trên toàn thế giới nhờ những ưu điểm vượt trội: (1) không chiếm đất để lắp đặt; (2) suất đầu tư (đồng/kWp) ngày càng giảm, giá thành điện năng (đồng/kWh) giảm nhanh, tính cạnh tranh với các nguồn điện truyền thống ngày càng cao; (3) là nguồn điện tĩnh, vận hành đơn giản và tin cậy, chi phí bảo dưỡng thấp; (4) điện phát ra từ các môđun quang điện có thể sử dụng trực tiếp cho nhu cầu của gia đình hoặc phát vào lưới thông qua inverter mà không cần tích trữ vào acqui; (5) việc loại bỏ các bộ acqui tích trữ năng lượng làm giảm đáng kể tiền đầu tư, chi phí vận hành bảo dưỡng và loại trừ các tác động xấu của acqui đến môi trường; (6) các phần tử chính trong hệ thống như môđun quang điện, inverter, công tơ 2 chiều, các thiết bị phụ trợ... đều có thể chế tạo được ở trong nước; (7) che nắng và giảm bớt nóng cho tầng áp mái của tòa nhà; (8) nếu có chính sách giá điện hợp lý, ĐMTLMNL sẽ có cơ hội phát triển nhanh và trở thành nguồn cung cấp năng lượng bền vững cho các tòa nhà thông minh trong tương lai.

Trong những năm gần đây, Việt Nam đã xuất hiện hàng trăm công trình ĐMTLMNL được lắp đặt tại nhà ở, trường học, cơ quan, các tòa nhà thương mại. Năm 2015, Hội Điện lực Việt Nam (VEEA) phối hợp với Tổng công ty Điện lực Miền Trung (EVNCPC), Cục Điều tiết Điện lực (ERAV) và Hiệp Hội đồng Quốc tế Đông Nam Á (ICA -SEA) đã tiến hành đề án nghiên cứu thí điểm về ĐMTLMNL nổi lưới tại Việt Nam với các nội dung:

1) Lựa chọn một số đối tượng điển hình để nghiên cứu: nhà ở tư nhân ở các miền (Bắc, Trung, Nam) có công suất lắp đặt 1 - 5kWp, nhà công cộng có công suất lớn

Abstract - Grid connected rooftop PV with its considerable advantages more and more shows the competitive capability with other traditional forms of energy and grid connected rooftop PV will become a sustainable source of power supply for smart houses in the future. The paper presents some survey results of the pilot project carried in Central region of Vietnam concerning the structure and some basic operating parameters of the principal elements of rooftop PV installations, the database collected in the period of the survey, results of treating collected database, building some operational characteristics and evaluations of the network connected rooftop PV in Central region of Vietnam.

Key words - grid-connected rooftop PV, photovoltaic module, inverter, peak power, distribution network

hơn.

2) Lắp đặt các thiết bị đo đếm chuyên dùng (công tơ điện từ 2 chiều, thiết bị đo sóng hài, cường độ bức xạ, nhiệt độ làm việc của môđun PV, điều kiện môi trường...) để theo dõi thường xuyên và lâu dài hoạt động của các công trình ĐMTLMNL nổi lưới.

3) Truyền và xử lý tập trung các dữ liệu đo đếm được tại EVNCPC nhằm:

- Xác định các thông số vận hành thực tế so với tính toán thiết kế: công suất và điện năng phát cực đại, cực tiểu trong năm, thời gian hoạt động trong ngày...

- Xây dựng các đặc tính điển hình: biểu đồ phát công suất của ĐMT và phụ tải tiêu thụ của gia đình; biểu đồ trao đổi công suất trong ngày giữa lưới điện và phụ tải (nhà ở); độ biến thiên điện áp tại điểm kết nối và lượng sóng hài có thể xuất hiện theo công suất phát của ĐMT ảnh hưởng đến lưới phân phối địa phương.

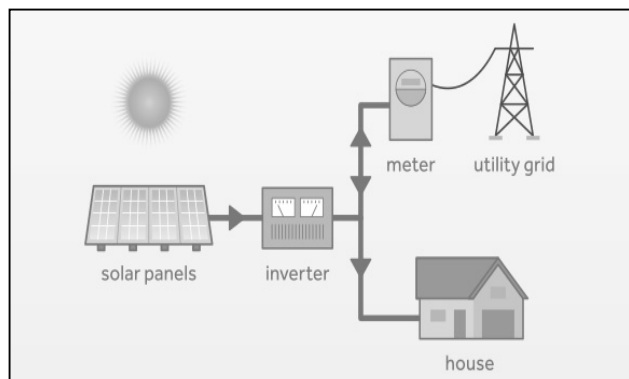
- Ghi nhận những thông số khác: nhiệt độ, độ ẩm, số ngày mưa... liên quan đến hoạt động của ĐMT.

