



TẬP 02-SỐ 01

03/2024

TẠP CHÍ

ISSN 2185-6145

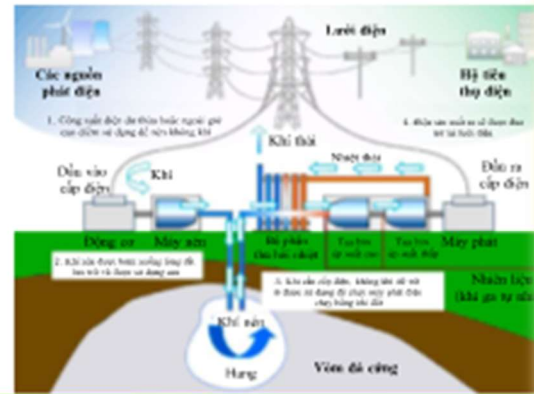
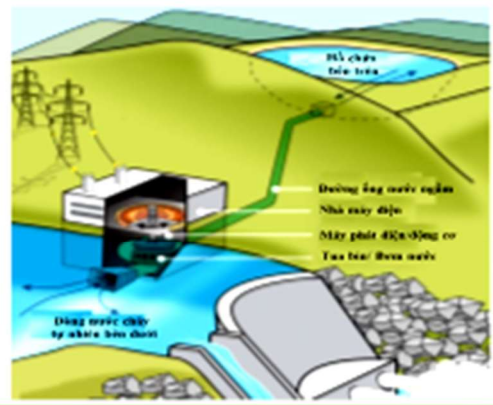
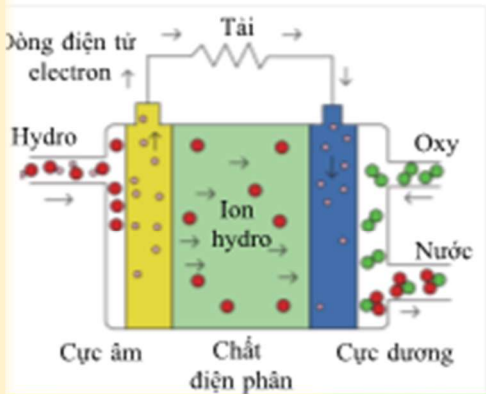
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUI

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY QUI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP QUẢNG NINH – QUANG NINH UNIVERSITY OF INDUSTRY



Circular Economy and Sustainability



MỤC LỤC

TỔNG BIÊN TẬP

TS. Bùi Thanh Nhu

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

TS. Hoàng Hùng Thắng

ỦY VIÊN BAN BIÊN TẬP

TS. Giang Quốc Khánh

TS. Phạm Đức Thang

ThS. Hà Thị Ngọc Mai

ThS. Cao Hải An

ThS. Đặng Đình Đức

Nguyễn Thị Mai Hương

TÒA SOẠN

Trường Đại học Công
nghiệp Quảng Ninh.Phường Yên Thọ, Thị xã
Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh

Điện thoại: 0203.3871.092

Email: nckh@qui.edu.vn

Website: https://jstqui.vn

Giấy phép xuất bản:

Số 606/GP-BTTTT của Bộ
Thông tin và Truyền thông,
ngày 29 tháng 12 năm 2022

KHOA HỌC CƠ BẢN

- * Điểm bất động của ánh xạ kiểu Kannan đối với hàm điều khiển Lê Thanh Tuyền 6

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ MỎ

- * Tai nạn lao động tại các mỏ than hầm lò TKV: Thực trạng và giải pháp phòng ngừa Phạm Đức Thang
Hoàng Hùng Thắng
Nguyễn Văn Thuận 11

- * Công nghệ phá đá bằng carbon điôxit lỏng và triển vọng ứng dụng tại các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh Nguyễn Ngọc Minh
Nguyễn Mạnh Tường 19

- * Phân tích, đánh giá một số công nghệ kỹ thuật số tiêu biểu trong phát triển bền vững ngành khai thác khoáng sản hiện nay Nguyễn Mạnh Tường 27

- * Nghiên cứu đề xuất phương án mở vỉa và chuẩn bị hợp lý khu phía Đông mỏ than Quảng La Vũ Thị Ngọc
Phạm Quang Thành
Vũ Văn Nam 42

KINH TẾ

- * Ứng dụng mô hình VAR nghiên cứu mối quan hệ giữa việc làm và tăng trưởng kinh tế của tỉnh Quảng Ninh Nguyễn Thị Mơ
Lu Shi Chang 48

CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

- * Kết hợp giao thức truyền tin TCP-VEGAS và giao thức định tuyến DSR để nâng cao hiệu suất truyền tin trên mạng mobile AD-HOC Phạm Thị Hương
Nguyễn Trí Nhân 56

MỤC LỤC

ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

- NỘI DUNG CHUYÊN ĐỀ CỦA TẠP CHÍ**
- Khoa học về trái đất và mỏ;
 - Kỹ thuật môi trường;
 - Điện tử-tự động hóa;
 - Tiết kiệm năng lượng-Cơ khí;
 - Công nghệ thông tin;
 - Khoa học tự nhiên;
 - Khoa học kinh tế;
 - Chính trị, xã hội.

TẦN SUẤT XUẤT BẢN

Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ QUI được xuất bản với phiên bản điện tử, định kỳ với 4 số báo trong 1 năm (vào các tháng 3, 6, 9 và 12)

Thiết kế trang bìa 1:

TS. Giang Quốc Khánh

Ảnh bìa 1:

Sưu tầm và thiết kế lại từ nguồn Internet

- * Nghiên cứu các giải pháp nâng cao hiệu quả mạch nghịch lưu nối lưới ba pha ba dây từ pin mặt trời ở mạng hạ áp
Nguyễn Thị Mến
Lê Văn Tùng
Bùi Duy Khuông 66
- * Nghiên cứu và phân tích một số công nghệ tích trữ năng lượng tái tạo sử dụng hiện nay trên thế giới
Lưu Bình 77

QUẢN LÝ GIÁO DỤC

- * Xây dựng lối sống văn hóa cho sinh viên Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh hiện nay
Vũ Ngọc Hà 90

CHÍNH TRỊ, XÃ HỘI

- * Ảnh hưởng của “tương đồng văn hóa” trong việc quảng bá phim truyền hình Trung Quốc ở Việt Nam
Nguyễn Thị Diễm Kiều
Tô Xiếu Ai 100

CONTENTS

EDITOR-IN-CHIEF

Ph.D. Bui Thanh Nhu

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Ph.D. Hoang Hung Thang

EDITORIAL BOARD

Ph.D. Giang Quoc Khanh

Ph.D. Pham Duc Thang

M.A. Ha Thi Ngoc Mai

M.A. Cao Hai An

M.E. Dang Dinh Duc

Nguyen Thi Mai Huong

EDITORIAL OFFICE

Quang Ninh University of
Industry, Yen Tho Ward, Dong
Trieu Town, Quang Ninh
Province

Phone: 0203.3871.092

Email: nckh@qui.edu.vn

Website: <https://jstqui.vn>

License:

No 606/GP-BTTTT of the
Ministry of Information and
Communications, December
29, 2022

BASIC SCIENCE

- * Fixed points of Kannan-type mapping to control function **Le Thanh Tuyen** 6

SCIENCE OF EARTH AND MINES

- * Work accidents in underground coal mines of Vietnam National Coal - Mineral Industries Holding Corporation Limited: Current situation and prevention solutions **Pham Duc Thang
Hoang Hung Thang
Nguyen Van Thuan** 11

- * Fracturing rock using liquid carbon dioxide technology and its application prospects in underground coal mines in Quang Ninh region **Nguyen Ngoc Minh
Nguyen Manh Tuong** 19

- * Analysis and evaluation of some typical digital technologies important for sustainable development in the mineral mining industry today **Nguyen Manh Tuong** 27

- * A proposal research of proper opening and preparation solutions for the eastern area of Quang La coal Mine **Vu Thi Ngoc
Pham Quang Thanh
Vu Van Nam** 42

ECONOMICS

- * Applying the VAR model to study the relationship between employment and economic growth of Quangninh province **Nguyen Thi Mo
Lu Shi Chang** 48

INFORMATION TECHNOLOGY

- * Improve communication performance on mobile AD-HOC network by combining TCP-VEGAS communication protocol and DSR routing protocol **Pham Thi Huong
Nguyen Tri Nhan** 56

CONTENTS

THEMATIC CONTENT OF THE JOURNAL

- Science of earth and mines;
- Environmental engineering;
- Electrical engineering,
Electronics-automation;
- Energy saving-mechanical;
- Information technology;
- Basic science;
- Economics;
- Political and social Science.

