

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**NGUYỄN TUẤN NAM**

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NGUỒN PHÂN TÁN  
ĐẾN VẬN HÀNH TỐI ƯU MÔ HÌNH NĂNG LƯỢNG  
TÍCH HỢP**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điện**

**Mã số: 852.02.01**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC**

**TS. HÀ THANH TÙNG**

**Thái Nguyên - 2022**

Công trình được hoàn thành tại:

**Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên**

**Tên đề tài: Nghiên cứu ảnh hưởng của nguồn phân tán đến vận hành tối ưu mô hình năng lượng tích hợp.**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện

Mã số: 852.02.01

Người hướng dẫn khoa học: TS. Hà Thanh Tùng

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ:

Họp tại: Trường Đại học Kỹ thuật công nghiệp – Đại học Thái Nguyên

Vào hồi 14 giờ 00 ngày 16 tháng 4 năm 2022.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

Thư viện Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp

Trung tâm Học liệu - Đại học Thái Nguyên

Một số tài liệu và bài báo của các tác giả trong và ngoài nước đã được xuất bản.

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Năng lượng là lĩnh vực có vai trò đặc biệt quan trọng trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội. Vì thế, những biến động về giá cả, thể chế hay những tiến bộ về công nghệ trong khai thác và sử dụng năng lượng luôn thu hút sự quan tâm đặc biệt của các nhà nghiên cứu, các nhà làm chính sách ở mọi quốc gia trên thế giới. Cuộc khủng hoảng dầu lửa năm 1973 là tiếng chuông đầu tiên cảnh báo khả năng thiếu hụt năng lượng trong tương lai khi nó không được khai thác và sử dụng một cách hiệu quả. Chính những biến động về năng lượng trong giai đoạn này đã làm thay đổi ý thức sử dụng năng lượng của con người, thay đổi phương thức và cơ chế hoạt động của hệ thống năng lượng trên thế giới. Trước bối cảnh kinh tế toàn cầu hóa và biến đổi khí hậu, vấn đề khai thác và sử dụng tối ưu năng lượng ngày càng trở nên cấp thiết và quan trọng.

Cạn kiệt tài nguyên năng lượng và áp lực ô nhiễm môi trường đang là hai vấn đề thách thức lớn đối với tất cả các quốc gia trên thế giới. Sự tiến bộ về khoa học công nghệ đã đưa ra nhiều giải pháp ứng dụng mới nhằm khai thác và sử dụng tối ưu năng lượng phục vụ cho nhu cầu của con người. Một trong số đó là hình thức tích hợp các hệ thống năng lượng thay vì sử dụng các hệ thống năng lượng đơn lẻ

## **2. Mục tiêu nghiên cứu**

- Đề xuất xây dựng mô hình tích hợp các dạng năng lượng khác nhau bao gồm (điện năng, khí tự nhiên, nguồn phân tán) dưới hai dạng mô hình hệ thống tập trung và mô hình hệ thống năng lượng.

- Nghiên cứu xây dựng bài toán vận hành tối ưu với hàm mục tiêu chi phí vận hành nhỏ nhất. Các ràng buộc của mô hình bao gồm biểu giá năng lượng, giới hạn chuyển đổi của thiết bị, giới hạn công suất, cân bằng năng lượng vào ra, cân bằng công suất phóng/nạp của các hệ thống tích trữ tương ứng.

- Tính toán vận hành tối ưu mô hình tích hợp năng lượng đề xuất thông qua các kịch bản vận hành khác nhau. Từ đó đánh giá ảnh hưởng của nguồn phân tán đến hiệu quả của bài toán vận hành;

- Lập chương trình tính toán: giải quyết các bài toán tối ưu hóa, giải tích lưới điện bằng ngôn ngữ lập trình bậc cao GAMS.

## **3. Đối tượng nghiên cứu:**

+ Mô hình năng lượng tích hợp

+ Nguồn phân tán (Năng lượng mới và tái tạo: Gió và mặt trời, hệ thống tích trữ năng lượng)

## **4. Phạm vi nghiên cứu:**

+ Mô hình tích hợp các dạng năng lượng tập trung.

+ Mô hình tích hợp dưới dạng hệ thống.

## **5. Phương pháp nghiên cứu**

### **Nghiên cứu lý thuyết:**

- Thu thập các tài liệu liên quan đến đề tài, vận dụng kiến thức chuyên môn tích lũy được kết hợp với bổ túc thêm của Người hướng dẫn để thực hiện nội dung yêu cầu của đề tài;

- Ứng dụng ngôn ngữ lập trình bậc cao GAMS giải quyết bài toán tối ưu.

**Phương pháp luận:**

- Phân tích cơ sở lý thuyết và các kết quả nghiên cứu đã được công bố trong và ngoài nước;

- Sử dụng công cụ tính toán có độ tin cậy cao;

- Phân tích, lập luận khoa học để đánh giá kết quả nghiên cứu, từ đó nêu bật được những đóng góp của đề tài và giá trị khoa học đạt được.

**6. Cấu trúc của luận văn:**

Mở đầu

Chương 1: Tổng quan.

Chương 2: Ảnh hưởng của nguồn phân tán đến hiệu quả vận hành mô hình tích hợp năng lượng tập trung.

Chương 3: Ảnh hưởng của nguồn phân tán đến hiệu quả vận hành mô hình tích hợp hệ thống năng lượng.

## **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU**

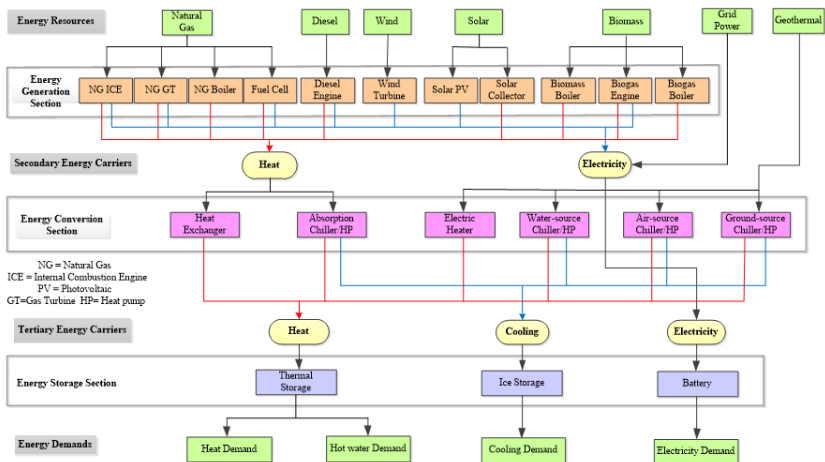
### **1.1. KHÁI NIỆM VỀ MẠNG LƯỚI NĂNG LƯỢNG**

Cho đến nay, việc vận hành hiệu quả các nguồn năng lượng đã được coi là thách thức chính trên toàn thế giới. Mạng lưới năng lượng (Energy networks -ENs) có thể được định nghĩa là một hệ thống kết có khả năng kết nối, vận hành nhiều dạng năng lượng hoặc hệ thống năng lượng khác nhau với mục tiêu khai thác và sử dụng tối ưu chúng mà không làm thay đổi nhu cầu của phụ tải.

