

Tối ưu hóa biểu giá theo thời gian sử dụng trong ngày với các kịch bản điều khiển phụ tải điện khác nhau

Phan Thị Thanh Bình, Lê Minh Quý, Võ Viết Cường

Tóm tắt — Chương trình đáp ứng nhu cầu (Demand Response-DR) được sử dụng nhiều trên thế giới như là công cụ hữu hiệu điều khiển sự dùng điện của khách hàng. Trong chương trình này, biểu giá theo thời gian sử dụng trong ngày (TOU) được sử dụng rộng rãi. Thiết lập biểu giá TOU tối ưu theo các mục tiêu khác nhau của điện lực khi điều phối sử dụng điện được trình bày trong bài báo này như: giảm tải đỉnh, cải thiện đồ thị phụ tải, giảm lượng điện năng tiêu thụ, tránh không xuất hiện đỉnh phụ tải mới. Đây là bài toán đa mục tiêu với các thứ nguyên khác nhau và được giải dựa trên giải thuật PSO. Ví dụ cho tìm kiếm biểu giá TOU tối ưu dựa trên số liệu của một điện lực sẽ được trình bày.

Từ khóa — Đáp ứng nhu cầu, Tối ưu hóa biểu giá theo thời gian sử dụng trong ngày, Giải thuật bầy đàn.

1 GIỚI THIỆU

Tại Mỹ và các quốc gia khác, trong những năm gần đây đề xuất một khái niệm “đáp ứng của nhu cầu dùng điện”, đây là chương trình về biểu giá điện nhằm thay đổi sử dụng điện của khách hàng khi thay đổi giá điện. Nó bao gồm biểu giá thời thực, biểu giá cắt điện tải đỉnh và biểu giá theo vùng thời gian trong ngày. Biểu giá điện này được sử dụng khá rộng rãi trên thế giới. Các nghiên cứu trên thế giới tập trung vào xây dựng mô hình đáp ứng thể hiện các mối quan hệ thay đổi giá điện-thay đổi phụ tải điện theo các vùng trong

ngày. Mô hình phổ biến được đề xuất có dạng [1,2]:

$$QQT_i = \sum_j \eta_{ij} \left(\frac{P_j^T - P_j^R}{P_j^R} + 1 \right) * QQR_i \quad (1)$$

Trong đó:

- $i, j = p, m, o$ tương ứng với ba vùng của biểu giá TOU là cao điểm, bình thường và thấp điểm trong ngày.

- QQT_i , QQR_i là công suất trung bình sau khi và trước khi có giá mới ở vùng i .

- P^T , P^R lần lượt là giá điện sau và trước khi điều chỉnh.

η_{ij} còn gọi là hệ số đàn hồi thể hiện sự thay đổi giá điện kéo theo sự thay đổi về điện năng tiêu thụ như thế nào. Hệ số này cho một sự mô tả rất tốt về đáp ứng dùng điện theo sự thay đổi biểu giá điện. Nếu $\eta_{ii} < 0$ - sự tăng giá điện giờ thứ i làm giảm tiêu thụ tại giờ này. Nếu $\eta_{ij} > 0$ - sự tăng giá điện giờ j làm tăng lượng tiêu thụ giờ i .

Nếu có được mô hình đáp ứng giải tích, ví dụ như (1) thì có thể tìm ra được giá tối ưu để điều phối sự dùng điện ở các thời điểm trong ngày. Như vậy, giá điện như một bộ điều chỉnh thay đổi hành vi sử dụng điện của khách hàng.

Trong lưới điện thông minh (Smart Grid), khái niệm định giá thông minh được đề cập như công cụ để người dùng điện sử dụng một cách thông minh [3]. Trong thị trường điện, nhà bán lẻ mua điện từ thị trường và tùy thuộc tình hình thực tế có thể thay đổi giá TOU tới khách hàng để đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện.

Tại Việt nam hiện nay TOU được áp dụng cho các khách hàng công nghiệp trên cơ sở công tơ ba giá. Tuy nhiên bản thân mục tiêu của những lần thay đổi giá tập trung chủ yếu vào bài toán lỗ-lãi, chưa nhắm vào việc điều chỉnh tiêu thụ điện,

Bản thảo nhận ngày 31 tháng 5 năm 2017, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 28 tháng 10 năm 2017

Phan Thị Thanh Bình, Lê Minh Quý - Khoa Điện-Điện tử, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM.