4) Nghiên cứu tác động của giá điện (giá theo thời điểm sử dụng - TOU và giá điện bậc thang) đến chỉ tiêu tài chính của các công trình ĐMTLMNL nổi lưới, từ đó đề xuất những kiến nghị liên quan đến việc hỗ trợ giá nhằm khuyến khích phát triển ĐMTLMNL nổi lưới tại Việt Nam.

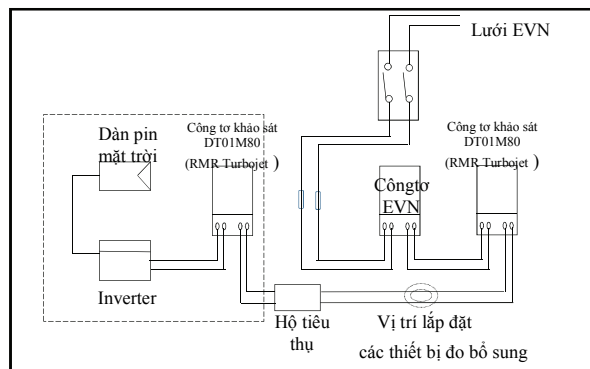
Một số nội dung và kết quả ban đầu của Đề án thí điểm này sẽ được giới thiệu trong bài báo.

2. Cấu trúc và thông số kỹ thuật cơ bản các phần tử chính

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



(a)



(b)

Hình 1. Hệ thống điện mặt trời lắp mái nối lưới:

a) Sơ đồ cấu trúc; b) Sơ đồ lắp đặt thiết bị để thu thập dữ liệu từ xa

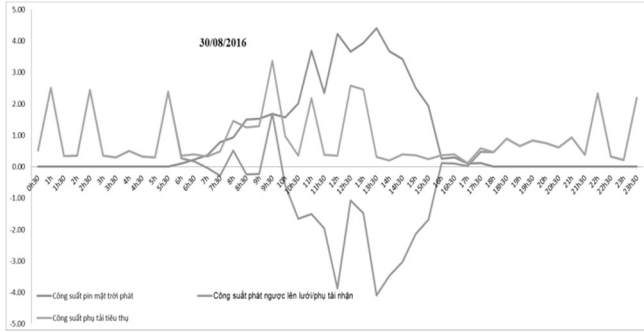
Có 4 công trình ĐMTLMNL được lựa chọn để khảo sát tại thành phố Đà Nẵng. Các thiết bị đo chuyên dụng và thiết bị thông tin được lắp đặt thêm trong các công trình này để phục vụ cho mục đích nghiên cứu (Hình 1b). Công tơ 1 có lắp thêm modem để đo thông số đầu ra của môđun PV, công tơ 2 là công tơ 2 chiều cũng kết nối qua modem để đo điện năng trao đổi với lưới điện. Số liệu thu thập từ thiết bị đo của đối tượng khảo sát được truyền về trung tâm xử lý dữ liệu của Tổng công ty Điện lực Miền Trung (EVNCPC) để lưu trữ và xử lý. Thông số kỹ thuật cơ bản của các phần tử chính bao gồm: (1) thông số chung của công trình; (2) thông số của môđun PV; (3) inverter; (4) hệ thống đo lường giám sát trong các công trình được khảo sát giới thiệu trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của các phần tử chính trong các công trình ĐMTLMNL được khảo sát