Được cấu thành từ nhiều dạng năng lượng khác nhau, ENs có thể được lưu trữ và chuyển đổi thông qua một hệ thống tích hợp, được gọi là trung tâm năng lượng (Energy hub - EH). Việc áp dụng các hệ thống ENs được coi là một giải pháp cho tương lai. Do đó, tích hợp các hệ thống năng lượng (quy hoạch và vận hành) là hai vấn đề chính cần quan tâm nghiên cứu.

#### **1.1.1. Ưu điểm của ENs**

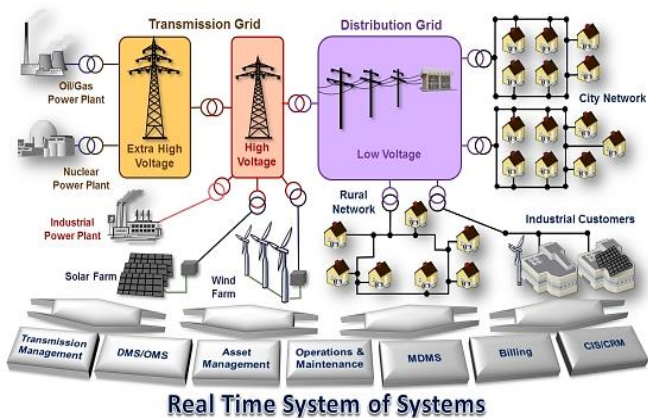
ENs chủ yếu thỏa mãn hai yếu tố kinh tế và đáp ứng nhu cầu đa dạng của phụ tải. Mô hình này giúp nâng cao độ tin cậy, giảm ô nhiễm môi trường, nâng cao tính ổn định, và đạt được mục tiêu sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả.



**Hình 1.1 Một hệ thống mạng lưới năng lượng điện hình<sup>[8]</sup>**

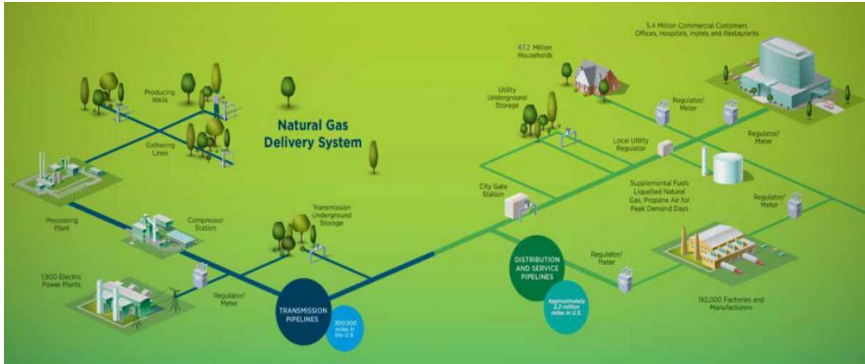
## 1.1.2. Một số hệ thống năng lượng đơn lẻ điển hình

### 1.1.2.1. Hệ thống năng lượng điện



**Hình 1.2 Mô hình cấu trúc hệ thống điện hoàn chỉnh**

### 1.1.2.2. Hệ thống khí tự nhiên (Natural gas)



**Hình 1.3. Hệ thống phân phối khí Gas**



**Hình 1.4. Đường ống cung cấp khí tự nhiên**



### 1.1.2.3. Hệ thống nhiệt



**Hình 1.5. Mô hình hệ thống nhiệt sưởi ấm cho thành phố**

## 1.2. MẠNG NĂNG LƯỢNG SIÊU NHỎ (MICRO ENERGY NETWORK)

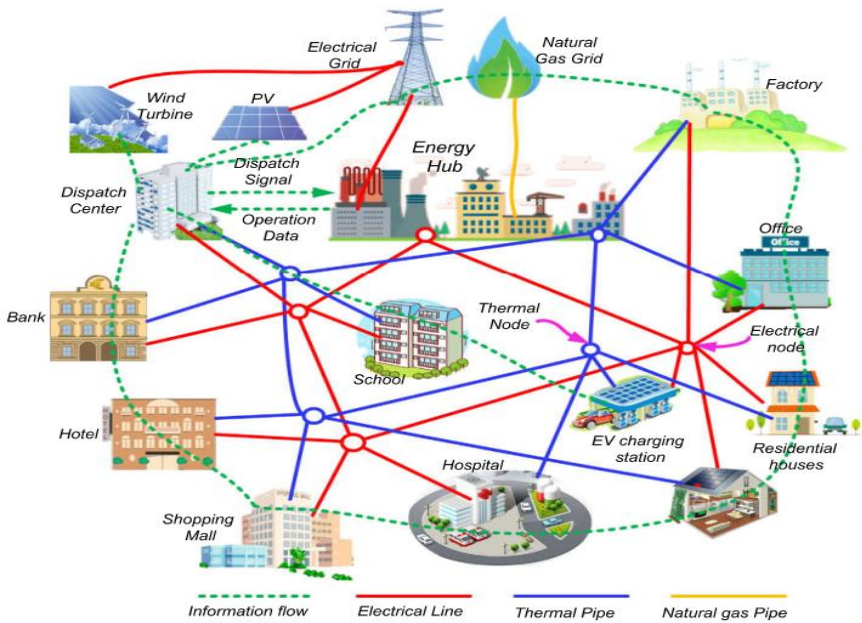
### 1.2.1. Khái niệm

MEN bao gồm nguồn điện, nguồn năng lượng phân tán, các thành phần lưu trữ năng lượng và phụ tải. Dựa trên khái niệm này, MEN sử dụng các nguồn năng lượng chính như điện năng, khí đốt và nhiệt thông qua các hệ thống chuyển đổi đa năng nhằm quản lý, sử dụng tối ưu đồng thời tất cả các dạng năng lượng.

