

## TỐI ƯU HÓA CHI PHÍ NĂNG LƯỢNG THÔNG QUA MÔ HÌNH TRUNG TÂM NĂNG LƯỢNG - ENERGY HUB

Phạm Thị Hồng Anh<sup>\*1</sup>, Phạm Thị Ngọc Dung,<sup>2</sup> Hà Thanh Tùng<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghệ thông tin & Truyền thông – ĐH Thái Nguyên

<sup>2</sup>Trường Đại học kỹ thuật công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

<sup>3</sup>Học viện Điện lực – Trường Đại học công nghệ Hoa Nam – Trung Quốc<sup>3</sup>

### TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu và tính toán vận hành tối ưu mô hình trung tâm năng lượng (Energy hub - EH) với mục tiêu làm giảm thiểu tối đa chi phí sử dụng năng lượng. Mô hình đề xuất dựa trên cấu trúc cơ bản của EH nhằm đáp ứng tính đa dạng của phụ tải khi xét đồng thời nhu cầu tiêu thụ điện năng, nhiệt nóng và nhiệt lạnh. Bài toán tối ưu được thiết lập dựa trên cơ sở đặc tính tải/ngày và biểu giá năng lượng. Trong đó, hàm mục tiêu là cực tiểu chi phí mua năng lượng điện và khí tự nhiên từ hệ thống, các ràng buộc toán học bao gồm cân bằng công suất vào/ra của EH, giá năng lượng, giới hạn công suất, giới hạn chuyển đổi của các thiết bị trong mô hình. Chương trình tính toán được thực hiện bởi phần mềm GAMS - The General Algebraic Modeling System. Hiệu quả của mô hình EH được đánh giá thông qua việc so sánh với mô hình cung cấp năng lượng truyền thống. Kết quả tính toán cho thấy mô hình được đề xuất và bài toán tối ưu đem lại hiệu quả tiết kiệm năng lượng cho người sử dụng và là cơ sở dữ liệu đáng tin cậy trong việc quản lý, vận hành tối ưu hệ thống năng lượng.

**Từ khóa:** vận hành tối ưu, energy hub, GAMS, giá điện, giá khí tự nhiên

### ĐẶT VẤN ĐỀ

Sử dụng tối ưu năng lượng là một trong những giải pháp được quan tâm hàng đầu hiện nay trước những yêu cầu về cân bằng năng lượng và các vấn đề nghiêm trọng ảnh hưởng đến tài nguyên môi trường sinh thái trong quá trình khai thác, sử dụng năng lượng. Gần đây, mô hình mạng lưới năng lượng (Energy internet) sử dụng đồng thời nhiều dạng năng lượng khác nhau đã cho thấy một bước tiến mới trong công nghệ khai thác và sử dụng hiệu quả năng lượng [1].

Trong số các nghiên cứu về hệ thống mạng lưới năng lượng [2], [5], đáng chú ý nhất phải kể đến khái niệm về mô hình trung tâm năng lượng EH của viện công nghệ liên bang Thụy Sĩ Andersson với mô hình nhiều dạng năng lượng khác nhau được tiến hành kết nối thông qua khâu chuyên hóa, điều tiết, lưu trữ [6]. Hiện nay, EH được coi như một nền tảng cơ bản mới để xây dựng nên hệ thống đa năng lượng. Mô hình này đã có nhiều nghiên cứu đề cập đến như: [6] tiến hành phân tích mô hình hệ thống đa năng lượng dựa trên khái niệm FH, [7] thiết lập phương trình trạng thái

của khí tự nhiên và hệ thống điện hỗn hợp. [8] xem xét dựa trên mô hình EH của thiết bị tích trữ điện năng đưa ra phương pháp tối ưu phân đoạn theo dòng thời gian và xác định được cấu trúc tối ưu của EH.