PUBLICATION FREQUENCY

QUI Journal of Science and Technology is published with an electronic version, periodically with 4 issues in 1 year (in March, June, September and December).

Cover photo 1:

Ph.D. Giang Quoc Khanh

Cover photo 1:

Collected and redesigned from Internet sources

ELECTRONICS - AUTOMATION

- * Researching solutions to improve the efficiency of a three-phase, three-wire grid-connected inverter circuit from solar battery in a low-voltage network
**Nguyen Thi Men
Le Van Tung
Bui Duy Khuong** 66
- * Research and analysis of some renewable energy storage technologies currently used in the world
Luu Binh 77

EDUCATION MANAGEMENT

- * Building a cultural life path for students at Quang Ninh University of Industry today
Vu Ngoc Ha 90

POLITICAL AND SOCIAL SCIENCE

- * The effects of "cultural proximity" in promotion Chinese TV dramas in Vietnam
**Nguyen Thi Diem Kieu
To Xieu Ai** 100

NGHIÊN CỨU VÀ PHÂN TÍCH MỘT SỐ CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO SỬ DỤNG HIỆN NAY TRÊN THẾ GIỚI

Lưu Bình

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Email: luubinhcnqn@gmail.com

TÓM TẮT

Quá trình tích hợp của các nguồn năng lượng tái tạo vào lưới điện thường đối mặt với những thách thức kỹ thuật như tính ổn định, độ tin cậy và khả năng vận hành của hệ thống lưới. Tuy nhiên, để thực hiện cuộc cách mạng năng lượng và đạt được mục tiêu về đỉnh lượng carbon và trung hòa carbon, việc đảm bảo sự tương thích giữa hệ thống điện và các nguồn năng lượng tái tạo là rất quan trọng. Việc triển khai các hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS) phụ thuộc vào nhiều yếu tố như vị trí địa lý, nguồn cung cấp điện, chi phí liên quan và tác động môi trường. Trong nội dung của bài báo, tác giả trình bày tổng quan về các công nghệ lưu trữ năng lượng tái tạo thông dụng hiện nay và phân tích ưu và nhược điểm của từng công nghệ. Dựa vào đó, các bên liên quan có thể đưa ra các quyết định có kiến thức để thúc đẩy việc áp dụng năng lượng tái tạo và các giải pháp lưu trữ của nó, từ đó góp phần vào một tương lai về năng lượng bền vững hơn.

Từ khóa: Năng lượng tái tạo, công nghệ tích trữ năng lượng, hệ thống tích trữ năng lượng bánh đà, thủy điện tích năng, hệ thống tích trữ năng lượng bằng khí nén, lưu trữ năng lượng điện hoá, lưu trữ năng lượng hoá năng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sản xuất điện trên toàn cầu hiện nay dựa vào nhiều nguồn năng lượng khác nhau, chủ yếu là từ các nguyên liệu hóa thạch như than đá, khí tự nhiên và nhiên liệu lỏng. Tuy nhiên, các nguồn năng lượng này đối mặt với hai vấn đề lớn: nguy cơ cạn kiệt nhiên liệu hóa thạch trong tương lai gần, dự báo sẽ xảy ra trong khoảng một thế kỷ tới [1], và việc phát thải khí nhà kính (GHG) và các chất gây ô nhiễm khác gây ảnh hưởng tiêu cực đến hệ sinh thái toàn cầu và sức khỏe con người [2].

Hiện nay, các quốc gia trên toàn thế giới đã đưa ra các quy định về môi trường và đặt ra mục tiêu giảm lượng GHG trong nhiều lĩnh vực khác nhau [3]. Năng lượng tái tạo là một nguồn năng lượng tiềm năng có thể đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu phát thải khí nhà kính và đáp ứng nhu cầu năng lượng toàn cầu [4-6]. Tuy nhiên, các nguồn năng lượng này không thể được điều chỉnh như chúng ta không thể "lập trình" cho mặt trời chiếu sáng hoặc gió thổi. Để

đảm bảo sự cân bằng giữa cung và cầu năng lượng mọi lúc, mọi nơi, việc phát triển các giải pháp lưu trữ năng lượng cho các nguồn năng lượng tái tạo này là hết sức cần thiết [7].

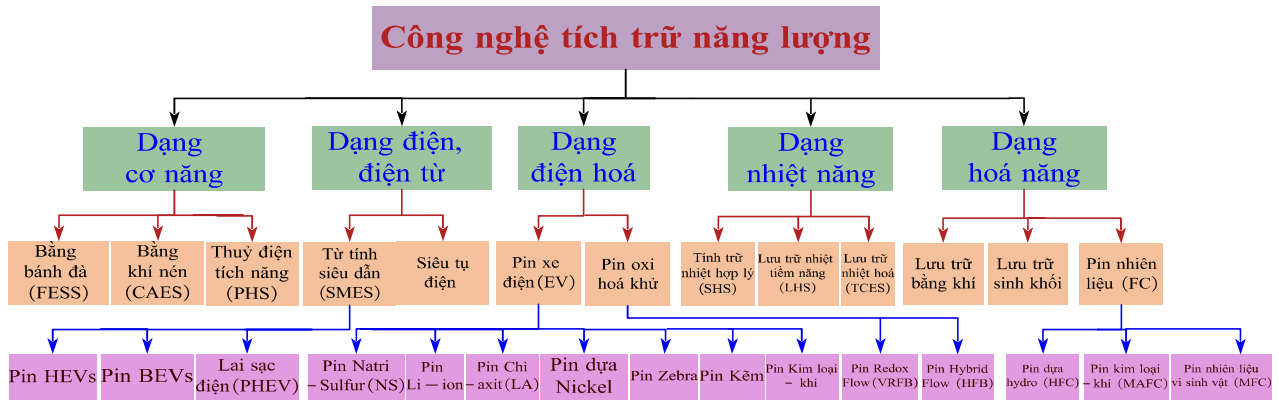
Lưu trữ năng lượng mang lại nhiều lợi ích: Đầu tiên, một số công nghệ mang lại lợi ích môi trường rõ ràng bằng cách cho phép triển khai năng lượng tái tạo trên quy mô lớn [8]; thứ hai là cung cấp điện thông qua hệ thống năng lượng tập trung hoặc phân tán [9], cân nhắc đến cả các hạn chế địa phương và toàn cầu. Hơn nữa, nó có thể tiếp cận các khu vực sản xuất đa dạng, các khu thương mại và cư dân. Trong nội dung của bài báo, tác giả trình bày về các công nghệ lưu trữ năng lượng tái tạo phổ biến hiện nay trên toàn thế giới.

2. TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ TÍCH TRỮ NĂNG LƯỢNG

Hệ thống lưu trữ năng lượng điện, được biết đến với tên gọi ESS (Energy Storage System), đóng vai trò quan trọng trong ngành sản xuất năng lượng hiện nay. Hiệu suất của ESS quyết

định đến hiệu quả và chi phí vận hành của quá trình sản xuất năng lượng. Các ứng dụng lưu trữ đang phát triển nhằm mục tiêu giảm chi phí và tăng tuổi thọ. Tuy nhiên, một thách thức lớn đối với việc sử dụng hệ thống ESS là về vốn ban đầu và chi phí vận hành. Một mục tiêu quan trọng khác của các nhà nghiên cứu là đảm bảo rằng các thiết bị lưu trữ không gây ảnh hưởng tiêu cực

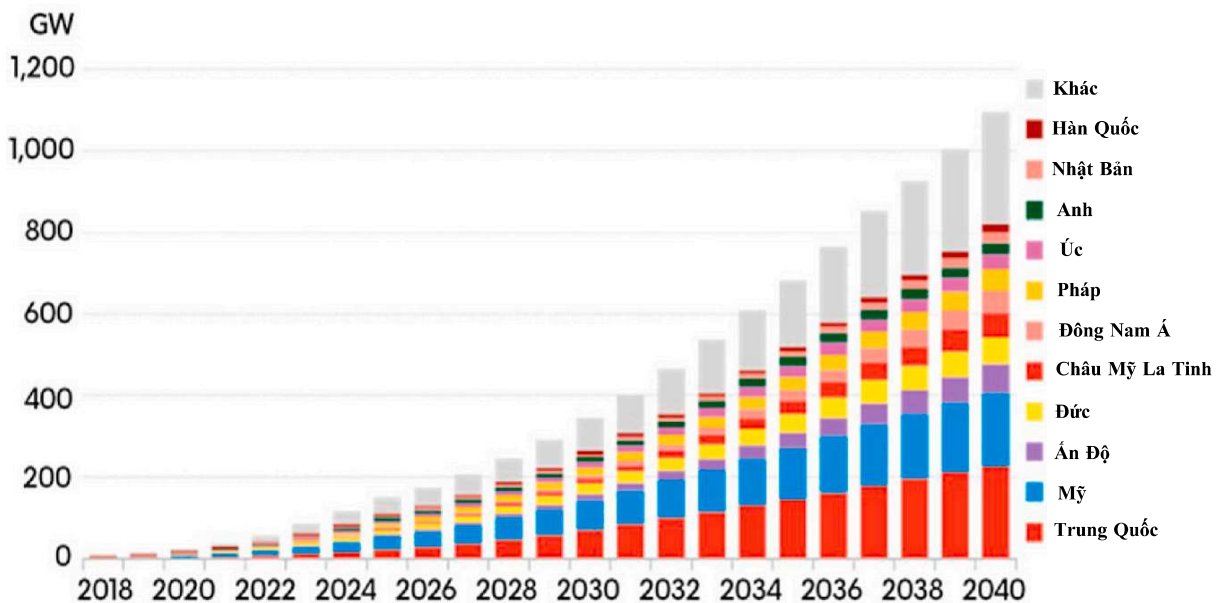
đến môi trường. Hệ thống ESS được phân loại chủ yếu thành các loại bao gồm hệ thống lưu trữ cơ học, hệ thống điện hóa, hệ thống lưu trữ hóa chất và lưu trữ nhiệt. Hình 1 mô tả chi tiết về các loại hệ thống lưu trữ khác nhau [10]. Loại năng lượng cần lưu trữ sẽ quyết định loại thiết bị lưu trữ phù hợp với ứng dụng cụ thể.



Hình 1. Các kiểu và dạng lưu trữ năng lượng tái tạo

Hình 2 biểu đồ dự báo về triển khai hệ thống lưu trữ năng lượng toàn cầu, thể hiện sự tăng cường nhu cầu về ESS đồng thời với sự gia tăng của các nguồn năng lượng tái tạo [11]. ESS có thể áp dụng cho nhiều ứng dụng trong hệ thống điện và khu vực công nghiệp, thương mại. Việc sử dụng ESS không chỉ giới hạn trong các ứng

dụng truyền thống mà còn mở ra tiềm năng cho các công nghệ mới như pin Li-ion, pin Natri - Sulfur, pin siêu dẫn, pin kim loại - khí, siêu tụ điện và nhiều loại khác. Dự báo cho thấy, đến năm 2040, thị trường ESS dự kiến sẽ tăng lên 1095 GW/2.850 GWh, tăng hơn 120 lần so với năm 2018 [11].



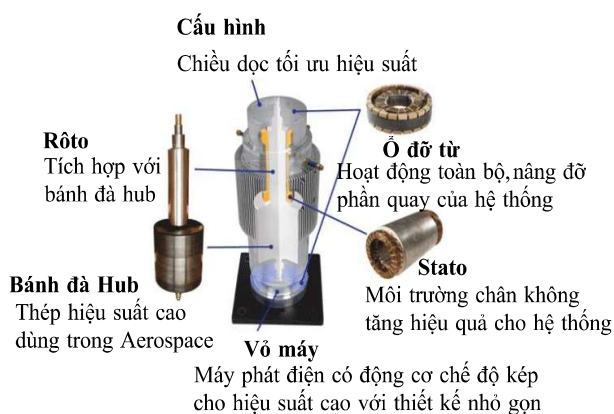
Hình 2. Dự đoán lắp đặt hệ thống ESS toàn cầu vào năm 2040

3. CÁC CÔNG NGHỆ LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG PHỔ BIẾN HIỆN NAY TRÊN THẾ GIỚI

3.1. Lưu trữ năng lượng dạng cơ năng

3.1.1. Lưu trữ năng lượng bằng bánh đà

Hệ thống lưu trữ năng lượng bánh đà (FESS) [12] là một thiết bị lưu trữ cơ học mô phỏng quá trình lưu trữ năng lượng điện bằng cách chuyển đổi nó thành động năng được lưu trữ trong một khối quay với tổn thất ma sát rất thấp. Năng lượng đầu vào của FESS thường được cung cấp từ lưới điện hoặc bất kỳ nguồn năng lượng điện nào khác. Một máy phát điện động cơ tích hợp được sử dụng để tăng tốc độ quay khi hấp thụ năng lượng và giảm tốc độ quay khi phát ra năng lượng.



Hình 3. Cấu tạo của hệ thống FESS

*** Ưu điểm:**

- Hệ thống này có mật độ năng lượng cao và không bị ảnh hưởng bởi các quá trình điện hóa, đảm bảo hiệu suất và tuổi thọ cao;

- Sự tích hợp của công nghệ hiện đại trong các thành phần chính giúp hệ thống có tuổi thọ lâu dài, vượt qua được hơn 15 năm sử dụng;

- Hệ thống này hoạt động ổn định ở phạm vi nhiệt độ rộng, có khả năng sạc và xả nhanh chóng, đồng thời sử dụng vật liệu thân thiện với môi trường, tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển bền vững.

*** Nhược điểm:**

- Nhiều bộ phận cần bảo trì như vòng bi, bơm chân không, quạt làm mát và cảm biến điều khiển, mỗi bộ phận này có thể tiềm ẩn các điểm

hỏng hóc đơn lẻ, đòi hỏi sự quản lý và bảo trì thường xuyên.

- Độ bền của vòng bi phụ thuộc vào tỉ lệ cao và liên quan đến tổn thất của hệ thống, đây là một yếu tố phức tạp cần được xem xét kỹ lưỡng.

- Sự hoạt động của hệ thống phụ thuộc vào giới hạn ứng suất và mỏi của các bộ phận cơ khí, có thể gây ra tổn thất hoạt động phụ trợ và yêu cầu các biện pháp dự phòng tương đối cao.