### 1.2.2. Đặc điểm

MEN là một phần trong hệ thống năng lượng hỗn hợp (IES). Trên thế giới, nhiều quốc gia đã chú trọng thực hiện các dự án nghiên cứu ứng dụng hệ thống năng lượng hỗn hợp và nhận định đây sẽ là

hình thức cung cấp năng lượng chính trong xã hội loài người từ 30-50 năm tới.

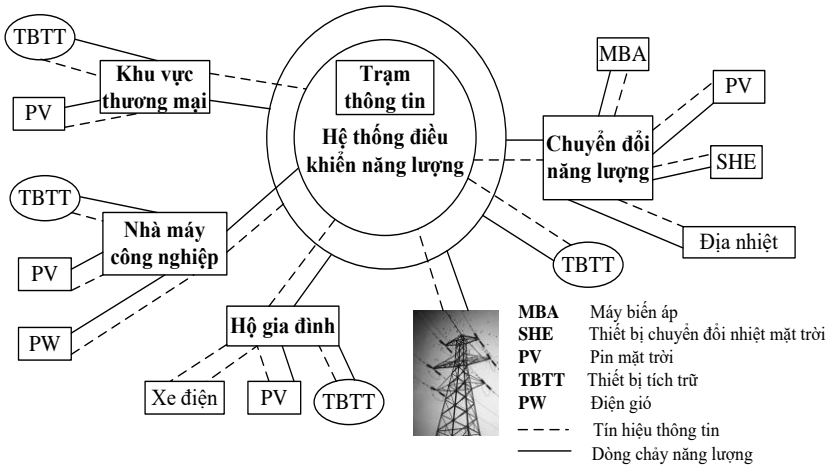


**Hình 1.6. Một cấu trúc điển hình của MEN**

## 1.3. ENERGY INTERNET

### 1.3.1. Khái niệm

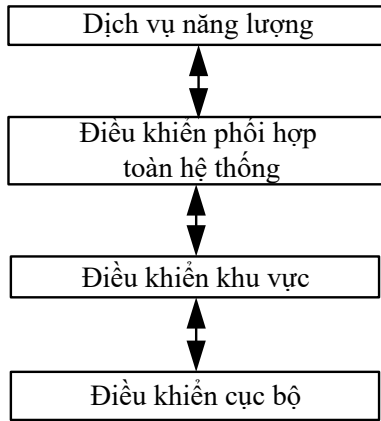
Energy internet (EI) chính là phiên bản hoàn thiện nhất của ENs. EI là một công nghệ được ứng dụng trên nền tảng công nghệ thông tin và truyền thông (Information Communication Technology – ICT) sử dụng hệ thống quản lý thông tin - năng lượng để tích hợp các thiết bị chuyển đổi, phân phối, lưu trữ năng lượng và tập trung chủ yếu vào hoạt động khai thác tối ưu nguồn năng lượng tái tạo.



**Hình 1.7. Cấu trúc mạng lưới năng lượng đơn giản**

### 1.3.2. Cấu trúc của EI

Cấu trúc cơ bản của EI dưới góc độ điều khiển hệ thống có thể thông qua một cấu trúc điều khiển phân cấp điển hình, cụ thể là lớp thiết bị đầu cuối, lớp điều khiển khu vực, lớp phối hợp mạng toàn cầu và tầng dịch vụ nghiệp vụ.



*Hình 1.8. Sơ đồ cấu trúc EI*

#### ***1.3.2.1. Lớp điều khiển vùng***

#### ***1.3.2.2. Lớp điều phối hợp***

#### ***1.3.2.3. Lớp thiết bị đầu cuối (điều khiển cục bộ)***

#### ***1.3.2.4. Lớp dịch vụ năng lượng***

### **1.3.3. Thành phần then chốt của EI**

#### ***1.3.3.1. Nguồn phân tán***

Theo Cơ quan năng lượng quốc tế (IEA), nguồn phân tán là các nguồn năng lượng đủ nhỏ so với các nguồn năng lượng tập trung và cho phép kết nối tại bất kỳ điểm nào trong hệ thống năng lượng. Trên cơ sở đó, nguồn phân tán được xem là các nguồn nhỏ phát hoặc lưu trữ năng lượng, được kết nối cùng với tải tiêu thụ. ***Lưu ý rằng định nghĩa này bao gồm cả các thiết bị lưu trữ năng lượng.***

#### ***A/ Năng lượng tái tạo***

## ***B/ Thiết bị tích trữ***

### ***1.3.3.2. Bộ định tuyến năng lượng***

### **1.3.4. Phân tích một số vấn đề liên quan đến sự phát triển của EI và ENs**

#### ***1.3.4.1. Tác động của nguồn năng lượng phân tán quy mô lớn lên lưới điện***

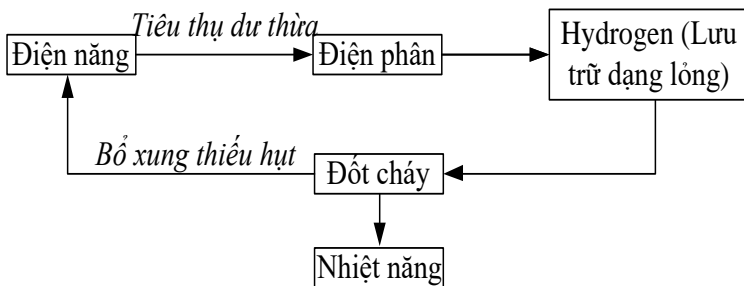
Mạng năng lượng sẽ trọng tâm khai thác nguồn năng lượng phân tán. Theo quy mô lưới điện truyền thống hiện nay, sự ngẫu nhiên của loại hình này cũng đã gây ra những ảnh hưởng không nhỏ đến khả năng vận hành ổn định của lưới điện. Ngoài ra, việc tiếp cận nguồn năng lượng phân tán sẽ làm thay đổi kết cấu ban đầu của lưới điện và thay đổi các đặc tính trạng thái tức thời và ổn định của hệ thống điện

#### ***1.3.4.2. Công nghệ lưu trữ năng lượng hiệu suất cao***

Sự có mặt của hệ thống tích trữ năng lượng giúp cho EI dễ dàng được kiểm soát, giảm tác động của các nguồn năng lượng phân tán lên lưới điện, cải thiện việc sử dụng các nguồn năng lượng mới và nâng cao độ tin cậy của lưới điện.