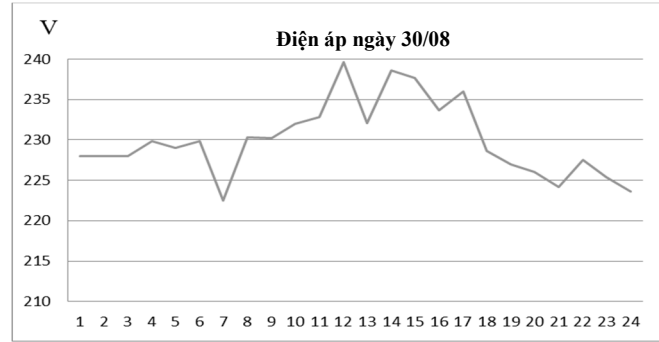
Tính năng/ Thông số	Đơn vị	Công trình			
		1	2	3	4
1. Thông số chung					
- Công suất lắp đặt	kWp	1	1	1,5	5
- Diện tích lắp đặt	m ²	6.5	6.5	9.7	35
- Tổng chi phí đầu tư	triệu VNĐ	30	55	80	182,5
- Thời gian bắt đầu vận hành	tháng/năm	12/2015	09/2015	08/2015	02/2016
2. Môđun PV					
- Loại		Đa C-Si			
- Công suất danh định (Pmax)	Wp	230	250	250	250
- Điện áp ở Pmax (Vmp)	V	29.6	29.6	30.2	30.2
- Dòng điện ở Pmax (Imp)	A	7.79	7.79	8.28	8.28
- Điện áp hở mạch (Voc)	V	37.0 2	37.0 2	37.7	37.7

- Dòng ngắn mạch (Isc)	A	8.34	8.34	8.37	8.37
- Hiệu suất modul	%	95	95	95	95
- Điện áp vận hành tối đa	V	1000	1000	1000	1000
3. Inverter					
- Loại Inverter		CPC/IT (Việt Nam)		AST (Việt Nam)	
a. Đầu vào DC					
- Công suất DC tối đa (cosφ = 1)	W	300	3	1400	5000
- Điện áp đầu vào tối đa	V	48	48	96	500
- Dải điện áp tại điểm công suất cực đại (MPP) 25°C/50°C	V	16 - 48	16 - 48	52 - 96	250 - 450
- Điện áp đầu vào danh định	V	39	39	62	350
- Dòng đầu vào tối đa (IDCmax)	A	27	27	27	15
b. Đầu ra AC					
- Công suất danh định ở 25°C/50°C	VA	250	250	1200	4500
- Điện áp danh định đầu ra	V	229	229	228	225
- Tần số danh định	Hz	50	50	50	50
- Dòng đầu ra tối đa	A	1.2	1.2	7.5	25
- Hệ số sóng hài tối đa	%	<3%	<3%	<3%	<3%
- Số pha dòng điện	-	1	1	1	1
- Hiệu suất tối đa	%	96	96	97	97

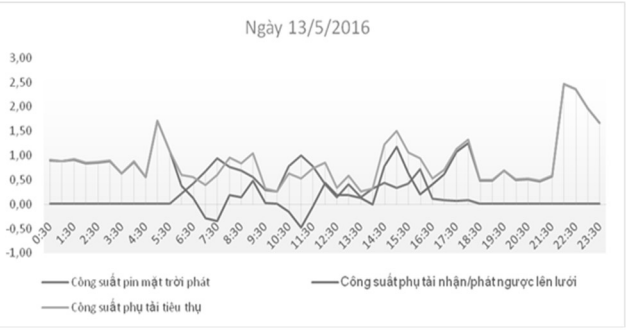
4. Hệ thống đo lường, giám sát					
- Điện áp chuỗi modul PV	V	39	39	52	350
- Dòng điện chuỗi modul PV	A	1.3	1.3	3	13
- Điện áp DC đầu vào Invertor	V	39	39	52	350
- Dòng điện DC đầu vào Invertor	A	1.3	1.3	3	12.5
- Điện áp AC đầu ra Invertor	V	227	227	228	225
- Dòng điện AC đầu ra Invertor	A	0.2	0.2	0.7	22
- Bức xạ mặt trời	kWh/m ² /năm	4.9 - 5.7			
- Nhiệt độ môi trường	°C	25	25	22	34



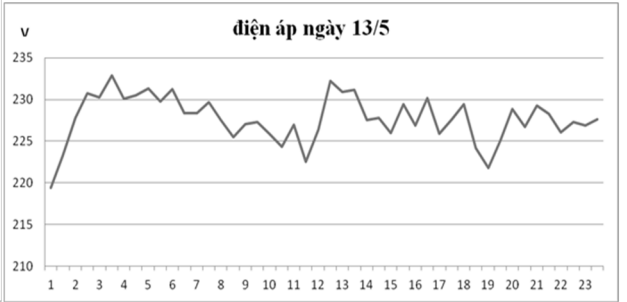
a) $P_{P_{max}} = 4.4kW$ (30/08/2016)



c) Điện áp U (30/08/2016)



b) $P_{P_{min}} = 1.01 kW$ (13/05/2016)



d) Điện áp U (13/05/2016)