Hiện nay, trước tốc độ phát triển không ngừng của xã hội, nhu cầu sử dụng năng lượng theo đó cũng không ngừng gia tăng và ngày trở nên đa dạng. Những mô hình cung cấp năng lượng truyền thống trước đây đã không còn phù hợp. Mô hình hệ thống năng lượng do một dạng năng lượng duy nhất là điện năng mặc dù có những ưu điểm nổi trội trong việc truyền tải, tích trữ; Tuy nhiên, mô hình này cũng có những mặt hạn chế không nhỏ như các thiết bị nhiệt được chuyển hóa từ điện năng phân phối nhỏ lẻ không tập trung dẫn đến vấn đề quản lý nhu cầu phụ tải trở nên phức tạp.

Hiện nay, phụ tải đa phần được thiết kế theo cấu trúc hệ thống; điển hình như tổ hợp hệ thống điện, khí tự nhiên và điều hòa không khí của các trung tâm thương mại, tòa nhà cao tầng giúp thuận lợi hơn cho quá trình quản lý, phân phối năng lượng. Nhiều mô hình khác cũng đã được giới thiệu nhằm phù hợp hơn với điều kiện sử dụng mới. Tuy nhiên, những

\* Tel: 0985 504561

mô hình đã được đề xuất trước đây chưa có sự hỗ trợ giữa điện năng và nhiệt năng dẫn đến khả năng linh hoạt và độ tin cậy của mô hình còn nhiều hạn chế. Gần đây, nghiên cứu [9], [10] mặc dù đã xây dựng mô hình tối ưu hóa EH với hàm mục tiêu là chi phí năng lượng nhỏ nhất; tuy nhiên, xét ở góc độ cấu trúc của mô hình, các nghiên cứu nói trên mới chỉ đáp ứng cơ bản yêu cầu sử dụng điện năng và nhiệt năng mà chưa tính toán cụ thể nhu cầu sử dụng nhiệt lạnh, nhiệt nóng của phụ tải. Vậy nên, cần có những đề xuất nghiên cứu xây dựng cấu trúc mô hình EH phù hợp hơn.

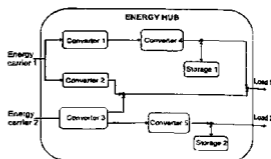
Cụ thể, nghiên cứu này đầu tiên sẽ tiến hành phân tích, đưa ra mô hình EH với việc bổ sung và thay đổi cấu trúc mới nhằm đáp ứng đồng thời nhu cầu sử dụng điện năng, nhiệt nóng và nhiệt lạnh; tiếp theo, giải quyết bài toán vận hành tối ưu dựa trên cơ sở áp dụng biểu giá năng lượng hiện nay đối với khu vực phụ tải sinh hoạt. Mô hình toán được xây dựng với hàm mục tiêu tổng chi phí năng lượng là nhỏ nhất; các ràng buộc bao gồm: Giới hạn công suất thiết bị, cân bằng năng lượng, biểu giá năng lượng. Cuối cùng là phân kết quả tính toán và nội dung thảo luận hướng nghiên cứu tiếp theo. Kết quả tính toán là cơ sở dữ liệu đáng tin cậy trong việc vận hành tối ưu năng lượng điện nhiệt từ đó tiết kiệm chi phí cho người sử dụng đồng thời góp phần nâng cao độ tin cậy và hiệu suất quản lý nhu cầu sử dụng nhờ cắt giảm đỉnh của đồ thị phụ tải điện.

## MÔ HÌNH EH

### Mô tả mô hình EH

Cấu trúc tổng quát của mô hình EH với nhiều dạng năng lượng khác nhau kết nối thông qua khâu chuyển hóa, điều tiết, lưu trữ, được miêu tả như hình 1 [11].

Kết cấu bao gồm nhiều dạng năng lượng đầu vào (thường là điện năng và khí tự nhiên) cung cấp năng lượng cho phụ tải thông qua hệ thống các thiết bị chuyển đổi và lưu trữ trong mô hình. Mối quan hệ giữa năng lượng đầu vào và ra được miêu tả theo ma trận chuyển đổi  $C_v$  (coupling factor) - biểu thị mối quan hệ giữa năng lượng đầu vào tại nút thứ  $i$  và năng lượng đầu ra tại nút thứ  $j$



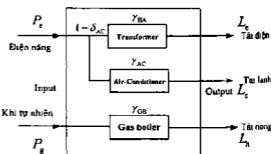
Hình 1. Cấu trúc cơ bản của EH

$$\begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_n \end{bmatrix} = [C_v] \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_m \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó,  $P_{(1..m)}$  là năng lượng đầu vào và  $P_{(1..n)}$  là năng lượng chuyển hóa đầu ra.