#### ***1.3.4.2. Công nghệ lưu trữ năng lượng hiệu suất cao***

Sự có mặt của hệ thống tích trữ năng lượng giúp cho EI dễ dàng được kiểm soát, giảm tác động của các nguồn năng lượng phân tán lên lưới điện, cải thiện việc sử dụng các nguồn năng lượng mới và nâng cao độ tin cậy của lưới điện.



**Hình 1.9. Công nghệ tích trữ Hydro**

### **1.3.4.3. Phát triển các tiêu chuẩn giao diện**

### **1.3.4.4. Hệ thống kết nối thông tin mạnh mẽ và đáng tin cậy**

### **1.3.4.5. Đẩy mạnh xây dựng và cải thiện dịch vụ thị trường điện**

## **1.4. CÔNG CỤ TÍNH TOÁN**

Giới thiệu ngôn ngữ lập trình GAMS

GAMS được phát triển để giải quyết vấn đề tối ưu toán học lớn và có thể giải quyết được nhiều bài toán tối ưu như :

Bài toán qui hoạch tuyến tính - LP (Linear Programming)

Bài toán qui hoạch phi tuyến - NLP (Nonlinear Programming)

Bài toán qui hoạch phi tuyến rời rạc - DNLP (Nonlinear Programming with Discontinuous derivatives)

Bài toán qui hoạch nguyên thực hỗn hợp - MIP (Mixed Integer Programming), RMIP (Relaxed Mixed Integer Programming)

Bài toán qui hoạch phi tuyến nguyên thực hỗn hợp - MINLP (Mixed Integer Nonlinear Programming), RMINLP (Relaxed Mixed Integer Nonlinear Programming)...

### **KẾT LUẬN CHƯƠNG 1:**

*Nội dung chương 1 - Tổng quan đã giới thiệu khối kiến thức tổng quan và tổng hợp một số nghiên cứu gần đây về đối tượng nghiên cứu được đề cập đến trong nghiên cứu này bao gồm: Mạng năng lượng tích hợp, mô hình Energy internet, nguồn phân tán và cuối cùng đề cập đến công cụ tính toán được sử dụng trong luận văn này. Trên cơ sở đó, nội dung các chương tiếp theo sẽ tập trung phân tích, đánh giá ảnh hưởng của nguồn năng lượng phân tán đến hiệu quả vận hành của mô hình năng lượng tích hợp tập trung (chương 2) và mô hình mạng lưới năng lượng (chương 3).*

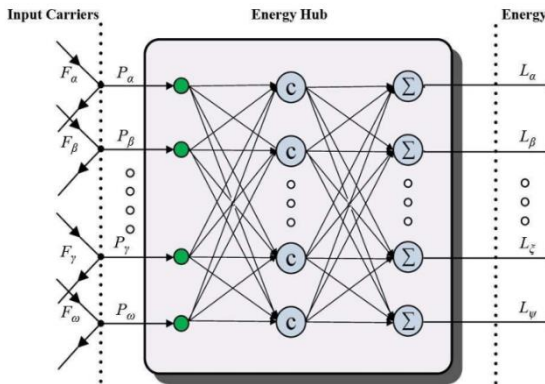
## CHƯƠNG 2

# ẢNH HƯỞNG CỦA NGUỒN PHÂN TÁN ĐẾN HIỆU QUẢ VẬN HÀNH MÔ HÌNH TÍCH HỢP NĂNG LƯỢNG TẬP TRUNG

## 2.1. MÔ HÌNH TÍCH HỢP NĂNG LƯỢNG TẬP TRUNG (ENERGY HUB)

### 2.1.1. Mô tả

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 2.1



3.

*Hình 2.1. Cấu trúc cơ bản của EH*

### 3.1.1. Hướng nghiên cứu và đối tượng ứng dụng

#### 3.1.1.1. Một số lĩnh vực nghiên cứu

Cho đến nay, nhiều nhà khoa học đã thực hiện các nghiên cứu về EH bao gồm các vấn đề như: mô hình và tối ưu trào lưu năng



lượng, vận hành tối ưu, quy hoạch và đầu tư, độ tin cậy và chế độ duy trì sự làm việc ổn định của mô hình...vv

### **2.1.2.2. Đối tượng ứng dụng**

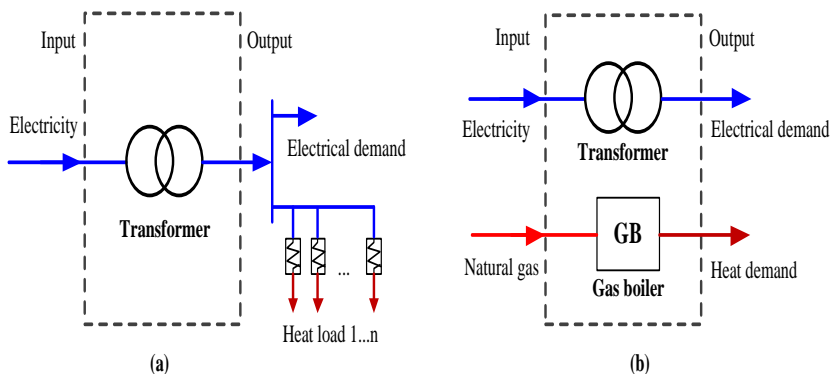
EH được ứng dụng rộng rãi cho các đối tượng như sau:

- Các nhà máy sản xuất điện năng
- Khu vực sản xuất công nghiệp
- Hệ thống các tòa nhà cao tầng
- Khu vực dân cư
- Khu vực vùng sâu, vùng xa (hạn chế về mặt địa lý)
- Khu vực hải đảo
- Khu vực thương mại (sân bay, các trung tâm thương mại,..)