Công nghệ bánh đà có thể áp dụng trong một loạt các ứng dụng, từ quy mô thương mại đến cấp độ hộ tiêu thụ đơn lẻ, và đang mới được triển khai ở các quốc gia tiên tiến như Mỹ và Canada (bảng 1). Các ứng dụng phổ biến bao gồm điều chỉnh tần số và điện áp, nguồn xung cho quân đội, kiểm soát điều khiển trong tàu vũ trụ, UPS, cân bằng tải, xe hybrid và xe điện. Ngoài ra, công nghệ này còn hỗ trợ sự thâm nhập của năng lượng gió và mặt trời vào hệ thống điện bằng cách cải thiện độ ổn định và cân bằng tần số lưới điện nhờ tính đáp ứng nhanh của hệ thống.

Bảng 1. Một số địa điểm sử dụng công nghệ FESS hiện nay trên thế giới [13]

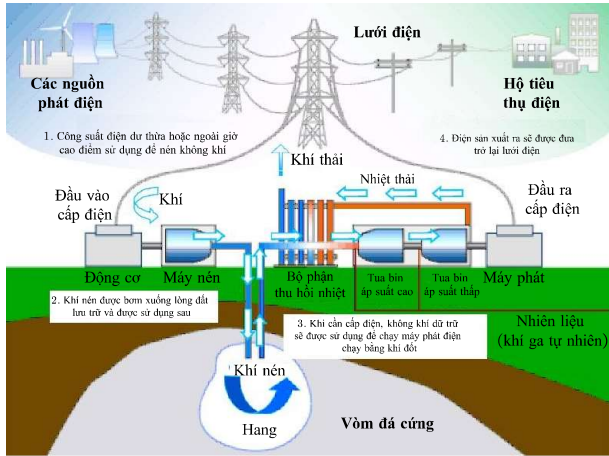
Nhà máy lắp đặt FESS	Quốc gia	Năm hoàn thành	Công suất (kW)
Beacon Power	Hoa kỳ	2008	500
LA Metro Wayside	Hoa kỳ	2014	2000
NRStor Minto	Canada	2014	2000
Amber Kinetics	Hoa kỳ	2015	25

3.1.2. Lưu trữ năng lượng bằng khí nén (CAES)

Nguyên lý hoạt động của CAES [14] là sử dụng máy nén điện để nén không khí đến áp suất cao và lưu trữ trong các không gian lớn dưới lòng đất. Khi cần, việc thải ra không khí được thực hiện để tạo ra năng lượng bằng cách thông qua tuabin khí.

*** Ưu điểm:**

- Hiệu suất hoạt động cao, đạt khoảng 70%, và có thể duy trì trong khoảng 40 năm, tương tự như lưu trữ năng lượng thủy điện tích năng (PHES);



Hình 4. Bộ lưu trữ CAES tích hợp trong hệ thống điện

- Khả năng lưu trữ lượng năng lượng khổng lồ, giúp cân bằng và ổn định hệ thống điện;
- Thời gian đáp ứng nhanh, cho phép hệ thống phản ứng linh hoạt với nhu cầu năng lượng thay đổi;

** Nhược điểm:*

- Hệ thống chưa hoàn thiện đầy đủ và yêu cầu các hầm chứa kín để lưu trữ không khí nén, làm tăng chi phí xây dựng và vận hành;
- Khả năng tiết kiệm năng lượng chỉ có thể đạt được trong khoảng thời gian ngắn, thường chỉ trong một ngày lưu trữ, giới hạn khả năng sử dụng của hệ thống.

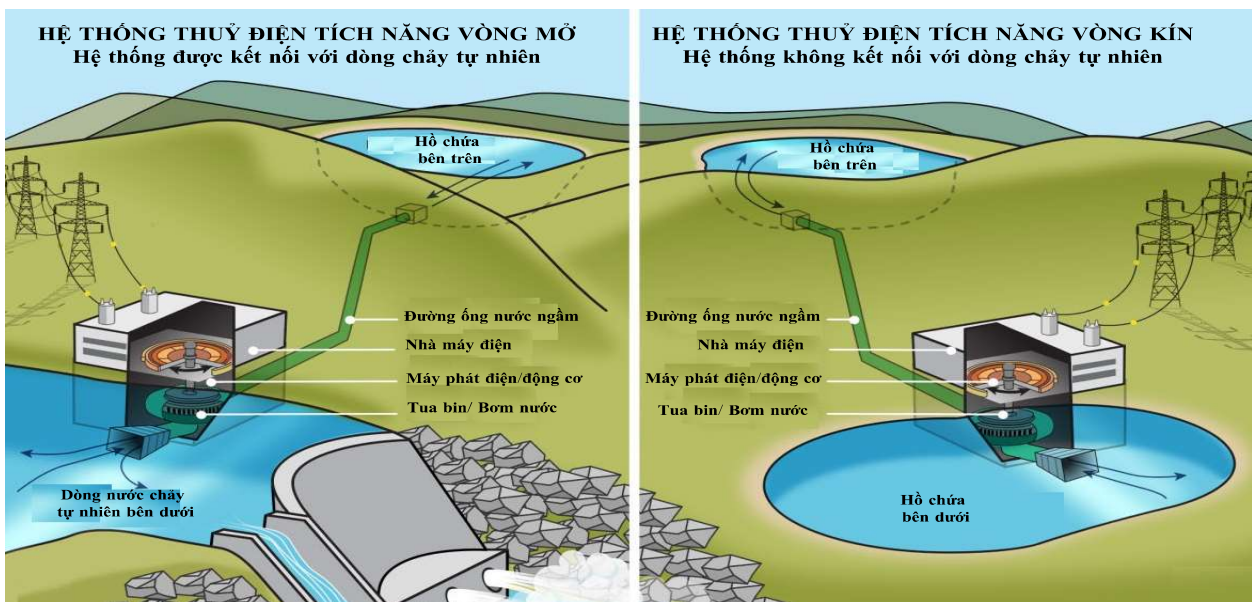
Bảng 2. Một số địa điểm sử dụng công nghệ CAES hiện nay trên thế giới [13]

Nhà máy lắp đặt CAES	Quốc gia	Năm hoàn thành	Công suất (MW)
SustainX Inc Isothermal	Hoa kỳ	2013	1,5
Pollegio-Loderio Tunnel Demonstration Plant	Thụy sỹ	2016	0,5
A-CAES demo plant	Hoa kỳ	2020	300

Mặc dù CAES là một công nghệ lưu trữ năng lượng hoàn thiện và có sẵn trên thị trường, tính đến nay đã có nhiều quốc gia sử dụng công nghệ này. Hiện tại, có ba nhà máy CAES đã đi vào hoạt động, với nhà máy lớn nhất tại Hoa Kỳ có công suất lên đến 300MW (xem Bảng 2). CAES cũng có thể được sử dụng như một giải pháp thay thế hệ thống pin thông thường trong vai trò một nguồn điện dự phòng, giúp giảm thời gian và chi phí xây dựng và vận hành.

3.1.3. Lưu trữ năng lượng thủy điện tích năng (PHES)

Đến nay, các nhà máy thủy điện tích năng được coi là phương pháp duy nhất để lưu trữ năng lượng với số lượng lớn, đồng thời duy trì hiệu suất cao và tiết kiệm. Phương pháp này chiếm khoảng 98% tổng lượng lưu trữ năng lượng toàn cầu và đang chiếm ưu thế trong lưới điện hiện đại (hình 5).



