

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CẤU TRÚC ĐẾN HOẠT ĐỘNG VẬN HÀNH CỦA TRUNG TÂM NĂNG LƯỢNG

Phạm Thị Hồng Anh^{1*}, Phạm Thị Ngọc Dung²

¹Trường Đại học Công nghệ thông tin & Truyền thông – ĐH Thái Nguyên

²Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Trung tâm năng lượng (energy hub-EH) là đơn vị thu phát các dạng năng lượng khác nhau thông qua hệ thống các thiết bị chuyển đổi, phân phối và tích trữ năng lượng. Cấu trúc của mô hình được đề xuất chủ yếu căn cứ vào đặc điểm, nhu cầu sử dụng của phụ tải và ảnh hưởng lớn đến độ tin cậy và hiệu quả vận hành EH. Để minh chứng cho vấn đề này, bài báo tiến hành tính toán vận hành tối ưu EH với nhiều cấu trúc khác nhau (thông qua 12 kịch bản vận hành) với dữ liệu phụ tải giả thiết áp dụng tính toán cho một khu đô thị mới tại Việt Nam. Trong đó, các kịch bản vận hành tương ứng với việc tổ hợp các thiết bị trong mô hình theo hình thức từ cấu trúc đơn giản đến phức tạp (có xét đến sự tham gia của năng lượng mặt trời, gió và các thiết bị tích trữ năng lượng). Hàm mục tiêu tổng chi phí năng lượng của mô hình trong 24 giờ là nhỏ nhất với các ràng buộc: cân bằng năng lượng, giới hạn công suất của hệ thống và công suất phóng nạp của hệ thống tích trữ năng lượng, biểu giá điện năng và khí tự nhiên (theo điều kiện thực tiễn tại Việt Nam). Chương trình tính toán tối ưu sử dụng ngôn ngữ lập trình bậc cao GAMS. Kết quả tính toán cho phép đánh giá vai trò, hiệu quả của thiết bị sử dụng trong mô hình tương ứng với các cấu trúc khác nhau, từ đó lựa chọn mô hình EH phù hợp với mục tiêu tiết kiệm tối đa chi phí sử dụng năng lượng.

Từ khóa: Vận hành tối ưu, chi phí năng lượng, energy hub, cấu trúc, GAMS

Ngày nhận bài: 22/02/2019; Ngày hoàn thiện: 17/4/2019; Ngày duyệt đăng: 07/5/2019

RESEARCH INFLUENCES THE STRUCTURE TO THE OPERATION OF THE ENERGY HUB

Pham Thi Hong Anh^{1*}, Pham Thi Ngoc Dung²

¹University of Information & Communication Technology - TNU

²University of Technology - TNU

ABSTRACT

Energy Hub (EH) acts as the transceiver of different energy forms through a system of energy conversion, distribution and storage devices. The structure and components of the model are chosen primarily based on the features and requirements of the load. The EH's structure place a great impact on the reliability and performance efficiency of the model. The paper aims to prove this statement by performing optimizing calculations of the EH model with different structures (12 scenarios of operation) that take into account data from loads in a new urban area of Vietnam. Those scenarios of operation correspond to the combination of devices whose structures range from simplicity to complexity (with the involvement of solar energy, wind, and energy storage). The objective function for the total energy cost of the EH model within 24 hours is minimized with various conditions: energy balance, capacity limit of the system and energy load storage system capacity, power tariffs and natural gas. The calculation is performed by General Algebraic Modeling System (GAMS) software and the results allow the users to evaluate the role and efficiency of different device structures in the EH model while selecting the appropriate EH model to maximize savings in cost of energy.

Key words: optimal operation; natural price; electricity price; energy hub; GAMS

Received: 22/02/2019; Revised: 17/4/2019; Approved: 07/5/2019

* Corresponding author: Tel: 0985 504561; Email: honganhtnvn@gmail.com

1. Đặt vấn đề

Energy hub-EH là một khái niệm được nhiều nghiên cứu đề cập đến trong thời gian gần đây. Mô hình này có vai trò thu nhận, chuyển đổi và tích trữ nhằm thỏa mãn nhu cầu sử dụng năng lượng mà vẫn đảm bảo khả năng tiết kiệm một cách tối ưu. Hiệu quả của EH đã được đánh giá dưới nhiều khía cạnh khác nhau như: tối ưu hóa chi phí sử dụng năng lượng, sử dụng kết hợp một cách hiệu quả nhiều dạng năng lượng khác nhau, đáp ứng một cách linh hoạt tính đa dạng của phụ tải [1].