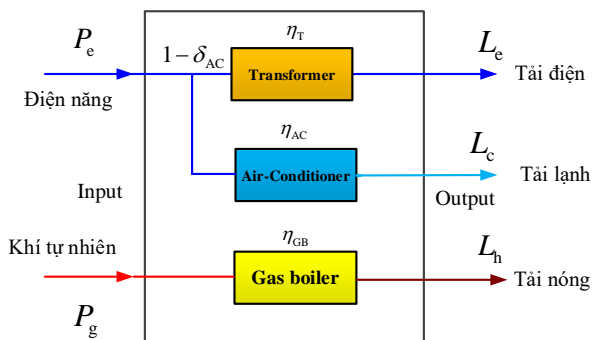
### **2.1.1. Tiềm năng và lợi ích của mô hình EH**

- Tăng độ tin cậy;
- Tăng tính linh hoạt;
- Tối ưu hóa tiềm năng các dạng năng lượng ( bao gồm năng lượng mới và tái tạo);
- Tối ưu hóa khả năng ứng dụng.

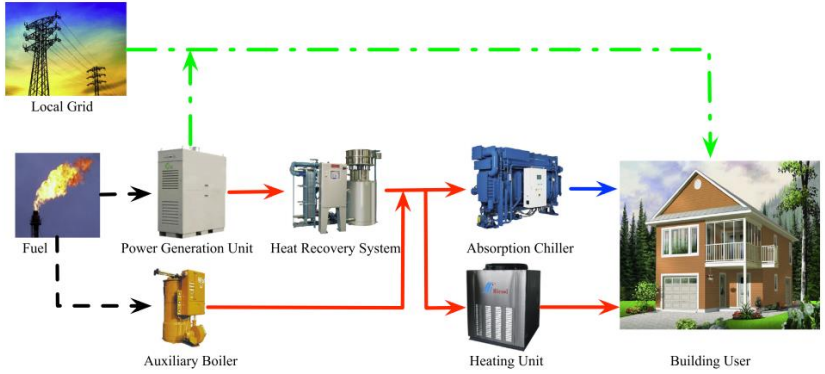
### **2.2.2. Mô hình năng lượng tập trung EH**



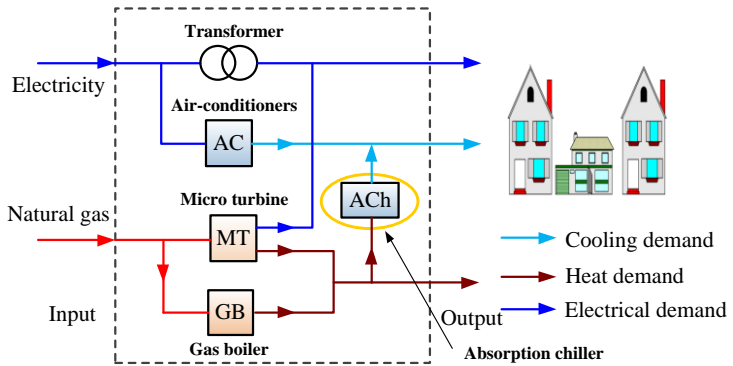
**Hình 2.3. Mô hình cung cấp năng lượng truyền thống**



**2.4. Một mô hình cung cấp năng lượng tích hợp đề xuất**

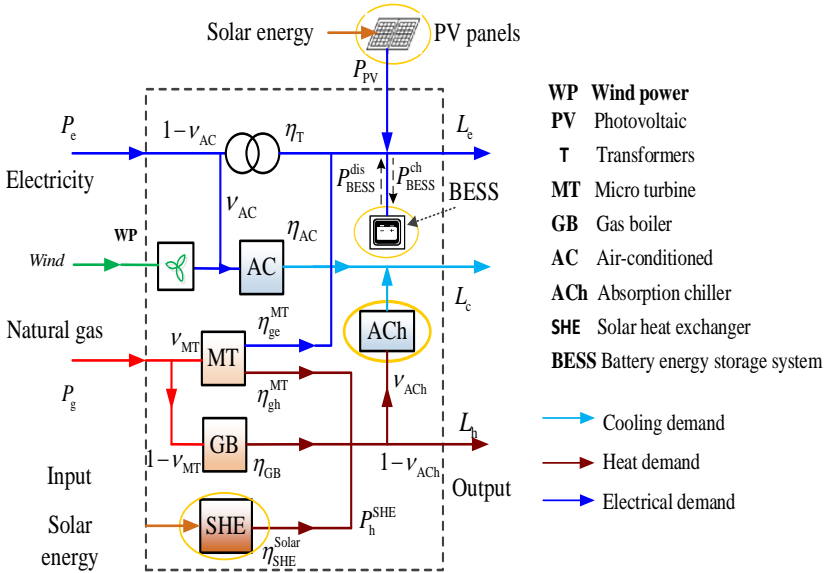


*Hình 2.5. Hệ thống CCHP*



*Hình 2.6. Mô hình EH có xét đến CCHP*

### 2.2.2.2. Mô hình EH có xét đến nguồn phân tán



**Hình 2.7. Mô hình EH đề xuất**

Mô hình đề xuất đảm bảo mục tiêu đáp ứng nhu cầu (điện, nhiệt, lạnh) đa dạng của phụ tải khu du lịch với năng lượng đầu vào bao gồm điện năng  $P_e$  và khí tự nhiên  $P_g$ . Một phần năng lượng điện được cung cấp bổ sung thông qua PV và WP. BESS đóng vai trò lưu trữ và phát điện tùy theo chế độ vận hành của mô hình. Năng lượng đầu ra của mô hình EH bao gồm điện, nhiệt và lạnh. Trong đó: năng lượng điện  $L_e$  được cung cấp chủ yếu thông qua mạng lưới điện, turbin khí MT (Micro turbine) và PV. Lượng nhiệt lạnh  $L_c$  được cung cấp bởi một phần máy lạnh trung tâm AC và thiết bị nhiệt lạnh ACh; Nhiệt năng  $L_h$  được cung cấp từ MT, GB và một phần từ SHE. Như vậy, có thể thấy thông qua mô hình

này, nhu cầu sử dụng năng lượng điện nhiệt, lạnh có sự chuyển đổi qua các thiết bị khá linh hoạt, đồng thời có thể khai thác triệt để các ứng dụng từ nguồn năng lượng mặt trời.