Hình 2. Biểu đồ của ngày PV phát công suất lớn nhất (a) và bé nhất (b) cùng với biến thiên điện áp tại điểm đầu nối trong ngày tương ứng của công trình 4

4. Xử lí số liệu thống kê và xây dựng một số đặc tính vận hành đặc trưng

Để đánh giá được các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của công trình ĐMTLMNL, cần xác định một số thông số và biểu đồ vận hành đặc trưng trong năm, trong đó có biểu đồ ngày phát công suất cực đại và cực tiểu, giá trị công suất phát trung bình (kì vọng) cho từng giờ trong ngày của từng tháng (mùa) trong năm, giới hạn dao động điện áp tại điểm đầu nối trong quá trình vận hành.

Công suất phát của các modul PV thay đổi liên tục theo thời gian, phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố ngẫu nhiên.

3. Các số liệu thu thập

Các số liệu thu thập từ hệ thống đo lường được giới thiệu tại mục 3 Bảng 1.

Từ các dữ liệu đo lường này có thể xây dựng các đặc tính vận hành của công trình ĐMTLMNL, trong đó: biểu đồ phát công suất theo ngày của modul PV, biểu đồ phụ tải ngày của hộ tiêu thụ, công suất trao đổi với hệ thống, điện áp tại điểm đầu nối...

Hình 2 giới thiệu biểu đồ của ngày PV phát công suất lớn nhất (a) và bé nhất (b) cùng với biến thiên điện áp tại điểm đầu nối trong ngày tương ứng (c và d) ở công trình 4 trong thời gian khảo sát.

Vì vậy biến thiên của một đại lượng ngẫu nhiên X nào đó cần khảo sát khi có nhiều đối tượng được nghiên cứu đồng thời, có thể được xem như có qui 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:

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

Trong đó: x_i - giá trị đo được trong khảo sát thứ i;
n - số lần khảo sát được thực hiện.

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

Vì công suất đặt của các công trình ĐMTLMNL rất khác nhau, nên để có thể đánh giá một cách tổng quát, các đại lượng được khảo sát được quy về hệ đơn vị tương đối (pu):

Công suất: $P^* = P/P_{cb}$ (3)

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

Điện áp: $U^* = U/U_{cb} = U/U_{dd}$ (4)

$$\text{Thời gian: } t^* = t/t_{cb} \quad (5)$$

Trong đó, thời gian cơ bản là khoảng thời gian khảo sát ($t_{cb} = 24h$ đối với biểu đồ ngày và $t_{cb} = 8760h$ đối với biểu đồ năm).

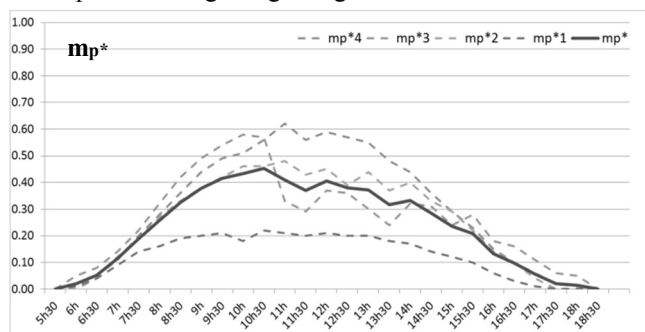
4.1. Số liệu về công suất và điện năng phát của công trình ĐMTLMNL

Bảng 2 giới thiệu kì vọng và độ tán xạ của công suất phát theo giờ trong ngày của tháng khảo sát được lựa chọn (08/2016) của công trình ĐMTLMNL số 4 tại thành phố Đà Nẵng.

Bảng 2. Trị số của kì vọng m_p và sai số trung bình bình phương σ_p của công suất phát theo ngày tại công trình số 4 trong tháng 08/2016 ($P_{cb} = P_d = 5kW_p$)

Giò	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
mp*	0.02	0.11	0.28	0.44	0.51	0.62	0.59	0.55	0.44	0.29	0.15	0.06	0.01
σ_{p*}	0.01	0.03	0.07	0.12	0.13	0.13	0.17	0.18	0.16	0.13	0.08	0.03	0.01

Hình 3 giới thiệu biểu đồ phát công suất trung bình ngày của các công trình ĐMTLMNL được khảo sát tại thành phố Đà Nẵng trong tháng 08/2016.