### Mô hình EH đề xuất

Như đã giới thiệu ở phần mở đầu, đề xuất tiện hơn cho việc quản lý năng lượng, thành phần phụ tải hiện nay được phân tách khá rõ: Mô hình sử dụng năng lượng truyền thống trước đây chủ yếu thông qua hệ thống lưới điện phân phối. Trong đó, nhiệt năng được cung cấp bởi các thiết bị chuyển hóa từ năng lượng điện một cách nhỏ lẻ không tập trung dẫn đến vấn đề quản lý nhu cầu phụ tải trở nên phức tạp. Được nâng cấp ở mức độ cao hơn, phụ tải nhiệt được cung cấp riêng từ mạng lưới; khí tự nhiên như ở hình 2.



Hình 2. Một mô hình cung cấp năng lượng truyền thống

Quá trình chuyển hóa năng lượng từ điện năng  $P_e(t)$  và khí tự nhiên  $P_g(t)$  tại thời điểm  $t$  đáp ứng nhu cầu sử dụng điện năng, nhiệt nóng, và nhiệt lạnh của phụ tải lần lượt là:  $L_e(t)$ ,  $L_h(t)$ , và  $L_c(t)$  thông qua

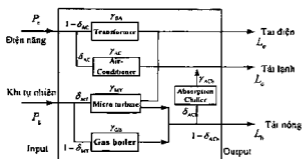
máy biến áp (Transformer), máy lạnh trung tâm AC (Air-Conditioner) và nồi hơi GB (Gas boiler) được mô tả như sau:

$$P_e(t) = L_e(t) / \gamma_{BA} + L_c(t) \gamma_{AC} \quad (2)$$

$$P_g(t) = L_h(t) / \gamma_{GB}$$

Trong đó,  $\gamma^{AC}$ ,  $\gamma^{GB}$ ,  $\gamma^T$  lần lượt là hiệu suất làm việc của các thiết bị AC, GB, và máy biến áp.

Mô hình được giới thiệu nêu trên mặc dù phân tách riêng biệt hệ thống cung cấp điện năng, nhiệt nóng và nhiệt lạnh cho phụ tải, tuy nhiên lại chưa có sự liên kết, trao đổi giữa điện năng và khí tự nhiên dẫn đến độ tin cậy và khả năng linh hoạt tương đối thấp. Do đó, để khắc phục nhược điểm này, nhóm nghiên cứu đề xuất sử dụng mô hình EH có cấu trúc được giới thiệu như hình 3.



Hình 3. Mô hình EH để xuất cho nhóm phụ tải khu vực dân cư

Xét tại thời điểm  $t$ , mô hình EH đề xuất cung cấp năng lượng điện  $L_e(t)$  thông qua máy biến áp và tuabin khí MT (Micro turbine). Lượng nhiệt lạnh  $L_c(t)$  được cung cấp thông qua các thiết bị bao gồm: máy lạnh trung tâm AC, thiết bị làm lạnh hấp thụ nhiệt (Absorption Chiller -ACh) Lượng nhiệt nóng  $L_h(t)$  được cung cấp từ tuabin khí MT và GB. Như vậy, có thể thấy cấu trúc sử dụng năng lượng điện, nhiệt nóng, và nhiệt lạnh có sự chuyển đổi thông qua các thiết bị trong mô hình khá linh hoạt. Mô hình toán thể hiện mối quan hệ giữa năng lượng vào/ra của EH có thể được biểu thị dưới dạng ma trận sau:

$$\begin{bmatrix} L_e \\ L_c \\ L_h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-\delta_{AC})\gamma_T & \delta_{MT}\gamma_{sp}^{MT} \\ 0 & [\delta_{MT}\gamma_{gh}^{MT} + (1-\delta_{MT})\gamma_{GB}] (1-\delta_{ACh}) \\ \delta_{AC}\gamma_{AC} + & [\delta_{MT}\gamma_{sp}^{MT} + (1-\delta_{MT})\gamma_{GB}] \delta_{ACh}\gamma_{ACh} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_e \\ P_k \\ P_i \end{bmatrix} \quad (3)$$