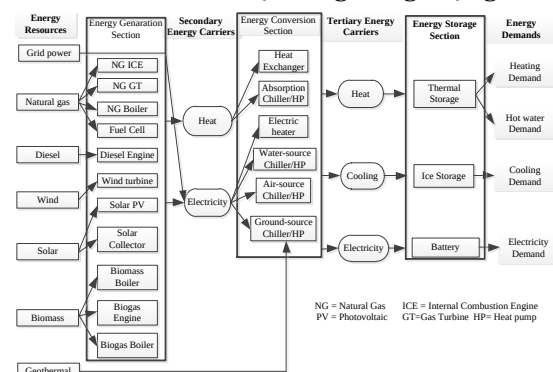
Các nghiên cứu về EH chủ yếu được khai thác ứng dụng nhằm đảm bảo phương thức vận hành tối ưu với các dạng phụ tải khác nhau trong hệ thống mạng lưới năng lượng (Energy internet – EI). Thông thường, các nghiên cứu này sẽ làm nổi bật mô hình EH đề xuất bằng cách bổ sung thêm một hoặc nhiều phần tử để làm thay đổi cấu trúc của mô hình. Các nghiên cứu bao gồm: [2] so sánh hiệu quả tiết kiệm chi phí sử dụng năng lượng của mô hình EH với hình thức cung cấp điện, nhiệt điện truyền thống bằng cách đề xuất một cấu trúc mới cho EH; [3] bổ sung thiết bị tích trữ năng lượng dẫn đến tăng hiệu quả vận hành của mô hình EH; [4] tối ưu hóa chi phí sử dụng năng lượng của mô hình EH có xét bổ sung hệ thống tích trữ điện năng bằng ắc quy (Battery Energy Storage System-BESS) kết hợp với nguồn năng lượng mặt trời (thông qua pin quang điện (photovoltaic-PV) và thiết bị nhiệt mặt trời); [5] đánh giá hiệu quả vận hành của mô hình khi xét lần lượt sự tham gia của năng lượng gió, năng lượng mặt trời với 04 kịch bản nghiên cứu có cấu trúc khác nhau. Như vậy, cung cấp năng lượng tối ưu cho phụ tải không chỉ phụ thuộc hoàn toàn vào quá trình vận hành EH mà còn phụ thuộc vào cấu trúc và thuộc tính của dạng năng lượng chuyển đổi.

Có thể nói, lựa chọn các phần tử bên trong mô hình EH có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả vận hành của mô hình. Trong số các nghiên cứu được đưa ra cho đến nay, hầu hết chúng được giải quyết vấn đề vận hành tối ưu mô hình thông qua việc so sánh giữa một số kịch bản vận hành EH có cấu trúc khác nhau nhằm

mục tiêu làm nổi bật vai trò và hiệu quả của thiết bị được bổ sung vào mô hình, mà chưa liệt kê một cách đầy đủ tất cả các trạng thái vận hành của EH nhằm đánh giá một cách tổng quát hiệu quả của các thiết bị và khả năng kết hợp linh hoạt giữa chúng. Thêm nữa, EH là được xem là một mô hình mới tại Việt Nam, chưa có nhiều nghiên cứu tính toán áp dụng trong điều kiện thực tế tương ứng với biểu giá năng lượng trong nước. Do đó, nghiên cứu này sẽ sử dụng một mô hình EH tổng quát dựa trên việc tham khảo cấu trúc chung hệ thống các thiết bị trong mô hình mạng lưới năng lượng (hình 1) để làm cơ sở tính toán, theo tài liệu tham khảo [6] và [7]. 12 kịch bản nghiên cứu (KB) thông qua việc tổ hợp từ các thiết bị có trong mô hình được liệt kê với yêu cầu chung là đáp ứng đồng thời nhu cầu sử dụng điện, nhiệt, và làm mát của phụ tải giả thiết của một khu đô thị mới. Mô hình toán được thiết lập cho tất cả các kịch bản nghiên cứu với hàm mục tiêu là tổng chi phí năng lượng mua từ hệ thống điện và khí tự nhiên là nhỏ nhất (áp dụng theo biểu giá năng lượng tại Việt Nam). GAMS được sử dụng để giải quyết bài toán tối ưu. Kết quả đạt được cho thấy ảnh hưởng của cấu trúc EH đến hiệu quả vận hành của mô hình. Tính đa dạng của EH cho phép người sử dụng có nhiều sự lựa chọn hơn trong việc tổ hợp các thiết bị, đáp ứng phù hợp với nhiều đối tượng và loại hình phụ tải.

2. Thiết kế mô hình

2.1 Mô tả cấu trúc hệ thống năng lượng



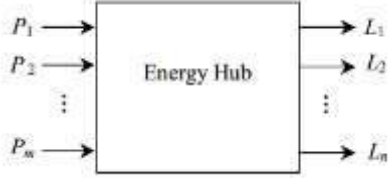
Hình 1. Cấu trúc tổng quát của hệ thống năng lượng

Tài liệu [6] đã đề xuất cấu trúc tổng quát của hệ thống năng lượng dựa theo sự phát triển

công nghệ khai thác, chuyển đổi và tích trữ năng lượng hiện nay (hình 1). Theo đó, hệ thống nguồn, các thiết bị chuyển đổi, tích trữ điện năng trong mô hình trên đã được liệt kê và phản ánh khá đầy đủ sự tiến bộ của khoa học công nghệ, và tính đa dạng của các loại hình năng lượng.