Hình 5. Nguyên lý hoạt động của thủy điện tích năng

* *Ưu điểm của hệ thống lưu trữ năng lượng tích hợp thủy điện (PHES):*

- Có hiệu suất khứ hồi 70–80%, đồng thời tuổi thọ dự kiến của PHES đạt khoảng 40–60 năm;
- Chi phí triển khai và vận hành rẻ hơn so với các phương pháp lưu trữ năng lượng khác.

Bảng 3. Một số địa điểm sử dụng công nghệ PHES hiện nay trên thế giới [13]

Nhà máy lắp đặt PHES	Quốc gia	Năm hoàn thành	Công suất (MW)
Štěchovice	Séc	1944	45
Vilarinho Furnas	Bồ Đào Nha	1972	125
Kuhtai PSH	Áo	1980	289
Frades I	Bồ Đào Nha	2005	191,6
Salamonde II	Bồ Đào Nha	2015	211
Frades II	Bồ Đào Nha	2016	778
Baixo Sabor Montante	Bồ Đào Nha	2016	145
Baixo Sabor Jusante	Bồ Đào Nha	2016	37
Venda Nova III	Bồ Đào Nha	2016	736
Foz Tua	Bồ Đào Nha	2016	259

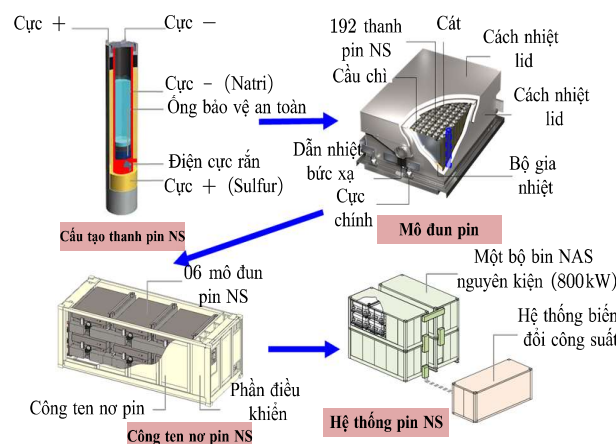
* *Nhược điểm của hệ thống lưu trữ năng lượng tích hợp thủy điện (PHES):* Ít địa điểm xây dựng phù hợp và tác động lớn đến môi trường, đặc biệt là nguồn nước.

Hiện nay, lưu trữ năng lượng thủy điện tích năng là một trong phương pháp sử dụng năng lượng tái tạo được sử dụng cho các dự án lớn trên lưới điện (bảng 3). Bồ Đào Nha được nhìn nhận là quốc gia dẫn đầu trong việc áp dụng công nghệ PHES, với điều kiện địa hình và địa lý tương tự Việt Nam, tạo ra cơ hội cho Việt Nam phát triển công nghệ này trong tương lai.

3.2. Lưu trữ năng lượng dạng điện hoá

Lưu trữ năng lượng điện hoá (EES) là một hệ thống gồm nhiều tế bào điện hóa được kết nối với nhau, tạo ra điện từ các phản ứng điện hóa. Mỗi tế bào chứa hai điện cực - một cực dương và một cực âm - với chất điện phân có thể ở trạng thái rắn, lỏng hoặc nhớt. Trong quá trình phóng điện, các phản ứng điện hóa xảy ra đồng thời ở cực dương và cực âm. Đối với mạch ngoài, electron được cung cấp từ cực dương và thu thập ở cực

âm. Trong quá trình sạc, phản ứng ngược xảy ra và pin được sạc lại bằng cách áp dụng một điện áp bên ngoài vào hai điện cực.



Hình 6. Cấu tạo của pin lưu trữ năng lượng (pin NS)

* *Ưu điểm:*

- Dễ sản xuất và chi phí rẻ: Công nghệ điện hoá đã được phát triển và hoàn thiện qua nhiều năm, làm cho quá trình sản xuất trở nên dễ dàng và chi phí hợp lý.

- Tính tái chế cao: Các tế bào điện hóa trong hệ thống có thể được tái chế một cách hiệu quả, giúp giảm thiểu tác động đến môi trường và tài nguyên.

- Mật năng lượng cao: Hệ thống lưu trữ năng lượng điện hoá có mật độ năng lượng cao, cho phép lưu trữ lượng năng lượng lớn trong một không gian nhỏ.

- Tiềm năng phát triển: Với các nguồn tài nguyên như lithium và than chì có sẵn phong phú, dạng lưu trữ năng lượng điện hoá có tiềm năng phát triển lớn trong tương lai.

- An toàn ổn định: Hệ thống này thường được coi là an toàn và ổn định trong quá trình sử dụng, giảm thiểu nguy cơ tai nạn và sự cố.

* *Nhược điểm của dạng lưu trữ năng lượng điện hoá bao gồm:*

- Trọng và kích thước: Thường rất nặng và cồng kềnh, làm giảm tính linh hoạt trong việc triển khai và vận chuyển;

- Tuổi thọ ngắn: Pin điện hoá thường có tuổi thọ ngắn so với các công nghệ lưu trữ năng lượng khác, cần thay thế hoặc bảo dưỡng định kỳ;

- Những ảnh hưởng đến môi trường: Mặc dù an toàn khi sử dụng, một số vật liệu trong pin có thể độc hại và gây hại cho con người và môi trường;

- Phản ứng hóa học và việc xả hoàn toàn có thể gây ăn mòn và hỏng hóc pin điện hoá;

- Pin điện hoá có thể xuống cấp nhanh chóng ngay cả khi không sử dụng, đặc biệt khi lưu trữ trong thời gian dài;

- Một số vật liệu đã qua sử dụng trong pin điện hoá có thể dễ cháy khi tiếp xúc với độ ẩm của khí quyển, tạo ra nguy cơ cháy.

*** Ứng dụng:**

- Thiết bị điện cầm tay: Công nghệ lưu trữ pin hiện đang cung cấp các phương tiện phổ biến và hiệu quả nhất để lưu trữ năng lượng cho các thiết bị điện cầm tay như điện thoại di động, máy tính bảng, máy ảnh, và các thiết bị di động khác;

- Ứng dụng trong lưới điện: Các biến thể của công nghệ lưu trữ pin cũng đã được sử dụng trong lưới điện, đặc biệt là để cải thiện chất lượng điện năng, hệ thống dự phòng không gián đoạn (UPS), và dự trữ quay ngắn;

- Thử nghiệm trong các hệ thống quản lý năng lượng: Các thử nghiệm cũng đã được tiến hành để sử dụng công nghệ lưu trữ pin trong các hệ thống quản lý năng lượng, giúp tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng và giảm tác động môi trường.

3.3. Lưu trữ năng lượng dạng hoá năng

Lưu trữ năng lượng dạng hoá năng là quá trình chuyển đổi và lưu trữ năng lượng từ một dạng sang dạng khác để sử dụng một cách tiện lợi. Công nghệ hydrogen là một trong những phương pháp tiêu biểu của lưu trữ năng lượng này, bằng cách chuyển đổi năng lượng từ các nguồn khác nhau thành hydrogen để sử dụng sau này. Quá trình này thường bao gồm việc điện phân nước để tách nước thành hydrogen và oxygen, sau đó lưu trữ hydrogen dưới dạng khí hoặc chất lỏng trong các hệ thống chuyên dụng. Điều này mở ra khả năng sử dụng hydrogen như một nguồn năng lượng tái tạo cho việc sản xuất điện, nhiên liệu cho các phương tiện giao thông và ứng dụng công nghiệp khác.