Võ Viết Cường - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP Hồ Chí Minh.

Các phương pháp xác định TOU được đề cập nhiều trong các bài toán của DR và được phân thành: dựa trên đường cong đáp ứng nhu cầu hoặc hệ số đàn hồi [4 - 7]; dựa trên lý thuyết trò chơi [8,9,11]. Trong [8] các tác giả giải quyết điều chỉnh cân bằng công suất bằng cách tìm cân bằng Nash dựa theo lý thuyết trò chơi. Tuy nhiên không phải lúc nào cũng có thông tin về độ lợi của điện lực và khách hàng. Các bài báo [5 - 7] tìm giá TOU khi giải bài toán đa mục tiêu bằng cách qui về một mục tiêu. Các bài toán đa mục tiêu gồm giảm tối đa tải đỉnh, giảm tối đa sự chênh lệch công suất đỉnh và thấp điểm. Như trong [5] bài báo trình bày xác định giá tối ưu đáp ứng đa mục tiêu về san bằng đồ thị tải sử dụng lý thuyết mờ. [4] trình bày tìm TOU khi áp dụng giải thuật NSGA (nondominated sorting genetic algorithm) với hàm đáp ứng đa thức bậc 1 theo giá điện.

Trong bài báo này, khác với các bài báo khác, đề xuất tìm TOU tối ưu theo các kịch bản điều khiển sử dụng điện khác nhau của công ty cung cấp điện. Các kịch bản này dẫn tới việc giải bài toán đa mục tiêu với thứ nguyên khác nhau. Bài báo cũng đề xuất cách tiếp cận giải các bài toán đa mục tiêu nêu trên. Có thể còn phát sinh nhiều bài toán khác, nhưng dưới đây là một số bài toán cơ bản. Ngoài ra, cách tiếp của bài báo cũng phù hợp cho các mô hình đáp ứng giải tích khác, ngoài mô hình dạng (1).

2 MÔ HÌNH ĐỀ XUẤT

Bài toán 1:

Khi có sự căng thẳng về nguồn, lưới, nghĩa là khi có sự thiếu hụt công suất nguồn hay vượt quá khả năng tải của đường dây vào các giờ được coi là đỉnh của điện lực, các công ty cấp điện muốn giảm công suất đỉnh. Khi đó có thể làm cho lượng điện năng tổng trong ngày thay đổi hoặc doanh thu bán điện trong ngày thay đổi.

Đề xuất thay đổi biểu giá điện làm giảm công suất tiêu thụ trung bình trong các giờ cao điểm đến một giá trị mong muốn, ví dụ như giảm 5%, 2% công suất đỉnh trên cơ sở lượng điện năng ngày cố gắng giữ không đổi. Mô hình bài toán là:

Tìm giá điện P_i với $i = p, m, o$ sao cho thỏa các hàm mục tiêu :

$$f_1 : QQT_P \rightarrow \alpha QQR_P \quad (2)$$

$$f_2 : A_T \rightarrow A_R \quad (3)$$

Với: A_R, A_T - lượng điện năng trong ngày trước và sau khi thay đổi giá.

α - thể hiện mức giảm công suất đỉnh so với hiện tại và $0 < \alpha < 1$.

Các ràng buộc:

Giá điện nằm trong phạm vi cho phép:

$$P_{i \min} \leq P_i \leq P_{i \max} \quad i = o, p, m \quad (4)$$

Lưu ý là sự thay đổi giá điện có thể tạo một đỉnh mới. Nếu không muốn có đỉnh mới thì cần bổ sung ràng buộc sau:

$$QQT_P > QQT_m > QQT_O \quad (5)$$

Sự thay đổi giá có thể làm cho doanh thu/ngày thay đổi: hoặc tăng quá mức, hoặc suy giảm không mong muốn. Nếu cần đảm bảo lượng doanh thu/ngày do bán điện không thay đổi hoặc thay đổi ít thì (3) có thể thay bằng (6):

$$f_3 : CA_T \rightarrow CA_R \quad (6)$$

Với CA_R, CA_T - lượng doanh thu trong ngày trước và sau khi thay đổi giá

Bài toán 2:

Các công ty điện lực luôn mong muốn cải thiện hình dáng đồ thị phụ tải (san phẳng đồ thị phụ tải). Việc giảm công suất đỉnh và lấp đầy thấp điểm (giảm tỉ số giữa công suất giờ cao và giờ thấp điểm) là một trong những bài toán trọng điểm của chương trình DR. Ngoài ra cần đảm bảo sản xuất và sinh hoạt bình thường của khách hàng nên lượng điện năng/ngày không đổi.