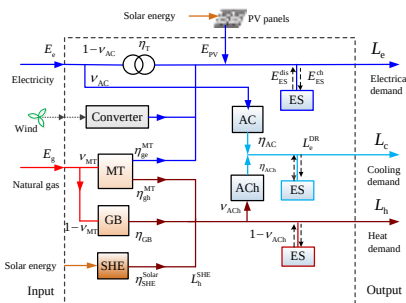
2.2 Mô hình tối ưu cấu trúc của EH

Mô hình EH với hình thức chuyển đổi giữa các dạng năng lượng khác nhau được giới thiệu thông qua ma trận hỗn hợp (1). Trong đó, c_{ij} là các yếu tố kết nối biểu thị mối quan hệ giữa năng lượng đầu vào (bao gồm điện năng và khí ga tự nhiên) tại nút thứ i và năng lượng đầu ra tại nút j . $P(1,...,m)$ năng lượng đầu vào, $L(1,...,n)$ năng lượng chuyển hóa đầu ra (hình 2).

$$\begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_m \end{bmatrix} \quad (1)$$


Hình 2. Mô hình EH tổng quát

Căn cứ vào cấu trúc tổng quát của hệ thống năng lượng và sử dụng kết quả nghiên cứu đã được giới thiệu ở tài liệu tham khảo [7], nghiên cứu này sử dụng mô hình EH có cấu trúc như hình 3.



Hình 3. Mô hình EH sử dụng trong tính toán vận hành với nhiều cấu trúc khác nhau [7]

Trong đó, nhóm nguồn bao gồm: hệ thống điện, hệ thống khí tự nhiên, nguồn phân tán (năng lượng gió (Wind Power-WP) và năng lượng mặt trời); Nhóm thiết bị chuyển đổi bao gồm: máy biến điện áp, Tua bin siêu nhỏ (Micro turbine-MT), điều hòa không khí (Air Conditioned-AC), lò hơi (Gas boiler-GB), Máy làm lạnh hấp thụ (Absorption Chiller-ACh), trao đổi nhiệt mặt trời (Solar Heat Exchanger-SHE). Nhóm hệ thống tích trữ bao gồm: thiết bị tích trữ điện (Energy storage), thiết bị tích trữ nhiệt nóng (Thermal Storage-TS) và thiết bị trữ nhiệt lạnh (Ice storage-IS). Tải sử dụng bao gồm phụ tải điện, nhiệt, và lạnh.

Mô hình EH này được biểu thị dưới dạng ma trận sau đây:

$$\begin{bmatrix} L_e \\ L_h \\ L_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-\nu_{AC})\eta_T & \nu_{MT}\eta_{ge}^{MT} \\ 0 & [\nu_{MT}\eta_{gh}^{MT} + (1-\nu_{MT})\eta_{GB}](1-\nu_{ACh}) \\ \nu_{AC}\eta_e^{AC} & [\nu_{MT}\eta_{gh}^{MT} + (1-\nu_{MT})\eta_{GB}]\nu_{ACh}\eta_h^{ACh} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_e \\ E_g \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & (1-\nu_{ACh}) \\ 0 & 0 & \nu_{ACh}\eta_h^{ACh} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{PV} \\ E_{WP} \\ E_{SHE} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E_{ES}^{dis} - E_{ES}^{ch} \\ E_{TS}^{dis} - E_{TS}^{ch} \\ E_{IS}^{dis} - E_{IS}^{ch} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Trong đó, năng lượng đầu ra của mô hình EH gồm L_e , L_h , L_c lần lượt là nhu cầu sử dụng điện năng, nhiệt nóng, và nhiệt lạnh của phụ tải. E_e và E_g lần lượt là năng lượng đầu vào (điện năng và khí tự nhiên) của mô hình EH.

η_T , η_{ge}^{MT} , η_{gh}^{MT} , η_{GB}^{AC} , η_e^{AC} , η_h^{ACh} lần lượt là hiệu suất chuyển đổi của các thiết bị máy biến áp, MT, GB, AC, và ACh. ν_{AC} , ν_{MT} , ν_{ACh} lần lượt là lưu lượng chuyển đổi qua các thiết bị

AC, MT, và ACh. E_{PV} , E_{WP} , E_{SHE}^{SHE} lần lượt là công suất phát của nhóm nguồn phân tán bao gồm: PV, WP và SHE. Công suất phóng nạp của các thiết bị tích trữ năng lượng điện, nhiệt, lạnh lần lượt được ký hiệu là E_{ES}^{dis} , E_{ES}^{ch} , E_{TS}^{dis} , E_{TS}^{ch} , E_{IS}^{dis} , E_{IS}^{ch} .