Hình 3. Biểu đồ công suất trung bình ngày của các công trình ĐMTLMNL được khảo sát tại thành phố Đà Nẵng (tháng 08/2016)

Nhân xét, đánh giá:

Sau khi xử lý các số liệu đo đạc thu thập được, có thể xây dựng các đặc tính vận hành của các công trình ĐMTLMNL tại từng địa phương được khảo sát và đánh giá được các thông số quan trọng sau đây:

- Công suất phát cực đại $P_{\max}$ của dàn PV tương ứng là 0.3kW (công trình 1), 0.8kW (công trình 2), 1.17kW (công trình 3), 4.4kW (công trình 4).

- Điện năng trung bình ngày trong tháng khảo sát:

$$A_{\text{fb}} = (\sum P_i^* t_i) P_{\text{d}} \quad (6)$$

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

- Điện năng PV phát vào giờ cao điểm và tỉ lệ giữa điện năng phát vào giờ cao điểm so với tổng điện năng PV phát trong ngày, từ biểu đồ Hình 3 có thể nhận thấy:

+ Giá trị cực đại của công suất trung bình ngày:

$$P_{fbngmax} \cong 50\%P_d$$

+ Khoảng thời gian (giờ) phát các mức công suất cao hơn $10\%P_d$, $30\%P_d$, $40\%P_d$ trong ngày tương ứng là 9.5, 6. 2.

+ Điện năng trung bình ngày trong tháng khảo sát là:

$$A_{\text{tbng}} = 3.16 P_d$$

+ Điện năng A_{cd} phát trong giờ cao điểm (9h30 - 11h30) trong tháng khảo sát tương ứng là: $A_{cd} = 0.85P_d$

- Theo biểu đồ phụ tải thực tế của HTĐ Việt Nam trong năm 2015 [5] đã xuất hiện cao điểm trưa thứ 2 từ 13h đến 16h, nếu tính thêm khoảng giờ cao điểm thứ 2 này thì điện năng phát trong giờ cao điểm: $A_{cd} = 1.67P_d$

- Tỷ lệ điện năng phát trong giờ cao điểm so với điện năng phát trung bình ngày theo qui định hiện hành về giờ cao điểm là: $A_{cd}/A_{tbg} \cong 27\%$

- Nếu xét theo giờ cao điểm của biểu đồ thực tế năm 2015: $A_{cd}/A_{tbng} \cong 53\%$.

4.2. Biến thiên điện áp tại điểm đầu nối

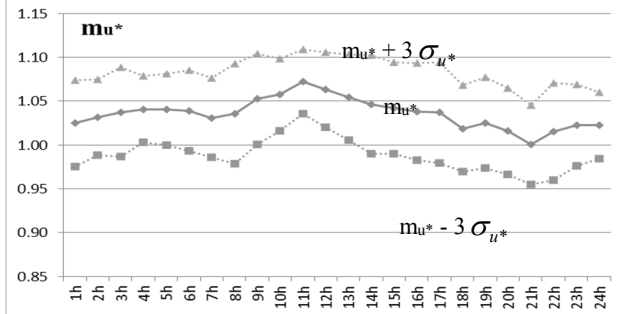
Số liệu thống kê cho thấy, công suất đặt của công trình PV càng lớn mức biến thiên điện áp càng cao. Chẳng hạn, tại công trình 4 ($P_d = 5\text{kW}$) kì vọng m_p và sai số trung bình bình phương σ được giới thiệu trong Bảng 4.

Bảng 4. Kỳ vọng biến thiên m_u và sai số trung bình bình phương σ_u của điện áp tại điểm đầu nối trong ngày của công trình 4 trong tháng 08/2016

[illegible]

$m_{u^{*-}}$	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	1.00	1.02	1.04	1.02	1.01	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.95	0.96	0.98	0.98
$m_{u^{*+}}$	1.07	1.07	1.09	1.08	1.08	1.09	1.08	1.09	1.10	1.10	1.11	1.11	1.10	1.10	1.09	1.09	1.09	1.07	1.08	1.07	1.05	1.07	1.07	1.06
$3\sigma_{u^*}$																								

Hình 4 giới thiệu biểu đồ biến thiên điện áp tại điểm đầu nối trong ngày của công trình 4 trong tháng 08/2016.



Hình 4. Biểu đồ biến thiên điện áp tại điểm đầu nối trong ngày của công trình 4 trong tháng 08/2016

Nhận xét:

- Công suất đặt của ĐMT càng lớn thì dao động điện áp tại điểm đầu nối càng cao.