Mục tiêu giảm công suất đỉnh sẽ giữ nguyên như ở (2).

Mục tiêu tăng tỉ số giữa công suất thấp điểm và cao điểm đến trị mong muốn sẽ được thể hiện là:

$$f_4 : \frac{QQT_O}{QQT_P} \rightarrow \beta \quad (7)$$

Với β -trị mong muốn và $0 < \beta < 1$.

Mục tiêu không thay đổi lượng điện năng/ngày như đã trình bày ở (3).

Các ràng buộc như ở (4) hoặc (5)

Bài toán 3:

Một công ty điện lực có thể gặp phải vấn đề về thiếu lượng nước về nhà máy thủy điện hay nhiên liệu, hoặc sản lượng điện mua (hoặc được cấp) sẽ bị giảm xuống, trong một giai đoạn nào đó. Bài toán đặt ra là tìm bộ giá mới sao cho giảm thiểu lượng điện năng tiêu thụ trong ngày đến một giá trị mong muốn nào đó, ví dụ giảm 5% sản lượng điện trong ngày. Ngoài ra cần cải tiến hay giữ nguyên hình dáng đồ thị phụ tải.

Hàm mục tiêu về giảm lượng điện năng là:

$$f_5 : A_T \rightarrow \alpha A_R \quad (8)$$

α - thể hiện mức giảm so với hiện tại và $0 < \alpha < 1$.

Hàm mục tiêu về hình dáng đồ thị phụ tải giữ nguyên như ở (7).

Các ràng buộc vẫn như ở (4) hoặc có thể bổ sung thêm (5).

Một số kịch bản khác như: chỉ cải thiện tỉ số tải thấp điểm và cao điểm trên cơ sở giữ nguyên lượng điện năng ngày; giảm tải đỉnh và giảm lượng điện năng ngày theo mong muốn... đều có thể biểu diễn bằng tổ hợp của các hàm mục tiêu và ràng buộc đã nêu.

3 BÀI TOÁN ĐA MỤC TIÊU.

3.1 Biến đổi hàm mục tiêu

Các bài toán 1, 2, 3 đều là các bài toán có nhiều mục tiêu và ràng buộc. Ở đây các mục tiêu này có thứ nguyên khác nhau. Bài báo đề xuất cách giải đưa về một hàm mục tiêu chuyển đổi như sau:

- Biến đổi các hàm mục tiêu về dạng tương đối.

- Xây dựng hàm mục tiêu duy nhất là tổng có trọng số của các hàm mục tiêu sau biến đổi.

Hai hàm mục tiêu (2) và (3) trở thành:

$$f_1 = \left| \frac{QQT_P}{QQR_P} - \alpha \right| \rightarrow \min \quad (9)$$

$$f_2 = \left| \frac{A_T}{A_R} - 1 \right| \rightarrow \min \quad (10)$$

Mục tiêu (6) trở thành:

$$f_3 = \left| \frac{CA_T}{CAR} - 1 \right| \rightarrow \min \quad (11)$$

Mục tiêu (7) có dạng:

$$f_4 = \left| \frac{QQT_O}{QQT_P} - \beta \right| \rightarrow \min \quad (12)$$

Mục tiêu (8) sẽ là:

$$f_5 = \left| \frac{A_T}{A_R} - \alpha \right| \rightarrow \min \quad (13)$$

3.2 Giải bài toán đa mục tiêu

Bài báo sử dụng giải thuật PSO để tìm lời giải tối ưu cho các bài toán trên do các ưu điểm của giải thuật này như: áp dụng đơn giản, không khát khe về tính khả vi, số tham số của giải thuật không nhiều, rất hiệu quả khi tìm kiếm lời giải tối ưu toàn cục. Hàm Fitness sẽ có dạng là tổng có trọng số của các hàm mục tiêu trong mỗi bài toán. Ví dụ như cho bài toán 1:

$$F = \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 \rightarrow \min \quad (14)$$

trong đó λ_1, λ_2 là trọng số của mỗi hàm mục tiêu.