3. Mô hình toán

3.1 Hàm mục tiêu

Hàm mục tiêu được thiết lập dựa trên chi phí mua điện năng và khí tự nhiên thông qua giá năng lượng $c_e(t)$, $c_g(t)$ là nhỏ nhất, theo biểu thức sau:

$$\text{Min } EPC = \sum_{t=1}^{24} E_e^{\text{Net}}(t)c_e(t) + E_g^{\text{Net}}(t)c_g(t) \quad (3)$$

3.2 Các điều kiện ràng buộc

3.2.1 Cân bằng năng lượng

Ma trận (2) biểu thị mối quan hệ giữa năng lượng đầu vào /ra của mô hình EH được viết lại như sau:

$$\begin{cases} L_e(t) = E_e^{\text{Net}}(t)\eta_T(1-\nu_{AC}(t)) + E_g^{\text{Net}}(t)\nu_{MT}(t)\eta_{ge}^{\text{MT}} + \\ + E_e^{\text{WP}}(t) + E_e^{\text{PV}}(t) + E_{ES}^{\text{dis}}(t) - E_{ES}^{\text{ch}}(t) \\ L_h(t) = [E_g^{\text{Net}}(t)(\nu_{MT}\eta_{gh}^{\text{MT}} + (1-\nu_{MT})\eta_{GB}) + E_g^{\text{SHE}}(t)](1-\nu_{ACh}) + \\ + E_{HS}^{\text{dis}}(t) - E_{HS}^{\text{ch}}(t) \\ L_c(t) = E_e^{\text{Net}}(t)\nu_{AC}(t)\eta_{AC}^{\text{AC}} + E_{CS}^{\text{dis}}(t) - E_{CS}^{\text{ch}}(t) + \\ + [E_g(t)(\nu_{MT}\eta_{gh}^{\text{MT}} + (1-\nu_{MT})\eta_{GB}) + E_g^{\text{SHE}}(t)]\nu_{ACh}\eta_h^{\text{ACh}} \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó, điện năng của phụ tải được cung cấp từ các phần tử sau: từ hệ thống điện thông qua máy biến áp, từ hệ thống khí tự nhiên thông qua MT, và phần còn lại được cung cấp từ PV và WP. Nhu cầu sử dụng năng lượng nhiệt của phụ tải được lấy từ hệ thống khí tự nhiên thông qua MT và GB, một phần nhiệt năng còn lại được cấp bổ sung từ nguồn năng lượng mặt trời thông qua SHE. Nhu cầu lạnh được đáp ứng đồng thời qua hai thiết bị AC và ACh, chúng được cung cấp từ hệ thống điện và khí tự nhiên.

3.2.2 Giới hạn công suất mạng

Biểu thức toán học (5) và (6) cho thấy giới hạn điện năng và khí tự nhiên đầu vào của EH không được vượt quá công suất đặt cho phép của hệ thống:

$$E_e^{\text{Net}}(t) \leq E_e^{\text{max}} \quad (5)$$

$$E_g^{\text{Net}}(t) \leq E_g^{\text{max}} \quad (6)$$

Trong đó, E_e^{max} và E_g^{max} là giới hạn năng lượng điện và khí tự nhiên lớn nhất của hệ thống.

3.2.3 Giới hạn chuyển đổi năng lượng

Cơ sở vận hành tối ưu EH chính là dựa trên khả năng không chế lưu lượng của các thiết bị AC, ACh, MT. Các thiết bị có khả năng không chế lưu lượng không được vận hành quá giá trị định mức cho phép. Ràng buộc của các biến trạng thái này được giới thiệu trong biểu thức (7), (8), và (9):

$$0 \leq \nu_{AC}(t) \leq 1 \quad (7)$$

$$0 \leq \nu_{MT}(t) \leq 1 \quad (8)$$

$$0 \leq \nu_{ACh}(t) \leq 1 \quad (9)$$

3.2.4 Hệ thống tích trữ năng lượng (cân bằng năng lượng phóng nạp)

Hệ thống các thiết bị tích trữ điện năng trong mô hình đề xuất sử dụng đồng thời ba dạng thiết bị tích trữ: ES, TS, IS. Về cơ bản, nguyên lý làm việc và tác dụng của chúng là giống nhau. Hệ thống tích trữ này được khảo sát một cách chính xác hơn khi xét đến tổn thất năng lượng thông qua hệ số