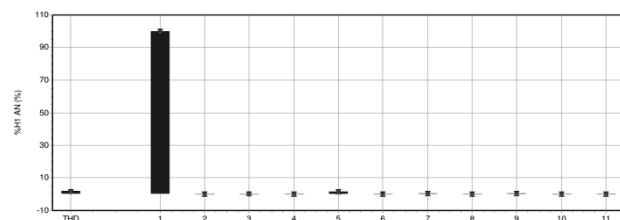
- Điện áp tại điểm đầu nối được nâng cao trong giờ PV phát công suất lớn.

- Do công suất đặt của PV so với công suất tiêu thụ của phụ tải không lớn, nên dao động điện áp tại điểm đầu nối do ảnh hưởng của PV vẫn nằm trong giới hạn cho phép ($\pm 10\% U_{đd}$) [2].

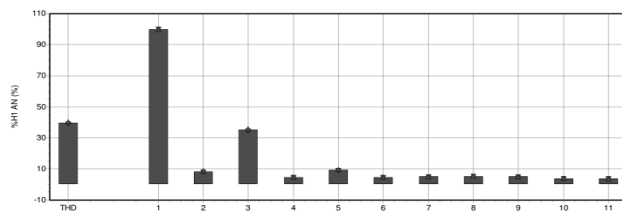
4.3. Sóng hài

Khi inverter trong hệ thống ĐMTLMNL hoạt động sẽ xuất hiện các sóng hài bậc cao, thường là các sóng hài bậc 3, 5, 7.

Hình 5, 6 giới thiệu các thành phần sóng hài điện áp và dòng điện tại điểm đầu nối trong ngày của công trình 4.



Hình 5. Biểu đồ các thành phần sóng hài điện áp tại điểm đầu nối trong ngày của công trình 4



Hình 6. Biểu đồ các thành phần sóng hài dòng điện tại điểm đầu nối trong ngày của công trình 4

Nhận xét:

- Khi inverter của công trình 4 hoạt động: các thành phần sóng hài điện áp bậc cao chiếm tỉ lệ (%) không đáng kể so với sóng bậc 1, do đó biến thiên điện áp tại điểm đầu nối nằm trong giới hạn cho phép [2].

- Khi inverter của công trình 4 hoạt động: xuất hiện các thành phần sóng hài dòng điện bậc cao; trong đó thành phần sóng bậc 3 chiếm khoảng 35%, thành phần sóng bậc 5 chiếm khoảng 10%, sóng bậc 7 chiếm khoảng 5% so với sóng cơ bản. Tổng độ biến dạng sóng hài dòng điện so với sóng bậc 1 dao động từ 38% - 43%.

5. Kết luận

ĐMTLMNL với nhiều ưu điểm lớn đang được phát triển nhanh trên thế giới. Tại Việt Nam, hàng trăm công trình ĐMTLMNL đã được lắp đặt và đang hoạt động có hiệu quả, cung cấp lượng điện năng đáng kể cho các gia đình, tòa nhà thương mại, bệnh viện, trường học và công sở. Nghiên cứu một số công trình ĐMTLMNL tại khu vực Đà Nẵng đã cho thấy các đặc tính vận hành cơ bản của loại nguồn này. Phương pháp nghiên cứu đánh giá được giới thiệu ở đây cũng có thể được áp dụng cho các công trình ĐMTLMNL khác.

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, “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.
- [2] Bộ Công Thương, Thông tư 39/2015/BCT, *Quy định hệ thống điện phân phối*, 18/01/2015.
- [3] 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.
- [4] Tài liệu hội nghị về công tác giảm tổn thất điện năng, EVN - ICASEA - VEEA, Hà Nội, 07&08/09/2016.
- [5] Hội Điện lực Việt Nam, *Đề án khảo sát thí điểm: Nghiên cứu, đo đạc và đề xuất tiêu chuẩn đầu nối điện mặt trời lắp mái vào hệ thống điện Việt Nam*, Báo cáo giữa kì, Hà Nội, 09/2016.
- [6] California Energy Commission, *A Guide to photovoltaic (PV) system design and installation*, Endecon Engineering 347 Norris Court San Ramon, California 94583, 2001.
- [7] M. H. Albadi, *Design of a 50 kW solar PV rooftop system*, International Journal of Smart Grid and Clean Energy, 2013.
- [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 engineers*, McGraw.Hill, 1968.