Trong đó:

$\gamma_{sp}^{MT}$ : Hiệu suất chuyển đổi của tuabin MT từ khí tự nhiên sang điện;

$\gamma_{gh}^{MT}$ : Hiệu suất chuyển đổi của tuabin MT từ khí tự nhiên sang nhiệt,

$\gamma^{ACh}$ : Hiệu suất chuyển đổi của thiết bị nhiệt lạnh ACh,

$\gamma_T$ : Hiệu suất máy biến áp;

$\delta_{AC}$ : Hệ số điện năng chuyển đổi qua AC;

$\delta_{ACh}$ : Hệ số nhiệt năng chuyển đổi qua ACh;

$\delta_{MT}$ : Hệ số chuyển đổi nhiệt năng thông qua tuabin MT

### VẬN HÀNH TỐI ƯU MÔ HÌNH EH DƯA TRÊN YẾU TỐ GIÁ ĐIỆN

Vận hành tối ưu hóa hệ thống năng lượng là hình thức phân phối tối ưu các dạng năng lượng nhằm đáp ứng các mục tiêu vận hành như: chi phí vận hành nhỏ nhất, lượng phát thải Carbon nhỏ nhất hoặc là tối đa hóa lợi ích của các dạng năng lượng mới...vv. Đồng thời, thỏa mãn các ràng buộc về mặt kỹ thuật của hệ thống như: Công suất giới hạn, cân bằng năng lượng, giới hạn chuyển đổi... vv

Mô hình tối ưu cơ bản được thể hiện dưới biểu thức (4):

$$\begin{cases} \min f(P) \\ s.t. L = CP \\ \underline{P} \leq P \leq \bar{P} \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó, mô hình bao gồm các dạng năng lượng khác nhau sẽ có sự phân phối khác nhau  $L=CP$  là điều kiện vận hành của bản thân EH (cân bằng năng lượng vào ra), phản ánh mối quan hệ tổng hợp giữa các dạng năng lượng trong quá trình chuyển đổi  $\underline{P} \leq P \leq \bar{P}$  biểu diễn các điều kiện ràng buộc về hệ thống và thiết bị vận hành .vv

Mục tiêu của bài toán vận hành tối ưu chính là giảm thiểu tối đa chi phí sử dụng năng lượng của hệ thống. Do vậy, nếu gọi  $\lambda_e(t)$ ,  $\lambda_g(t)$  lần lượt là giá 1 kWh năng lượng điện và khí tự nhiên tại thời điểm  $t$  [USD/kWh] Ta sẽ có hàm mục tiêu chi phí như sau:

$$\min EPC = \sum [P_c(t)\lambda_c(t) + P_g(t)\lambda_g(t)] \quad (5)$$

Ràng buộc bao gồm:

a/ *Hiệu suất chuyển đổi*

$$0 \leq \gamma_{se}^{AT} \leq 1 \quad (6)$$

$$0 \leq \gamma_{sb}^{AT} \leq 1 \quad (7)$$

$$0 \leq \gamma_{hc}^{AC} \leq 1 \quad (8)$$

b/ *Giới hạn công suất:*

$$P_e(t) \leq P_e^{\max} \quad (9)$$

$$P_g(t) \leq P_g^{\max} \quad (10)$$

c/ *Giới hạn chuyển đổi.*

$$0 \leq \delta_{AC} \leq 1 \quad (11)$$

$$0 \leq \delta_{MT} \leq 1 \quad (12)$$

$$0 \leq \delta_{ACb} \leq 1 \quad (13)$$

d/ *Cân bằng công suất*

Ràng buộc cân bằng công suất từ biểu thức (3) có thể viết lại như sau:

$$\begin{cases} L_e(t) = (1 - \delta_{AC}(t))\gamma_{se}^{AT}P_e(t) + \delta_{MT}(t)\gamma_{sb}^{AT}P_g(t) \\ L_h(t) = [\delta_{MT}\gamma_{sb}^{AT} + (1 - \delta_{MT})\gamma_{CB}] (1 - \delta_{AC})P_g(t) \\ L_c(t) = \delta_{AC}\gamma_{se}^{AT}P_e(t) + [\delta_{MT}\gamma_{sb}^{AT} + (1 - \delta_{MT})\gamma_{CB}]\delta_{AC}\gamma_{hc}^{AC}P_g(t) \end{cases} \quad (14)$$

e/ *Biểu giá năng lượng*

Biểu giá năng lượng đóng vai trò quan trọng trong hàm mục tiêu (5). Vấn đề tối ưu hóa được xem xét dựa trên giá khí tự nhiên và giá điện. Trong đó, giá khí đốt tự nhiên là không đổi và được xác định theo [12]. Biểu giá điện cho khu vực dân cư được xác định theo biểu giá sử dụng năng lượng theo thời gian (Time Of Use-TOU) [13], [14]. TOU là hình thức đơn giản nhất của biểu giá linh hoạt. Mục tiêu chính của chương trình định giá là để khuyến khích việc giảm tiêu thụ năng lượng trong giờ cao điểm. Trong biểu giá TOU, giá điện mỗi kWh thay đổi cho các thời điểm khác nhau trong ngày. TOU hiện dựa trên mức giá điện khác nhau theo 3 cấp độ được giới thiệu xác định theo hình 5 như sau:

$$\lambda_e(t) = \begin{cases} \lambda_{e-\max} & (\text{Giờ cao điểm}) \\ \lambda_{e-\text{normal}} & (\text{Giờ bình thường}) \\ \lambda_{e-\min} & (\text{Giờ thấp điểm}) \end{cases} \quad (13)$$

Từ (5) và (14) ta thấy chi phí sử dụng năng lượng của hệ thống phụ thuộc rất lớn vào lượng điện năng tiêu thụ theo từng thời điểm trong ngày. Do đó, bài toán tiết kiệm chi phí sử dụng năng lượng là bài toán tính toán tối ưu năng lượng điện, khí tự nhiên đầu vào theo từng thời điểm trong ngày sao cho hàm mục tiêu chi phí là nhỏ nhất với các điều kiện ràng buộc về cân bằng và giới hạn công suất của hệ thống. Nói cách khác, yêu cầu của hệ thống là giải bài toán tối ưu để tìm tập nghiệm  $X = \{P_g(t), P_e(t)\}$  thỏa mãn hàm mục tiêu (5) với các ràng buộc (6-14).

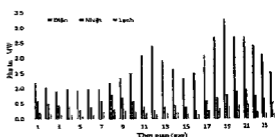
## TÍNH TOÁN ÁP DỤNG

Để làm rõ tính ưu việt của mô hình EH đề xuất, bài báo tiến hành tính toán nhu cầu năng lượng đầu vào mua từ hệ thống và chi phí năng lượng/ngày giữa hai mô hình được giới thiệu ở hình 2 và hình 3 với dữ liệu tính toán được giới thiệu ở mục 4.1

*Dữ liệu tính toán.*

*Phụ tải tính toán*

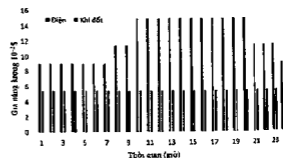
Giá thiết tính toán áp dụng với khu vực dân cư có đồ thị phụ tải ngày điển hình như hình 4.



Hình 4. Nhu cầu tiêu thụ năng lượng điện, nhiệt, lạnh trong ngày của phụ tải

*Biểu giá năng lượng*

Biểu giá nhiệt được xác định theo (12), biểu giá điện được xác định theo hình 5.