$\psi_{e,h,c}^{\text{ES,TS,CS-loss}}(t)$ và các ràng buộc trong quá trình phóng nạp của chúng [3]. Năng lượng

tích trữ và giới hạn công suất $E_{e,h,c}^{\text{ES,TS,IS}}(t)$ tại thời điểm (t) được giới thiệu ở biểu thức (10) và (11). Tổn thất năng lượng trong quá trình phóng nạp được giới thiệu ở công thức (11). Giới hạn phóng nạp được giới thiệu ở công thức (12). Giới hạn chế độ làm việc (phóng hoặc nạp năng lượng) của thiết bị được giới thiệu ở công thức (13) và (14) thông qua các biến nhị phân $I_{ES,TS,IS}^{\text{ch}}(t)$, $I_{ES,TS,IS}^{\text{dis}}(t)$ (15). Đặc tính công suất phóng nạp của các thiết bị thường lặp lại theo chu kỳ 1 ngày đêm (24 giờ). Vì vậy, chu kỳ tính toán được lựa chọn là $T=24$ giờ. Khi đó, ràng buộc cân bằng năng lượng trong chu kỳ tính toán như biểu thức (16)

$$E_{e,h,c}^{\text{ES,HS,CS}}(t) = E_{e,h,c}^{\text{ES,HS,CS}}(t-1) + E_{ES,HS,CS}^{\text{ch}}(t) - E_{ES,HS,CS}^{\text{dis}}(t) - E_{ES,HS,CS}^{\text{loss}}(t) \quad (10)$$

$$E_{e,h,c}^{\text{ES,TS,CS-loss}}(t) = \psi_{e,h,c}^{\text{ES,TS,CS-loss}} E_{e,h,c}^{\text{ES,HS,CS}}(t) \quad (11)$$

$$E_{e,h,c}^{\text{ES,HS,CS-Min}} \leq E_{e,h,c}^{\text{ES,HS,CS}}(t) \leq E_{e,h,c}^{\text{ES,HS,CS-Max}} \quad (12)$$

$$0 \leq E_{ES,HS,CS}^{\text{ch}}(t) \leq E_{ES,HS,CS}^{\text{ch-Max}} \quad (13)$$

$$0 \leq E_{ES,HS,CS}^{\text{dis}}(t) \leq E_{ES,HS,CS}^{\text{dis-Max}} \quad (14)$$

$$\begin{cases} I_{ES,TS,IS}^{\text{ch}}(t)E_{ES,TS,IS}^{\text{ch}}(t) > 0 \Leftrightarrow I_{ES,TS,IS}^{\text{ch}}(t) = 1 \\ I_{ES,TS,IS}^{\text{dis}}(t)E_{ES,TS,IS}^{\text{dis}}(t) > 0 \Leftrightarrow I_{ES,TS,IS}^{\text{dis}}(t) = 1 \\ I_{ES,TS,IS}^{\text{dis}}(t) + I_{ES,TS,IS}^{\text{ch}}(t) = 1 \\ I_{ES,TS,IS}^{\text{dis}}(t) \times I_{ES,TS,IS}^{\text{ch}}(t) = 0 \end{cases} \quad (15)$$

3.2.5 Biểu giá năng lượng

Biểu giá năng lượng đóng vai trò quan trọng trong hàm mục tiêu (3). Việc khống chế năng lượng đầu vào cơ bản trên cơ sở sự thay đổi giá năng lượng trong ngày. Nghiên cứu này áp dụng biểu giá điện theo thời gian TOU (prices-time of use) trong thị trường điện với cấp điện áp dưới 6 kV của tập đoàn điện lực Việt Nam [8]. Giá khí tự nhiên là hằng số được quy đổi theo tài liệu tham khảo [9, 10]. 1 kG khí gas hay còn gọi là LPG (Liquified Petroleum Gas) được quy đổi công suất điện tương đương với xấp xỉ 14 kWh điện.

4. Kết quả tính toán tối ưu

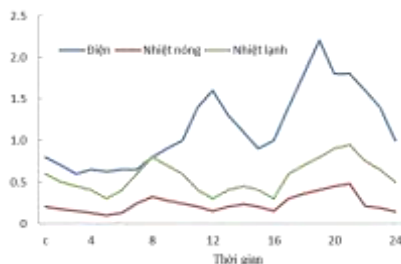
4.1 Các kịch bản nghiên cứu

Trong nội dung này, tất cả các cấu trúc của EH được liệt kê thông qua việc tổ hợp các thiết bị trong mô hình (tương ứng với 12 kịch bản nghiên cứu). Mô hình với các cấu trúc khác nhau được liệt kê sao cho luôn đáp ứng được đồng thời nhu cầu sử dụng điện, nhiệt, lạnh của phụ tải (bảng 1). Cấu trúc EH ở hình 3 tương ứng với kịch bản thứ 12.