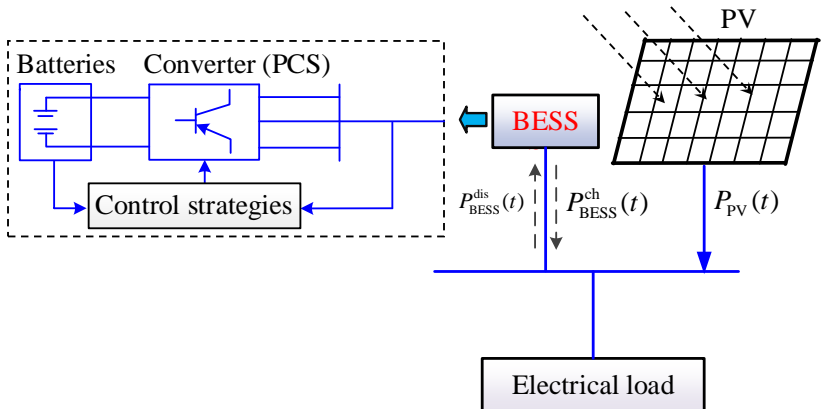
### 2.2.3. Năng lượng gió, mặt trời và công nghệ BESS

#### 2.2.3.1. Năng lượng mặt trời

Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng tự nhiên, không gây ô nhiễm và vô cùng dồi dào.

#### 2.2.3.2. Năng lượng gió (điện gió)

#### 2.2.3.3. Công nghệ tích trữ năng lượng BESS



Hình 2.18. Mô hình kết hợp PV và BESS

### 2.2.4. Mô hình toán

#### 2.2.4.1. Hàm mục tiêu

#### 2.2.4.2. Ràng buộc toán học

### 2.2.5 Kết quả tính toán

## KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

*Nội dung chương 2 đã giải quyết hai vấn đề cơ bản sau đây:*

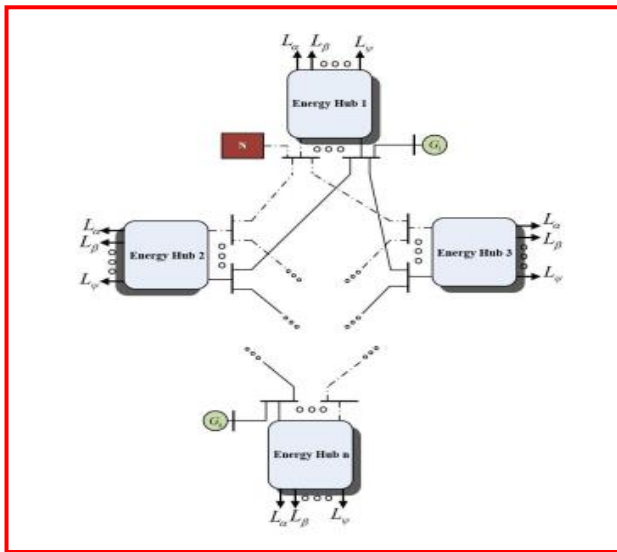
*1/ Giới thiệu mô hình tích hợp năng lượng (khái niệm, mô tả và tổng hợp các hướng nghiên cứu có liên quan đến mô hình này.*

*2/ Tính toán áp dụng bài toán vận hành tối ưu EH đối với phụ tải là một khách sạn du lịch tại Sầm Sơn - Thanh Hóa để làm rõ vai trò và sự ảnh hưởng của nguồn phân tán (bao gồm điện gió, năng lượng mặt trời và hệ thống tích trữ năng lượng điện BESS) đến hiệu quả bài toán vận hành. Kết quả tính toán cho thấy sự tham gia của nguồn phân tán đã làm thay đổi đáng kể đường đặc tính năng lượng đầu vào của mô hình, giảm chi phí năng lượng, đem lại hiệu quả kinh tế cao.*

## CHƯƠNG 3

# ẢNH HƯỞNG CỦA NGUỒN PHÂN TÁN ĐẾN HIỆU QUẢ VẬN HÀNH MÔ HÌNH TÍCH HỢP HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG

## 3.1. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍCH HỢP NĂNG LƯỢNG QUY MÔ NHỎ



**Hình 3.1. Cấu trúc điện hình của mô hình tích hợp năng lượng trên cơ sở các Energy hub**

MEN là một khái niệm mở rộng của micro grid (như đã giới thiệu ở chương 1), đó là một xu hướng phát triển mới của mạng lưới phân phối điện truyền thống ở quy mô nhỏ. Mô hình này phù hợp với đối tượng phụ tải khu vực dân cư, khu vực đô thị.

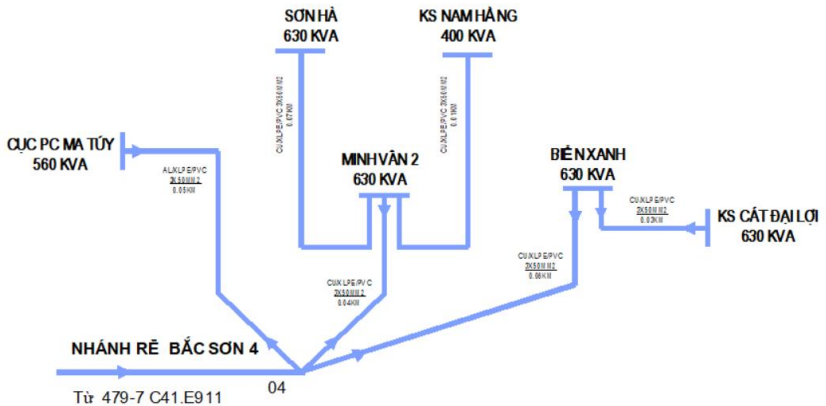
### 3.1.1. Mạng lưới điện - Electricity network

### 3.1.2. Mạng khí tự nhiên (Natural network)

## 3.2. VẬN HÀNH TỐI ƯU MEN

### 3.2.1. Mô hình đề xuất

Nghiên cứu này đề xuất xây dựng mô hình mạng lưới năng lượng tích hợp quy mô nhỏ trên cơ sở lưới điện thực tế tại Thành phố Sầm Sơn. **Nhánh rẽ Bắc Sơn 4 cấp điện áp 22kV từ trạm E911 - xuất tuyến 479-7** được lựa chọn:

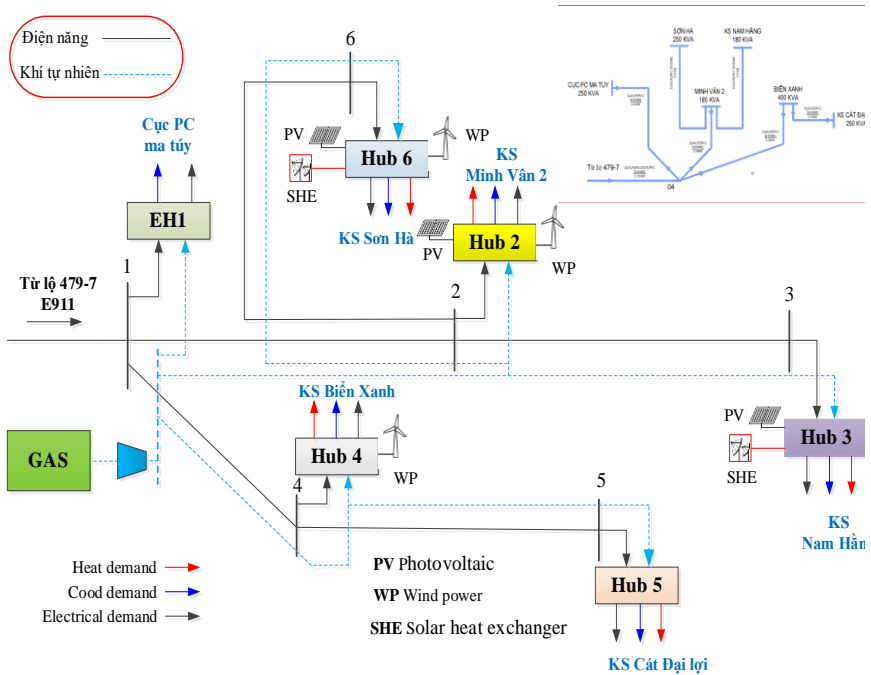


**Hình 3.5. Nhánh rẽ Bắc Sơn 4, Xuất tuyến 479-7 Điện lực Sầm Sơn (10/2021)**



### 3.2.1.1. Mô hình MEN

Một mô hình MEN có cấu trúc như hình 3.5. MEN được hình thành trên nền tảng Micro grid có cấp điện áp 22kV, quy mô đáp ứng nhu cầu sử dụng năng lượng điện, nhiệt, và lạnh cho 06 nút phụ tải thuộc nhánh rẽ Bắc Sơn 4.

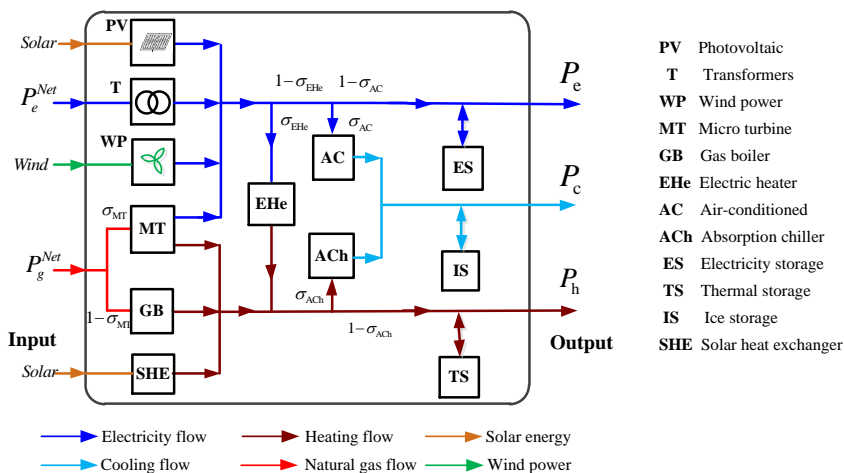


Hình 3.6. Mô hình mạng lưới năng lượng tích hợp

### 3.2.1.2. Cấu trúc các EH

Việc lựa chọn cấu trúc của mỗi EH có ảnh hưởng lớn đến bài toán vận hành tối ưu MEN. Cấu trúc của các EH phải đảm bảo kết nối được giữa các yếu tố năng lượng đầu vào (từ mạng lưới phân

phối điện, mạng lưới khí tự nhiên, năng lượng mặt trời và gió) và năng lượng đầu ra bao gồm điện, nhiệt, và lạnh.



**Hình 3.7. Cấu trúc EH đề xuất**

### 3.2.2. Mô hình toán

#### 3.2.2.2. Các ràng buộc toán học

1/ Ràng buộc công suất của hệ thống

2/ Ràng buộc của các EH

3/ Hệ thống tích trữ năng lượng

Hệ thống các thiết bị tích trữ năng lượng trong MEN sử dụng đồng thời ba dạng thiết bị tích trữ bao gồm: ES, TS, và IS tương ứng tại hub thứ  $n$ . Về cơ bản, nguyên lý phóng nạp và tác dụng của chúng là như nhau.

4/ Giá năng lượng

#### 3.2.3.3. Kết quả bài toán tối ưu

Sự kết hợp của nhiều EHs hình thành nên mô hình MEN đáp ứng phù hợp và linh hoạt đối với sự đa dạng của phụ tải. Kết quả tính toán tối ưu cho thấy mô hình tối ưu có khả năng đáp ứng được sự thay đổi của giá điện và phụ tải; đồng thời mô hình này cho phép sự thay đổi công suất của nguồn năng lượng tái tạo theo thời gian và mùa.

Kết quả so sánh 3 kịch bản vận hành có cấu trúc khác nhau của MEN làm rõ vai trò và ảnh hưởng của ESS, PV, WP và SHE đến hiệu quả vận hành của mô hình bằng cách giảm thiểu tổng chi phí vận hành (bảng 3.7), giảm tổn thất và chi phí ô nhiễm môi trường. Cụ thể, nếu so sánh giữa kịch bản vận hành 4 và 1, ta thấy tổng chi phí vận hành giảm đến 35.84%, tổng tổn thất giảm đến 60.14%; giảm nhu cầu tải điện vào giờ cao điểm điều này dẫn đến giảm áp lực cho hệ thống điện và chi phí đầu tư để nâng cấp, cải tạo hệ thống điện.