*** Ưu điểm:**

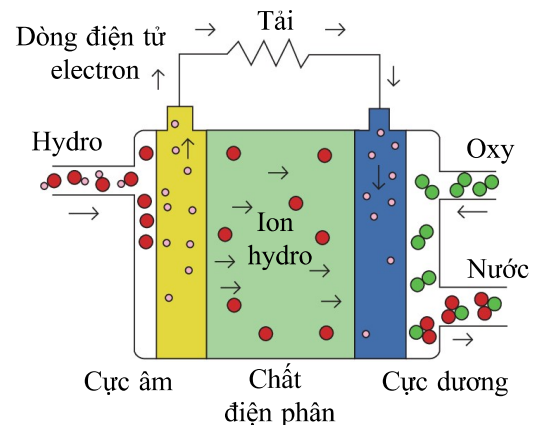
- Công nghệ lưu trữ hoá học cho phép lưu trữ một lượng lớn năng lượng trong các hợp chất hóa học. Các hợp chất này có thể giữ lại năng lượng trong thời gian dài và được giải phóng khi cần thiết;

- Một số công nghệ lưu trữ hoá học có hiệu suất lưu trữ và giải phóng năng lượng cao, giúp tối ưu hóa việc sử dụng và quản lý năng lượng;

- Công nghệ này có thể được áp dụng trong nhiều ứng dụng khác nhau và có thể tùy chỉnh để đáp ứng nhu cầu cụ thể của từng trường hợp sử dụng;

- Nhiều loại hợp chất hóa học được sử dụng trong công nghệ lưu trữ hoá học là an toàn và ổn định, giúp giảm thiểu nguy cơ về an toàn và an ninh trong quá trình lưu trữ và vận hành;

- Một số phương pháp lưu trữ hoá học sử dụng các hợp chất không gây ô nhiễm, giúp giảm thiểu tác động tiêu cực đối với môi trường và sức khỏe con người.



Hình 7. Quá trình chuyển đổi hydrogen thành điện

*** Nhược điểm:**

- Quá trình hoá năng thường không đạt hiệu suất cao, đặc biệt là trong việc chuyển đổi sang các dạng năng lượng khác như điện, điều này có thể dẫn đến mất mát năng lượng đáng kể trong quá trình chuyển đổi và lưu trữ;

- Triển khai và vận hành các quá trình hoá năng đòi hỏi công nghệ và cơ sở hạ tầng phức tạp và đắt đỏ. Ngoài ra, một số quá trình này có thể gây ra tác động tiêu cực đến môi trường, bao gồm khí thải ô nhiễm và nguy cơ gây ra tai nạn hoá học;

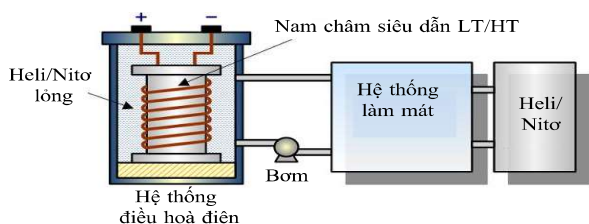
- Một số loại năng lượng hoá có khả năng lưu trữ hạn chế và có thể không phù hợp cho việc lưu trữ lâu dài hoặc lưu trữ lượng năng lượng lớn. Ngoài ra, các quá trình hoá năng có thể liên quan đến các rủi ro an toàn, đặc biệt là khi xử lý các chất hóa học nguy hiểm.

Công nghệ lưu trữ năng lượng hoá năng có nhiều ứng dụng linh hoạt và đa dạng. Các hệ thống này được sử dụng rộng rãi trong việc cung cấp năng lượng dự phòng trong trường hợp cúp điện hoặc sự cố lưới điện. Trong lĩnh vực công nghiệp, chúng cung cấp nguồn năng lượng ổn định và linh hoạt, giúp tối ưu hóa quy trình sản xuất. Trong hệ thống lưới điện, công nghệ này giúp cung cấp năng lượng dự trữ và cân bằng tải, tăng tính ổn định và linh hoạt của hệ thống. Trong ngành công nghiệp ô tô, các hệ thống lưu trữ năng lượng hoá năng hỗ trợ hoạt động của xe điện và xe hybrid. Cũng có thể tích hợp vào thiết bị di động để cung cấp năng lượng dự phòng. Cuối cùng, trong các hệ thống năng lượng tái tạo, công nghệ này giúp cân bằng sản lượng năng lượng và cung cấp năng lượng ổn định, tối ưu hóa hiệu suất của các nguồn năng lượng tái tạo.

3.4. Lưu trữ năng lượng dạng điện, điện tử

3.4.1. Lưu trữ năng lượng từ tính siêu dẫn (SMES)

Hệ thống lưu trữ năng lượng từ tính siêu dẫn gồm ba thành phần chính: cuộn dây, hệ thống điều hòa điện (PCS), và hệ thống làm mát. Ý tưởng cơ bản là khi cuộn dây siêu dẫn được làm lạnh đến nhiệt độ tới hạn siêu dẫn, nó có điện trở không đáng kể, cho phép dòng điện tiếp tục chạy ngay cả sau khi nguồn điện áp đã được loại bỏ. Trong quá trình này, năng lượng được lưu trữ dưới dạng từ trường được tạo ra bởi dòng điện trong cuộn dây siêu dẫn. Để giải phóng năng lượng này, cuộn dây được xả điện.



Hình 8. Sơ đồ thành phần chính của hệ thống SMES

* Ưu điểm:

- Hệ thống lưu trữ năng lượng từ tính siêu dẫn đạt hiệu suất cao và có tuổi thọ cao, duy trì độ ổn định trong quá trình lưu trữ.

- Hệ thống này có khả năng lưu trữ một lượng lớn năng lượng, phù hợp với nhu cầu ngày càng tăng của các hệ thống năng lượng tái tạo và các ứng dụng khác.

- Lưu trữ năng lượng từ tính siêu dẫn là một giải pháp sạch, thân thiện với môi trường và có thể được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, từ các dự án quy mô lớn đến các hệ thống năng lượng cá nhân.

* Nhược điểm:

- Cần đầu tư lớn cho các thiết bị và công nghệ siêu dẫn ban đầu, làm tăng ngưỡng tiếp cận cho các dự án;

- Việc vận hành và bảo dưỡng yêu cầu kiến thức chuyên môn cao và kỹ năng kỹ thuật đặc biệt, làm tăng độ phức tạp và chi phí của dự án.

- Các hệ thống hiện tại vẫn có hạn chế về dung lượng so với các phương pháp lưu trữ năng lượng khác như pin lithium-ion hoặc thủy điện.

Công nghệ SMES có nhiều ứng dụng tiềm năng. Nó có thể được sử dụng trong các hệ thống lưu trữ năng lượng lưới điện để cung cấp năng lượng dự trữ và cân bằng tải, giúp tối ưu hóa hoạt động của lưới điện. Ngoài ra, nó cũng có thể được tích hợp vào hệ thống vận chuyển công cộng hoặc trong các ứng dụng công nghiệp để cung cấp năng lượng sạch và ổn định. Điều này có thể giúp giảm thiểu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và tăng cường sự bền vững của hệ thống năng lượng toàn cầu.

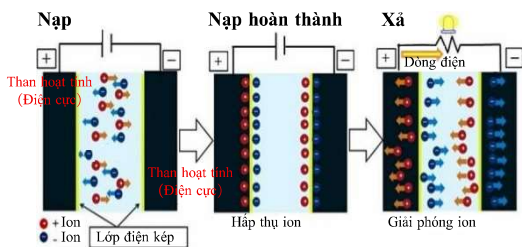
3.4.2. Siêu tụ điện

Công nghệ lưu trữ tụ điện siêu dẫn sử dụng các phương trình cơ bản tương tự như tụ điện thông thường, tuy nhiên, nó điều chỉnh các điện cực để có diện tích bề mặt lớn hơn và sử dụng chất điện môi mỏng hơn. Kết quả là siêu tụ điện đạt được điện dung cao hơn, cho phép lưu trữ mật độ năng lượng lớn hơn trong khi vẫn duy trì mật độ năng lượng cao của tụ điện thông thường. Khi áp dụng điện áp vào tụ điện, các điện tích trái dấu sẽ tích tụ trên bề mặt của từng điện cực và

được giữ tách biệt bởi chất điện môi. Điều này tạo ra một điện trường, cho phép tụ điện lưu trữ năng lượng.