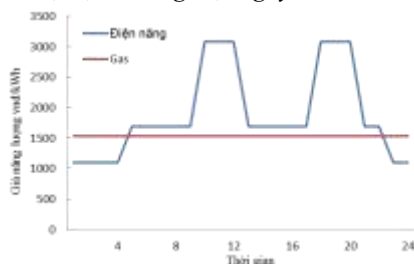
4.2 Dữ liệu tính toán

4.2.1 Nhu cầu tiêu thụ điện, nhiệt, và làm mát

Phụ tải bao gồm điện năng, nhiệt năng và làm mát của một khu vực dân cư điển hình được tham khảo theo tài liệu [7]:



Hình 4. Nhu cầu tiêu thụ điện, nhiệt nóng, và nhiệt lạnh trong một ngày điển hình.



Hình 5. Biểu giá năng lượng

Bảng 1. Các kịch bản vận hành tối ưu
“E = Electricity (điện năng) C=Cooling (nhiệt lạnh) H=Heat (nhiệt nóng)”
(X) : Thiết bị được chọn sử dụng, (-): Thiết bị không được lựa chọn

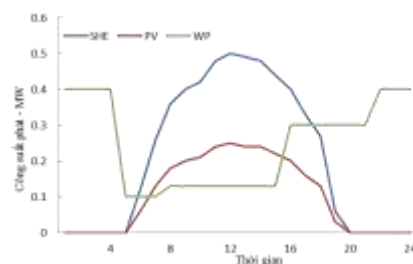
KB	T	MT	GB	AC	ACH	DER	ESS		
						PV/ PW/ SHE	ES	TS	IS
Output	E	E&H	H	C	C	E&H	E	C	H
1	x	x	x	x	-	-	-	-	-
2	x	x	x	x	-	x	-	-	-
3	x	x	x	x	-	-	x	x	x
4	x	x	x	x	-	x	x	x	x
5	x	x	x	-	x	-	-	-	-
6	x	x	x	-	x	x	-	-	-
7	x	x	x	-	x	-	x	x	x
8	x	x	x	-	x	x	x	x	x
9	x	x	x	x	x	-	-	-	-
10	x	x	x	x	x	x	-	-	-
11	x	x	x	x	x	-	x	x	x
12	x	x	x	x	x	x	x	x	x

4.2.2 Giá năng lượng

Giá khí tự nhiên là hằng số, được quy đổi căn cứ theo tài liệu tham khảo [9, 10]. Giá điện theo biểu giá TOU – áp dụng theo quy định giá bán điện theo giờ và biểu thời gian sử dụng điện năng của tập đoàn điện lực Việt Nam [8] được giới thiệu như hình 5.

4.2.3 Năng lượng mặt trời và gió

Tính toán này được thực hiện với giả thiết hệ thống được lắp đặt nguồn WP (điện gió), PV (pin mặt trời) và SHE (thiết bị chuyển đổi nhiệt mặt trời) có đặc tính công suất phát trong 24 giờ như hình 6 [5, 2].



Hình 6. Công suất phát của PV, SHE và WP trong một ngày điển hình

4.2.4 Các thông số hệ thống

Các thông số của hệ thống bao gồm hiệu suất thiết bị, công suất phóng nạp lớn nhất, hệ số tổn thất trong quá trình phóng nạp..vv được giới thiệu ở bảng 2 [4, 7]:

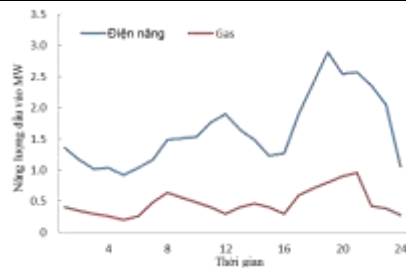
Bảng 2. Các thông số hệ thống

η_T	η_{ge}^{MT}	η_{GB}	$E_{ES,HS,CS}^{dis-Max}$	$\psi_{e,h,c}^{ES,TS,CS-loss}$
0.95	0.4	0.9	0.45 MW	0.02
η_h^{ACh}	η_c^{AC}	E_g^{max}	$E_{ES,HS,CS}^{ch-Max}$	$E_{e,h,c}^{ES,HS,CS-Min}$
0.9	0.88	5 MW	0.45 MW	0.05 MW
η_{gh}^{MT}	$c_g(t)$	E_e^{max}	$E_{e,h,c}^{ES,HS,CS-Max}$	$\eta_{e,h,c}^{ES,HS,CS}$
0.5	6	3 MW	1.2 MW	0.9