Trình tự các bước của giải thuật PSO như sau:

- Bước 1: khởi tạo số cá thể, các thành phần c_1, c_2 ; khởi tạo dân số cho bầy đàn; khởi tạo tốc độ cho các cá thể của đàn; hiệu chỉnh các chỉ số của từng cá thể để cho các chỉ số đó không vi phạm các ràng buộc của hệ thống; tính toán hàm (11) cho từng cá thể và gán pbest, tìm ra gbest của đàn.

- Bước 2: Nếu thỏa 1 trong 2 điều kiện dừng của chương trình thì dừng chương trình.

- Bước 3: Tính toán vận tốc mới cho từng cá thể; cập nhật vị trí mới cho từng cá thể; hiệu chỉnh các chỉ số để cho chắc chắn không có cá thể nào vi phạm các ràng buộc vận hành của hệ thống; tính toán hàm (11) cho từng cá thể, so sánh với pbest và gbest, cập nhật nếu thỏa các điều kiện.

- Bước 4: Hiệu chỉnh lại số bước lặp; trở về bước 2 để thực hiện tiếp tục chương trình.

Các công thức để cho từng cá thể cập nhật vị trí của mình:

$$v_i^{k+1} = v_i^k + c_1 \text{rand}_1 (pbest_i - x_i^k) + c_2 \text{rand}_2 (gbest - x_i^k) \quad (15)$$

Với :

x : là tập ẩn (giá điện vào giờ cao điểm, bình thường và thấp điểm);

rand: là hàm random giá trị từ 0-1;

c_1 : trọng số của thông tin của cá thể đó;

c_2 : trọng số của thông tin của cả đàn;

N : dân số của đàn;

x_i : Vị trí của cá thể thứ i trong vùng tìm kiếm;

v_i : tốc độ của cá thể thứ i ;

gbest: giá trị tốt nhất của cả đàn;

pbest _{i} : giá trị tốt nhất của cá thể thứ i .

4 ÁP DỤNG.

Bài báo sử dụng số liệu Công ty điện lực Iran như trong [10] với các hệ số đàn hồi của (1) như trong bảng 1.

Bảng 1 cho thấy sự phản ứng tối ưu của khách hàng lên giá điện: các hệ số đường chéo chính đều âm, các hệ số ngoài đường chéo là dương.

Bảng 1. Hệ số đàn hồi của điện lực Iran

η	Cao điểm	Bình thường	Thấp điểm
Cao điểm	-0,1	0,016	0,012
Bình thường	0,008	-0,1	0,01
Thấp điểm	0,006	0,008	-0,1

Sử dụng số liệu ngày 27/8/2007 được coi là thời điểm hiện tại với giá cho 3 thời điểm trong ngày là: 400, 160, 20 Rial/kWh. Giờ cao điểm (19:00 – 23:00) với công suất trung bình là 33000 MW, giờ bình thường (7:00–19:00) với công suất trung bình là 29000 MW, giờ thấp điểm (23:00 – 7:00) với công suất 26440 MW.

Bài toán 1:

Trong công thức hàm Fitness, các trọng số λ được mặc định là 1. Với mục tiêu giảm công suất trung bình vào các giờ tải đỉnh là 3.45% và lượng điện năng ngày thay đổi ít hơn 1%.

Sử dụng mô hình (2)-(5) để tìm kiếm lời giải tối ưu về giá điện. Sử dụng giải thuật PSO với các tham số khác nhau, kết quả cho ở bảng 2.

Ví dụ khi $c_1=c_2=\sqrt{2}$ ứng với số cá thể 100 cho ra kết quả tốt nhất. Phân tích khi số cá thể là 300, kết quả đạt được cũng là là khả quan (hàm mục tiêu là 0,015). Ở đây, với giá điện tối ưu tại 3 thời điểm đã tìm được, sau đó thế vào (1) cho ra lượng công suất trung bình ở các thời điểm là: $QQT_p=31853MW$; $QQT_m=28884MW$; $QQT_o=27833MW$. Như vậy công suất đỉnh giảm 3,47% và điện năng ngày thay đổi là 0,75%, nghĩa là đạt mục tiêu đề ra.