Hình 5. Biểu giá năng lượng điện và khí tự nhiên

**Thông số thiết bị và giới hạn công suất hệ thống**

Thông số của hệ thống được cho trong bảng sau:

**Bảng 1. Hiệu suất thiết bị**

$\gamma_{gc}^{AC}$	$\gamma_{gc}^{MT}$	$\gamma_{GB}$	$\gamma^T$	$\gamma_{gh}^{MT}$	$\gamma_h^{ACh}$
0.85	0.4	0.88	0.95	0.5	0.9

**Bảng 2. Công suất giới hạn của hệ thống**

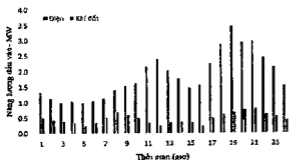
$P_c^{max}$ (MW)	$P_g^{max}$ (MW)
5	3

**Kết quả tính toán**

Mô hình đề xuất được lập chương trình tính toán bằng ngôn ngữ lập trình GAMS, sử dụng solver MINOS. GAMS là ngôn ngữ lập trình cho phép lập các bài toán tối ưu với những mô hình lớn và phức tạp [14] Mô hình được trình bày ngắn gọn và đơn giản, cho phép sử dụng những liên hệ đại số độc lập với giải thuật tính toán

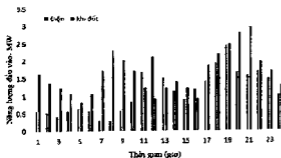
**Mô hình cung cấp năng lượng truyền thống**

Năng lượng đầu vào được xác định theo công thức (2) cho kết quả như sau:



**Hình 6. Nhu cầu năng lượng điện và khí tự nhiên từ hệ thống theo mô hình truyền thống**

Kết quả tính toán năng lượng đầu vào của mô hình EH đề xuất được thể hiện ở hình 7.



**Hình 7. Nhu cầu năng lượng điện và khí tự nhiên từ hệ thống theo mô hình EH đề xuất**

Từ kết quả tính toán, ta có nhận xét như sau:

**Hiệu quả chuyển đổi năng lượng:** Vào giờ thấp điểm hệ thống vẫn chủ yếu sử dụng năng lượng điện, các giờ bình thường và cao điểm, lượng nhiệt năng có xu hướng được sử dụng nhiều hơn. Cụ thể giờ cao điểm từ 9h đến 20h, nhu cầu điện năng giảm đáng kể. Nhu cầu điện năng lớn nhất từ 3.5 MW giảm xuống còn 2.4 MW.

**Hiệu quả kinh tế:** Chi phí năng lượng (5) theo ngày do đó cũng giảm thiểu đáng kể từ 6363.3 USD theo mô hình cung cấp năng lượng truyền thống giảm xuống còn 5759.5 USD. Mỗi ngày hệ thống tiết kiệm được số tiền là:

$$\Delta = 6363.3 - 5759.5 = 603.8 \text{ (USD)}$$

Kết quả tính toán cho thấy mô hình EII đề xuất hoàn toàn đáng tin cậy và phù hợp với phụ tải khu vực dân cư.

**KẾT LUẬN**

Nghiên cứu, tính toán thông qua mô hình EH cho thấy mô hình mạng lưới năng lượng với nhiều dạng năng lượng khác nhau có nhiều ưu điểm hơn so với cách thức cung cấp năng lượng truyền thống. Bài báo đã giới thiệu mô hình EH cung cấp năng lượng một cách đầy đủ hơn so với nghiên cứu trước đây. Kết quả tính toán tối ưu cho thấy: Vào giờ thấp điểm, phụ tải chủ yếu được cung cấp điện từ lưới điện, vào giờ bình thường và giờ cao điểm, năng lượng điện được cung cấp một phần thông qua thiết bị chuyển hóa từ năng lượng nhiệt do đó giúp cắt giảm đỉnh của phụ tải hệ thống và giảm chi phí thanh toán cho khách hàng. Ngoài ra, độ tin cậy cung cấp điện cũng được cải thiện do có sự chuyển đổi giữa các dạng năng lượng. Do đó, khảo sát độ tin cậy của hệ thống năng lượng thông qua mô hình EH là một hướng nghiên cứu mới cần tiếp tục được khai thác.

Mô hình trung tâm năng lượng EH cần được phát triển mở rộng khi xem xét đến tính ngẫu nhiên của phụ tải. Ngoài ra, để mô hình tối ưu hơn có thể xem xét bổ sung thiết bị tích trữ

điên và nhiệt năng nhằm đưa ra tính toán chính xác và cắt giảm nhu cầu sử dụng năng lượng điện ở mức tối đa

"*Bài báo là sản phẩm của đề tài có mã số T2017-07-05, được tài trợ bởi kinh phí của Trường Đại học Công nghệ Thông tin & Truyền thông - ĐHTN*".