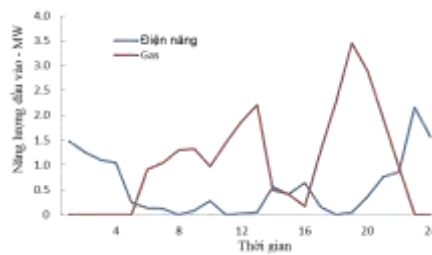
Bài toán tối ưu được giải quyết bằng ngôn ngữ lập trình GAMS sử dụng solver BONMIN. GAMS là ngôn ngữ lập trình bậc

Bảng 3. Tổng chi phí năng lượng trên ngày (VNĐ/ ngày)

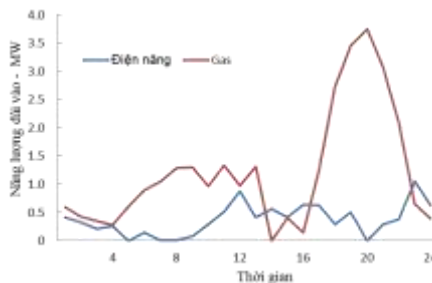
KB1	KB2	KB3	KB4
97,250,252	77,405,415	94,484,410	78,177,952
KB5	KB6	KB7	KB8
88,589,922	68,054,036	85,674,385	56,635,043
KB9	KB10	KB11	KB12
86,241,676	67,031,618	82,460,470	62,617,723



a. KBVH 1



b. Case 8



c. Case 12

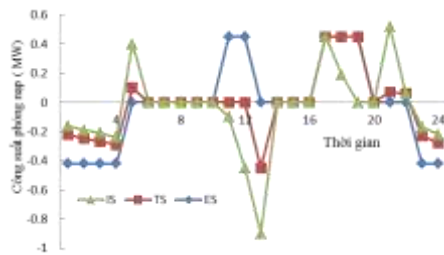
Hình 7. Điện năng và khí tự nhiên đầu vào của EH theo các kịch bản 1, 8 và 12.

cao cho phép các giải quyết các bài toán tối ưu hóa lớn và phức tạp [10].

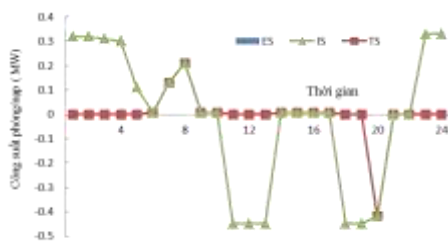
4.3 Kết quả tính toán

Tiến hành tính toán tối ưu với 12 kịch bản vận hành của mô hình EH (bảng 1), kết quả thu được gồm có: năng lượng điện và khí tự nhiên đầu vào và tổng chi phí năng lượng tương ứng. Kết quả chi phí vận hành của 12 cấu trúc (kịch bản vận hành-KB) khác nhau được giới thiệu ở Bảng 3.

Trong đó, mô hình EH vận hành theo cấu trúc của KB 8 có tổng chi phí năng lượng đầu vào/ngày thấp nhất. KB 1 có tổng chi phí năng lượng cao nhất. Mô hình EH đề xuất có tất cả các phần tử tham gia vào quá trình vận hành (KB 12) có tổng chi phí tương đối thấp, tuy nhiên không chênh lệch quá nhiều so với KB 8. Cụ thể: kết quả năng lượng đầu vào bao gồm điện năng và khí tự nhiên của mô hình EH đối với KB 1, KB 8, và KB 12 được giới thiệu ở hình 7. Hệ thống tích trữ điện năng đều được xét đến trong KB 8 và KB 12. Đặc tính công suất phóng nạp của hệ thống các thiết bị tích trữ được giới thiệu ở hình 8. Chúng chủ yếu đóng vai trò tích trữ năng lượng vào các giờ giá điện thấp và phát vào những giờ giá điện cao nhất.



a. Case 8



b. Case 12

Hình 8. Đặc tính phóng nạp của hệ thống tích trữ ở kịch bản nghiên cứu 8 và 12.

Một số nhận xét: Từ kết quả tính toán tối ưu ta có nhận xét sau đây:

1/ Kết quả tính toán so sánh giữa 12 trường hợp đã làm nổi bật vai trò và ảnh hưởng của cấu trúc mô hình đến hiệu quả của bài toán vận hành mô hình EH, thể hiện thông qua tổng chi phí năng lượng hàng ngày (bảng 3). Trong đó, KB 8 có chi phí năng lượng/ngày

nhỏ nhất (56,635,043 VNĐ). KB 1 có chi phí năng lượng lớn nhất lên đến 97,250,252 VNĐ. Số tiền chênh lệch giữa hai phương án là:

$$\Delta = 97,250,252 - 56,635,043 = 40,615,209 \text{ (VNĐ)}.$$

2/ Các kịch bản vận hành tối ưu EH có cấu trúc khác nhau đều đáp ứng linh hoạt nhu cầu sử dụng năng lượng điện, nhiệt, và làm mát của phụ tải. Kết quả tính toán năng lượng đầu vào của KB 1 cho thấy do không xét đến sự tham gia của WP, PV, và SHE cùng với ESS; năng lượng đầu vào trong trường hợp này chủ yếu lấy từ hệ thống điện dẫn đến tổng chi phí vận hành trong ngày tăng cao. Ngược lại, KB 8 và KB 12 có chi phí chênh lệch không lớn, cả hai phương án này lượng khí tự nhiên có xu hướng được sử dụng nhiều hơn, đặc biệt vào thời điểm giá điện và nhu cầu sử dụng điện lớn (hình 7). Do đó, trong trường hợp này, chúng ta có thể lựa chọn mô hình EH có cấu trúc như KB 8 hoặc KB 12 để tiết kiệm tối đa chi phí sử dụng năng lượng.

3/ Kết quả tính toán vận hành tối ưu trung tâm năng lượng trong bài báo này áp dụng với biểu giá năng lượng điện (TOU) và giá gas tại Việt Nam. Điều này cho thấy EH hoàn toàn có tiềm năng ứng dụng vào các khu dân cư, khu đô thị mới và phù hợp với thị trường năng lượng của Việt Nam hiện nay.

5. Kết luận

Nghiên cứu này đã tính toán vận hành tối ưu EH với mục tiêu tối ưu chi phí năng lượng điện và khí tự nhiên mua từ hệ thống thông qua 12 kịch bản vận hành khác nhau nhằm đánh giá ảnh hưởng của cấu trúc đến hiệu quả vận hành của mô hình. Kết quả tính toán cho thấy cấu trúc EH có ảnh hưởng lớn đến kết quả tính toán vận hành tối ưu của mô hình này. Đây được xem là cơ sở để lựa chọn cấu trúc tối ưu trong thiết kế mô hình EH góp phần nâng cao hiệu quả khai thác và sử dụng năng lượng. Trong điều kiện giá năng lượng tại Việt Nam, ứng dụng phương pháp tối ưu hóa cấu trúc của EH có thể cực tiểu được chi

phí năng lượng cho các trung tâm thương mại, khu dân cư hay các khu đô thị mới.

Kết quả nghiên cứu mặc dù đã tìm ra cấu trúc tối ưu của mô hình EH nhưng khối lượng tính toán lớn do phải liệt kê tất cả các kịch bản vận hành có cấu trúc khác nhau. Do đó, việc xây dựng thuật toán để tìm nhanh cấu trúc tối ưu EH là vấn đề cần tiếp tục được quan tâm nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ma, Tengfei, J. Wu, and L. Hao. "Energy flow modeling and optimal operation analysis of the micro energy grid based on energy hub", *Energy Conversion & Management*, 133(2017), pp. 292-306, 2017.
- [2]. T. T. Ha, Y. J. Zhang, J. A. Huang et al, "Energy hub modeling for minimal energy usage cost in residential areas", In: *Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Power and Renewable Energy (ICPRE'2016), Shanghai, China, 21-23 Oct 2016*, pp. 659–663, 2016.
- [3]. Parisio, Alessandra, C. D. Vecchio, and A. Vaccaro, "A robust optimization approach to energy hub management", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 42.1(2012), pp. 98-104, 2012.
- [4]. H. A. Thanh Tung et al, "Energy hub modeling to minimize residential energy costs considering solar energy and BESS", *Journal of Modern Power Systems & Clean Energy*, pp.1-11, 2017.
- [5]. Pazouki, Samaneh, Mahmoud-Reza Haghifam, and Javad Olamaei, "Effect of Wind Turbine, Solar Cells and Storages in Short Term Operation of Coupled Electricity and Gas Infrastructures in Different Climates", *International Journal of Smart Electrical Engineering*, 2.3 (2013), pp. 159-165, 2013.
- [6]. Zhou Zhe et al, "A two-stage stochastic programming model for the optimal design of distributed energy systems", *Applied Energy*, 103 (2013), pp. 135-144, 2013.
- [7]. T. T. Ha, Y. Zhang, J. Hao et al, "Energy Hub's Structural and Operational Optimization for Minimal Energy Usage Costs in Energy Systems", *[J]. Energies*, 11(4), pp. 707, 2018.
- [8]. <https://www.evn.com.vn/c3/evn-va-khach-hang/Bieu-gia-ban-le-dien-9-79.aspx> tham khảo ngày 3/3/2019.
- [9]. <https://bachhopsc.com.vn/dac-tinh-co-ban-cua-gas/> tham khảo ngày 3/3/2019.
- [10]. <https://gascongnghiep.com/tag/gia-gas-cong-nghiep> tham khảo ngày 3/3/2019
- [11]. A. Brooke, D. Kendrick, A. Meeraus, R. Raman, *GAMS A User's Guide*, GAMS Development Corp., Washington, DC, 2003.