**Bảng 3.7. Tổng chi phí 03 kịch bản vận hành MEN**

Kịch bản vận hành ( <i>i</i> )	Tổng chi phí vận hành ( $10^3$ VNĐ/ngày)	Tổng tổn thất (kW)	Tổng chi phí tổn thất ( $10^3$ VNĐ/ngày)	Tổng chi phí phát thải ( $10^3$ VNĐ/ngày)
1	1474284	23744	23996	0
2	1072316	14588	20188	22372
3	945896	9464	14784	16492

Trên thực tế, chi phí đầu tư bổ sung mạng lưới khí tự nhiên, các thiết bị PV, SHE và turbine gió khá cao, tuy nhiên hiệu quả vận hành mà MEN đem lại sẽ sớm bù đắp được nhờ khả năng tiết kiệm

chi phí trong vận hành của nó, kết quả tính toán cho thấy mô hình MEN đề xuất là một đóng góp ý nghĩa cho xu hướng phát triển hệ thống đa năng lượng và các ứng dụng từ năng lượng mới và hệ thống tích trữ năng lượng

### **KẾT LUẬN CHƯƠNG 3**

*Nội dung chương 3 đã giải quyết hai vấn đề chính sau đây:*

*1/ Xây dựng mô hình tích hợp năng lượng quy mô nhỏ bao gồm mạng lưới điện và khí tự nhiên. Mô hình này kết nối với nhau thông qua các trung tâm năng lượng*

*2/ Tính toán vận hành tối ưu mô hình mạng lưới năng lượng tích hợp với dữ liệu áp dụng tại lưới điện thực tế Thành phố Sài Gòn - Thanh Hóa; cụ thể là Nhánh rẽ Bắc Sơn 4 cấp điện áp 22kV từ trạm E911 - xuất tuyến 479-7. Kết quả tính toán tối ưu đã phân tích cụ thể sự ảnh hưởng của nguồn phân tán đến hiệu quả vận hành của mô hình mạng lưới năng lượng tích hợp.*

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Kết luận

- Luận văn đã tìm hiểu và tổng hợp được kiến thức liên quan về mạng lưới năng lượng tích hợp, khái niệm, vai trò, cấu trúc và tiềm năng ứng dụng của mô hình Energy internet.

- Từ lý thuyết về trung tâm năng lượng, luận văn đã xây dựng mô hình tích hợp năng lượng tập trung có xét đến nguồn phân tán.

- Tính toán áp dụng bài toán vận hành tối ưu EH đối với dữ liệu phụ tải là một khách sạn du lịch tại Sầm Sơn - Thanh Hóa để làm rõ vai trò và sự ảnh hưởng của nguồn phân tán (bao gồm điện gió, năng lượng mặt trời và hệ thống tích trữ năng lượng điện BESS) đến bài toán vận hành. Kết quả tính toán cho thấy sự tham gia của nguồn phân tán đã làm thay đổi đáng kể đường đặc tính năng lượng đầu vào của mô hình, giảm chi phí năng lượng, đem lại hiệu quả kinh tế cao.

- Xây dựng mô hình tích hợp năng lượng quy mô nhỏ bao gồm mạng lưới điện và khí tự nhiên - Mô hình này kết nối với nhau thông qua các trung tâm năng lượng.

- Tính toán vận hành tối ưu mô hình mạng lưới năng lượng tích hợp với dữ liệu áp dụng tại lưới điện thực tế tại Thành phố Sầm Sơn - Thanh Hóa; cụ thể là Nhánh rẽ Bắc Sơn 4 cấp điện áp 22kV từ trạm E911 - xuất tuyến 479-7. Kết quả tính toán tối ưu đã

phân tích cụ thể sự ảnh hưởng của nguồn phân tán đến hiệu quả vận hành của mô hình mạng lưới năng lượng tích hợp.

- Xây dựng bài toán vận hành tối ưu các mô hình tích hợp năng lượng gồm hàm mục tiêu và các ràng buộc toán học; sử dụng công cụ là ngôn ngữ lập trình bậc cao GAMS để giải chúng.

## **2. KẾT LUẬN CHUNG VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO.**

Luận văn đã sử dụng các tài liệu của các thầy cô giáo, Viện sĩ, Giáo sư, Tiến sĩ, và của các cơ quan chuyên ngành cung cấp được ghi trong phần phụ lục.

Qua các kết quả đạt được, trong một chừng mực nào đó luận văn đã mở ra hướng nghiên cứu tiếp theo:

1/ Nghiên cứu vận hành tối ưu mô hình mạng lưới năng lượng tích hợp được kết nối thông qua nhiều EH trong phạm vi này mới chỉ dừng lại ở quy mô nhỏ (6 hubs). Việc mở rộng mô hình nghiên cứu với các khu vực địa lý khác nhau với quy mô lớn hơn là cần thiết. Thêm nữa, MEN trong nghiên cứu này mới chỉ bao gồm hai dạng năng lượng điện năng, khí tự nhiên mà chưa xét đến mạng lưới nhiệt và một số dạng năng lượng phân tán khác như địa nhiệt, năng lượng sinh học cũng cần xem xét và đề cập đến nhằm đưa mô hình mạng lưới đa năng lượng gần hơn với thực tiễn, góp phần giải quyết các vấn đề cấp bách về khai thác và sử dụng hiệu quả hiện nay.

2/ Kết quả tính toán cho thấy rằng cấu trúc của các EH trong bài toán vận hành mạng lưới năng lượng gồm nhiều EHs khác nhau có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả vận hành. Vì vậy, cần tiếp tục nghiên cứu sâu hơn về chiến lược hoạt động tối ưu cho mỗi EH và bài toán tối ưu cấu trúc của các EH trong tổng thể mạng lưới năng lượng. Ngoài ra, việc khảo sát ảnh hưởng của các dạng năng lượng phân tán bao gồm năng lượng mặt trời, gió và thiết bị tích trữ năng lượng mới cần tiếp tục xem xét đến việc tối ưu vị trí và dung lượng của chúng trong vận hành tối ưu mạng lưới năng lượng nhằm nâng cao hiệu quả khai thác, vận hành của mô hình đề xuất.

Sau cùng, mặc dù đã nỗ lực làm việc hết sức dưới sự hướng dẫn chỉ bảo tận tình của thầy giáo **TS. Hà Thanh Tùng** nhưng luận văn không tránh khỏi những thiếu sót. Kính mong hội đồng giám khảo, các thầy cô, bạn bè đồng nghiệp đóng góp ý kiến để luận văn tăng thêm giá trị khoa học và thực tiễn. Xin chân thành cảm ơn!