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Moemi-Aghtaie M, Abbaspour A, Fotuhi-Firuzabad M, et al. (2014), "A decomposed solution to multiple-energy carriers optimal power flow", *J. IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 29(2) pp 707-716.
2. Lasseter R H (2011), "Smart distribution: Coupled microgrids", *J. Proceedings of the IEEE*, vol 99(6) pp 1074-1082
3. <http://www.fenixproject.org>.
4. Dugan R C, McDermott T. E., Ball G. J (2001), "Planning for distributed generation", *J. IEEE industry applications magazine*, vol. 7(2) pp.80-88
5. Wang Ming Jun (2010), "Smart grid and smart energy resource grid", *J. Power system Technology*, vol. 34(10). pp.1-5.
6. Krause T, Andersson G, Froehlich K, et al (2011), "Multiple-energy carriers: modeling of production, delivery, and consumption", *J. Proceedings of IEEE*, vol 99(1) pp 15-27.

7. Geidl M., Andersson G. (2007), "Optimal power flow of multiple energy carriers", *J. IEEE Transactions on Power Systems*, vol 22(1) pp 145-155.
8. Geidl M, Andersson G. (2005), "A modeling and optimization approach for multiple energy carrier power flow [C]/Power Tech", 2005 *IEEE. Russia: IEEE*, pp. 1-7.
9. Rastegar M., Fotuhi-Firuzabad M., Lehtonen M (2015) "Home load management in a residential energy hub", *J. Electric Power Systems Research*, vol. 119 pp 322-328.
10. Bozchalui M C, Camizares C. A., Bhattacharya K (2015), "Optimal Energy Management of Greenhouses in Smart Grids", *J. IEEE Transactions on Smart Grid*, vol 6(2) pp.827-835
11. Xu Xiandong, Jia Hongjie, Jin Xiaolong et al (2015), "Study on hybrid heat-gas-power flow algorithm for integrated community energy system", *Chin.Soc for Elec.Eng* 35(14): pp.3634-3642
12. Gas Commodity Fact Sheet for Maryland Public Service Commission(2014) <http://www.psc.state.md.us/gas/> Accessed 20 Oct 2016.
13. Y. Tang, H Song, F. Hu, Y Zou (2005), *Investigating on TOU pricing principles*, Proceeding IEEE PES Transmission Distribution Conference Expos, Dalian, China, 2005.
14. Home Electricity Price (2014) <http://www.opc.state.md.us/ConsumerCorner/Electricity.aspx>. Accessed 20 Oct 2016.

### SUMMARY

### OPTIMIZATION OF ENERGY COST THROUGH ENERGY HUB MODEL

Pham Thi Hong Anh<sup>1\*</sup>, Pham Thi Ngoc Dung,<sup>2</sup> Ha Thanh Tung<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>University of Information and Communication Technology - TNU

<sup>2</sup>University of Technology - TNU

<sup>3</sup>Institute of Electricity - Hoa Nam University of Technology - China<sup>4</sup>

This article introduces and calculates the optimal operation of energy hub (EH) model with aim to decline the energy usage. The proposed model is based on the basis of EH to response to the variation of energy loads while concerning about the electricity, heat and cool consumption. The optimization problem is constructed based on the daily load demand and electric tariff TOU-Time of Use. Wherein, the objective function is to optimize total energy cost during the day with the constraints, including power balance, energy prices, power limitation of the system. The calculation model is performed by software GAMS - The General Algebraic Modeling System. The effectiveness of the proposed model is evaluated in comparison to traditional energy supply model. The calculation results are the reliable database in optimizing the energy system and reducing the cost for consumers.

**Key words:** optimal operation, energy hub, GAMS, natural gas price, electricity price

**Ngày nhận bài:** 11/4/2017; **Ngày phản biện:** 21/4/2017; **Ngày duyệt đăng:** 31/5/2017