Bảng 2. Biểu giá điện với các tham số khác nhau của giải thuật PSO của bài toán 1

C_1	C_2	Số cá thể	P_p	P_m	P_o	Hàm mục tiêu
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	50	516,7	167,3	18,87	1,1414
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	100	513,5	155,2	20,35	0,00125
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	200	512,5	155,35	19,44	0,001924
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	300	514,7	160,18	19,7	0,0151

Bài toán 2:

Tìm kiếm biểu giá điện sao cho công suất trung bình giờ cao điểm giảm 5,4% và lượng điện năng ngày thay đổi nhỏ (<1%), tỉ số công suất thấp và cao điểm lên đến 0,893. Bây giờ các mô hình (2), (7), (4), (5) được sử dụng để tìm kiếm lời giải về giá điện. Kết quả được trình bày trong bảng 3.

Kết quả đạt tốt nhất khi số cá thể là 200. Khi phân tích kết quả với số cá thể là 300, cho ra kết

quả về lượng công suất trung bình ở các thời điểm: $QQT_p=31219MW$; $QQT_m=28785MW$; $QQT_o=27868 MW$; công suất đỉnh giảm 5,4%; tỉ số công suất thấp và cao điểm là 0,893 và điện năng ngày thay đổi là 0,24%.

Nếu với bài toán này, thay vì mục tiêu về thay đổi lượng điện năng ngày là mục tiêu doanh thu ngày thay đổi nhỏ hơn 1%, sẽ cho ra kết quả tìm kiếm như trong Bảng 4.

Bảng 3. Biểu giá điện với các tham số khác nhau của giải thuật PSO của bài toán 2.

C_1	C_2	Số cá thể	P_p	P_m	P_o	Hàm mục tiêu
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	50	604,5	199,6	20	0,0008587
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	100	594	166,1	19,7	$5,448 \times 10^{-6}$
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	200	594,2	166,5	19,7	$1,13 \times 10^{-6}$
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	300	595,7	170,1	19,77	$3,38 \times 10^{-6}$

Ví dụ với dân số 300, $c_1=c_2=\sqrt{2}$ cho ra kết quả sau: công suất giờ cao điểm giảm 5,4%; tỉ số công suất thấp và cao điểm là 0,893 và doanh thu ngày thay đổi 0,24%.

Bài toán 3:

Được lồng trong hai bài toán trên khi giảm lượng điện năng tiêu thụ.

Bảng 4. Biểu giá điện với của bài toán 2 khi mục tiêu là doanh thu ngày

C_1	C_2	Số cá thể	P_p	P_m	P_o	Hàm mục tiêu
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	50	511,3	135,3	19,2	0,00148
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	100	518,4	136,3	19,9	$9,28 \times 10^{-6}$
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	200	513,3	136	19,4	0,0011
$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	300	516,5	139	19,66	0,0006637