* *Ưu điểm:*

- Siêu tụ điện có khả năng lưu trữ lượng năng lượng lớn trên diện tích nhỏ hơn so với các công nghệ khác;
- Công nghệ này mang lại tuổi thọ dài và khả năng chịu được điều kiện môi trường và vận hành khắc nghiệt;
- Siêu tụ điện có khả năng tích tụ và giải tụ năng lượng một cách nhanh chóng, phù hợp cho các ứng dụng đòi hỏi đáp ứng nhanh.



Hình 9. Sơ đồ quy trình hoạt động của siêu tụ điện

* *Nhược điểm:*

- Siêu tụ điện thường có chi phí sản xuất và vận hành cao hơn so với các loại tụ điện khác, đặc biệt là khi yêu cầu chất điện môi đặc biệt và công nghệ sản xuất phức tạp;
- Mặc dù có mật độ năng lượng cao, dung lượng của siêu tụ điện vẫn hạn chế so với các hệ thống lưu trữ năng lượng khác như pin lithium-ion;
- Hiệu suất và tuổi thọ của siêu tụ điện có thể bị ảnh hưởng bởi biến động nhiệt độ, đặc biệt là ở mức nhiệt độ cao hoặc thấp.

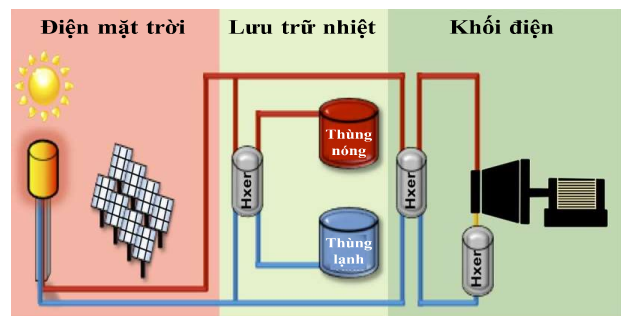
Bảng 4. Một số khu vực sử dụng công nghệ siêu tụ điện hiện nay trên thế giới [13]

Khu vực lắp đặt TES	Quốc gia	Năm hoàn thành	Công suất (kW)
Hệ thống siêu tụ Maxwell - UCSD	Hoa kỳ	2015	28
Ferrolinera WESS	Spain	2014	300
SEPTA Wayside	Hoa kỳ	2014	70
Tallaght Smart Grid	Ireland	2015	-

Siêu tụ điện, với khả năng lưu trữ năng lượng cao và tốc độ sạc nhanh, đang tạo ra tiềm năng lớn trong nhiều lĩnh vực. Trong ngành công nghiệp điện tử, chúng được sử dụng rộng rãi trong các thiết bị di động và máy tính để cung cấp năng lượng cho chip và mạch điện tử. Trong ngành công nghiệp ô tô, siêu tụ điện hỗ trợ trong các hệ thống lưu trữ năng lượng của xe điện và xe hybrid, giúp tăng hiệu suất và tiết kiệm năng lượng. Cùng với đó, trong các hệ thống điện năng lượng tái tạo và trong thiết bị y tế, siêu tụ điện cung cấp sự ổn định về năng lượng và nâng cao hiệu suất của các thiết bị. Hiện nay, trên thế giới, đã có một số quốc gia tiến hành thử nghiệm các hệ thống siêu tụ điện, trong đó có Tây Ban Nha, với hệ thống Ferrolinera WESS có công suất đạt tới 300kW (bảng 4).

3.5. Lưu trữ năng lượng dạng nhiệt năng

Lưu trữ năng lượng dạng nhiệt (TES) là một khái niệm rộng lớn bao gồm nhiều công nghệ khác nhau để lưu trữ năng lượng dưới dạng nhiệt hiện, nhiệt ẩn và năng lượng hóa học.



Hình 10. Sơ đồ lắp đặt kho lưu trữ nhiệt

Việc lưu trữ năng lượng nhiệt dưới dạng nhiệt hiện thường dựa vào nhiệt dung riêng của môi trường lưu trữ, thường là nước hoặc các vật liệu khác như đá, cát, đất sét. Mặc dù phương tiện lưu trữ này rất phổ biến và chi phí tương đối thấp, nhưng nó có mật độ năng lượng thấp và nhiệt độ phóng điện thay đổi. Sử dụng vật liệu thay đổi pha (PCM) có thể giải quyết vấn đề này, bằng cách tận dụng nhiệt ẩn của sự thay đổi pha, có thể là từ trạng thái rắn sang lỏng hoặc từ trạng thái rắn sang rắn.

Cuối cùng, để đạt được mật độ năng lượng cao hơn, các hệ thống TES có thể sử dụng các

phản ứng hóa học. Các phản ứng nhiệt hóa, như sự hấp phụ, được áp dụng để lưu trữ nhiệt và lạnh, cũng như để kiểm soát độ ẩm trong các ứng dụng khác nhau. Các phương pháp này cung cấp sự linh hoạt và hiệu quả trong việc lưu trữ năng lượng dạng nhiệt, giúp tối ưu hóa sử dụng và quản lý năng lượng.

** Ưu điểm:*

- Công nghệ lưu trữ nhiệt có hiệu suất cao và linh hoạt, cho phép chuyển đổi và lưu trữ năng lượng một cách hiệu quả trong nhiều ứng dụng khác nhau;

- Hệ thống lưu trữ năng lượng dạng nhiệt thường có chi phí đầu tư và vận hành thấp, giúp giảm thiểu chi phí và tăng cường tính kinh tế của hệ thống;

- Bằng cách lưu trữ năng lượng dưới dạng nhiệt, hệ thống có thể giảm tải điện lưới trong đợt tải cao điểm, cải thiện hiệu suất và ổn định của hệ thống cung cấp năng lượng.

** Nhược điểm:*

- Trong quá trình lưu trữ và chuyển đổi năng lượng, có thể xảy ra mất nhiệt và tổn thất nhiệt, dẫn đến giảm hiệu suất và hiệu quả của hệ thống;

- Các hệ thống lưu trữ nhiệt có thể gặp phải giới hạn về dung lượng lưu trữ, đặc biệt là đối với các vật liệu lưu trữ nhiệt truyền thống như nước, đá, hoặc cát;

- Một số hệ thống lưu trữ năng lượng dạng nhiệt có yêu cầu về không gian lớn và cơ sở hạ tầng phức tạp, điều này có thể gây khó khăn trong việc triển khai và vận hành.