5 KẾT LUẬN.

Khi có mô hình đáp ứng chính xác, có thể sử dụng cách tiếp cận của bài báo để tìm kiếm biểu giá TOU tối ưu theo các kịch bản khác nhau của điện lực. Các kịch bản này tương ứng với những tình huống vận hành khó khăn như thiếu hụt công suất đỉnh, thiếu hụt điện năng (kWh), cải thiện hình dáng đồ thị phụ tải và là những bài toán đa mục tiêu. Cách tiếp cận của bài báo có thể mở rộng áp dụng cho những kịch bản khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H.A. Aalami, M. Parsa Moghaddam, G.R. Yousefi, "Demand response modeling considering Interruptible/Curtailable loads and capacity market programs", *Applied Energy*, vol. 87, no. 1, pp. 243–250, 2010.
- [2] Ali Abdolalipour et al, "Effects of Time-Of-Use Demand Response Programs Based On Logarithmic Modeling for Electricity Customers and Utilities in Smart Grids", *International Journal of Computer Science and Mobile Applications*, vol. 1, no. 3, pp. 1-12, 2013.
- [3] Pedram Samad et al, Optimal Real time Pricing Algorithm Based on Utility Maximization for Smart Grid, Smart grid Communication, 2010 first IEEE international conference on, 4-6 Oct. 2010, USA, 2010.
- [4] Huilan Jiang et al, "Multiobjective TOU Pricing Optimization Based on NSGA2", *Journal of Applied Mathematics*, vol. 2014, pp. 1 - 8, 2014.
- [5] N. Yu, J.-L. Yu, Optimal TOU decision considering demand response model International Conference on Power System Technology, POWERCON2006, 2006.
- [6] Z. F. Tan, M. B. Wang, and J. X. Qi, J.-C. Hou, X. Li "Time-of-use Price Optimizing Model And Fuzzy Solving Method," *Systems Engineering - Theory & Practice*, vol. 28, no. 9, pp. 145–151, 2008.
- [7] W. Ding, J. Yuan, and Z. Hu, "Time-of-use price decision model considering users reaction and satisfaction index," *Automation of Electric Power Systems*, vol. 29, no. 20, pp. 10–14, 2005.
- [8] Peng Yang et al, "A Game-Theoretic Approach for Optimal Time-of-Use Electricity Pricing", *IEEE Transactions on Power System*, vol. 28, no. 2, pp. 884-892, May 2013.
- [9] Y. L. Ren, J. Li, and Z. Yang M, "Research on time-of-use power price based on game control," *Science and Technology Management Research*, no. 2, pp. 180–183, 2006.
- [10] H.A. Alami, M. Parsa Moghadam, G. Yousefi, Optimum Time of Use Program Proposal for Irani Power System, International Conference on electric power and energy conversion system, Nov. 2009.
- [11] N. Mounisree, K. Ramamohan, "Optimal Time-Of-Use Electricity Pricing Strategy Based On Game Theory for Multiple Users", *International Journal of Advanced Technology and Inovative Research*, Vol.7, Issue 14, Oct. 2015, pp 2771-2775, 2015.

Phan Thị Thanh Bình sinh năm 1959 tại Hải phòng - Việt Nam. Kỹ sư điện năm 1984 tại trường Đại học Năng lượng Matxcova, Nga. Tiến sỹ chuyên ngành Kỹ thuật điện tại Ukraine năm 1995. Từ năm 1985 đến nay là giảng viên tại khoa Điện - Điện tử - trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM. Các hướng nghiên cứu chính tập trung vào (1) Ổn định lưới điện; (2) Dự báo phụ tải; (3) Quản lý nhu cầu DSM; (4) Mạng điện nhỏ. Đến nay tiến sỹ đã công bố được 27 bài báo tạp chí.

Lê Minh Quý tốt nghiệp đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM, năm 2017

Võ Viết Cường sinh năm 1975 tại Hà hội - Việt Nam. Kỹ sư điện năm 1997 tại trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM. Thạc sỹ chuyên ngành Kỹ thuật điện tại Nhật Bản năm 2003, Tiến sỹ chuyên ngành Kỹ thuật Điện tử - Thông tin năm 2006 tại Đại học Kỹ thuật Toyohashi - Nhật Bản. Từ năm 1997 đến nay, Võ Viết Cường là giảng viên tại khoa Điện - Điện tử - trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM. Các hướng nghiên cứu chính của tiến sỹ tập trung vào (1) Tính toán tính kinh tế - kỹ thuật - môi trường của các nguồn năng lượng tái tạo; (2) Điều khiển turbine gió DFIG; (3) Tích hợp tối ưu hệ thống năng lượng, hệ thống điện; (4) Dự báo và điều khiển phía phụ tải. Đến nay tiến sỹ đã công bố được 16 bài báo trên các tạp chí quốc tế và 09 bài báo trên các tạp chí trong nước.

Optimizing the time of use tariff with different scenarios of load management

Phan Thi Thanh Binh, Le Minh Qui, Vo Viet Cuong

Abstract — Demand Response program is applied in many countries as an effective instrument to regulate the electricity consumption. In this program, time of use (TOU) tariff is used widely. Optimal TOU pricing according to different objectives was mentioned in this paper such as peak load reduction, improving load curve, energy conservation, avoiding a new peak load. This is a problem with multi-objective functions in different unit of measurement and is solved by PSO algorithm. An example to find optimal TOU tariff for one utility is also presented in this paper.

Index Terms — DR, TOU pricing, PSO algorithm.