Bảng 5. Một số nhà máy điện sử dụng công nghệ TES hiện nay trên thế giới [13]

Nhà máy lắp đặt TES	Quốc gia	Năm hoàn thành	Công suất (kW)
San Antonio International Airport	Hoa kỳ	1982	45
TAS Thermal Storage	Hoa kỳ	1999	5100
Penta Career Center	Hoa kỳ	2008	750
Ait Baha Plant	Ma rốc	2014	650
GridSolar Boothbay	Hoa kỳ	2014	211
Valle Verde	Hoa kỳ	1997	930

Công nghệ lưu trữ năng lượng dạng nhiệt (TES) đã có nhiều ứng dụng đa dạng và tiềm năng trong nhiều lĩnh vực. Hệ thống TES có thể được lắp đặt dưới dạng nhà máy tập trung hoặc thiết bị phân tán, được sử dụng để lưu trữ chất thải hoặc nhiệt sản phẩm phụ, hoặc thậm chí là nhiệt tái tạo khi có sẵn và cung cấp theo yêu cầu. Điều này hỗ trợ quá trình tái chế và tận dụng lại năng lượng từ các nguồn khác nhau. Hệ thống TES cũng có thể tích hợp vào các hệ thống điện tái tạo từ năng lượng mặt trời và gió, tạo ra một cơ sở hạ tầng năng lượng tái tạo toàn diện và hiệu quả (bảng 5). Việc này đặc biệt quan trọng trong bối cảnh ngày càng tăng của việc phát triển và sử dụng nguồn năng lượng tái tạo.

4. THẢO LUẬN

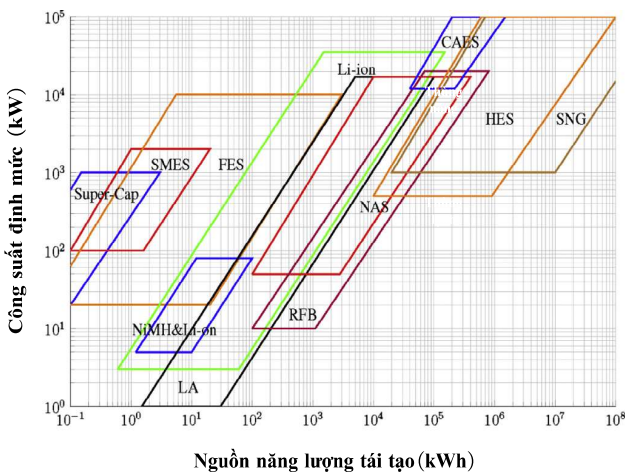
Công nghệ lưu trữ năng lượng đang trở thành một trọng tâm quan trọng đối với các quốc gia khi họ chuyển dịch sang sử dụng năng lượng tái tạo. Ngoài các nguồn năng lượng như mặt trời và gió, các nguồn năng lượng khác thường có quy mô nhỏ và phân tán. Việc lưu trữ năng lượng này đóng vai trò quan trọng trong việc ổn định hệ thống điện, tăng cường độ tin cậy và hiệu quả hoạt động của các nguồn năng lượng này.

Việt Nam được Ngân hàng Thế giới đánh giá là một trong những quốc gia có tiềm năng phát triển năng lượng tái tạo lớn nhất Đông Nam Á [16], đặc biệt là trong lĩnh vực năng lượng gió và mặt trời. Với địa lý thuận lợi là quốc gia nhiệt đới và bờ biển dài 3260 km, hơn 39% diện tích đất nước có tốc độ gió vượt quá 6 m/s, tương đương với 512 MW tiềm năng. Sự chuyển dịch sang năng lượng xanh ở Việt Nam đang diễn ra nhanh chóng, năm 2020 Việt Nam đã lọt vào top 10 quốc gia có công suất lắp đặt năng lượng mặt trời cao nhất trên thế giới, và dự kiến đến năm 2050, Việt Nam sẽ dẫn đầu thế giới trong lĩnh vực năng lượng tái tạo. Từ điều này, cho thấy nhu cầu nghiên cứu về các công nghệ lưu trữ năng lượng tại Việt Nam trở nên ngày càng cấp thiết hơn bao giờ hết.

Bảng 6. Chi phí đầu tư cho một số hệ thống ESS [15]

Hệ thống ESS	Vốn đầu tư		
	USD/KW	USD/kWh	USD/kWh /cycle
FESS	250-350	1000-5000	3-25
CAES	400-8000	2-50	2-4
PHES	600-2000	5-100	0,1-1,4
Pin LA	300-600	200-400	20-100
Pin Li-ion	1200-4000	600-2500	15-100
Pin NS	1000-3000	300-500	8-20
Pin VRFB	600-1500	150-1000	5-80
SMES	200-300	1000-10000	-
Siêu tụ điện SC	100-300	300-2000	2-20
Pin FC	10000+	-	6000-20000

Ngoài ra, thông qua việc đánh giá các ưu nhược điểm của một số công nghệ ESS trên, chúng ta có thể xem xét cho các ứng dụng khác nhau, bao gồm chi phí vốn, định mức công suất và năng lượng, mật độ công suất và năng lượng, tốc độ tăng tốc, hiệu suất, thời gian đáp ứng, tổn thất tự phóng điện, tuổi thọ và thời gian chu kỳ. Tổng quan về chi phí vốn và các đặc điểm kỹ thuật của ESS hiện nay được thể hiện như bảng 6,7 và hình 11.



Hình 11. So sánh công suất sử dụng tối ưu của các công nghệ ESS khác nhau [15]

Bảng 7. Các thông số kỹ thuật cốt lõi của hệ thống ESS [17]

Hệ thống ESS	Thông số kỹ thuật				
	Năng lượng riêng (Wh/kg)	Công suất riêng (W/h)	Hiệu suất chu trình nạp-thải (%)	Tuổi thọ (năm)	Tỉ lệ tự xả hàng ngày (%)
FESS	-	0-0,25	75-90	15-20	100
CAES	-	5-300	41-75	>25	Nhỏ
PHES	-	100-5000	70-80	>50	Rất nhỏ
Pin LA	15-50	25-415	65-90	5-15	0-0,6
Pin Li-ion	75-207	150-370	78-95	5-20	0,036-0,33
Pin NS	100-240	150-230	70-90	5-20	0,05-20
Pin VRFB	10-35	80-166	60-85	5-20	≤0,2
SMES	3-75	500-2000	80-98	20-30	10-15
Tụ SC	0,5-22	500-10000	60-99	8-20	5-40
Pin FC	-	0-50	34-44	5-10	1000-3650
TES	10-250	10-30	30-90	10-30	0.05-1

Qua các số liệu trên có thể thấy được, mỗi công nghệ ESS đều có thể sử dụng tùy thuộc vào điều kiện hoàn cảnh, với một số nguồn năng lượng tái tạo công suất nhỏ có thể sử dụng các hệ thống ESS như tụ điện, từ tính siêu dẫn, pin. Đối các nguồn lớn hơn, biên độ dao động không ổn định thì ta sử dụng các hệ thống FES, VRFB, PHES hay CAES. Người sử dụng có thể căn cứ vào nhu cầu thực tế, hoàn cảnh cũng như chi phí ban đầu để cân nhắc lựa chọn ESS cho phù hợp.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Công nghệ tích trữ năng lượng đóng vai trò quan trọng trong việc ổn định và tối ưu hóa sử dụng năng lượng tái tạo trong lưới điện. Tuy ESS được xem là giải pháp cho độ tin cậy và ổn định của hệ thống điện trong tương lai, nhưng vẫn cần thời gian để các công nghệ ESS trở nên trưởng thành đủ để triển khai thương mại. Bài viết phân tích và so sánh hiệu suất, đặc điểm của các công nghệ ESS, cung cấp thông tin chi tiết về công nghệ và quy hoạch lựa chọn vị trí lắp đặt ESS để đảm bảo hoạt động hiệu quả và ổn định của hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Baky, M. A. H., Rahman, M. M., & Islam, A. S. (2017). Development of renewable energy sector in Bangladesh: Current status and future potentials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 1184-1197.
2. Patel, M., Zhang, X., & Kumar, A. (2016). Techno-economic and life cycle assessment on lignocellulosic biomass thermochemical conversion technologies: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1486-1499.
3. Zhang, X., & Li, J. R. (2023). Recovery of greenhouse gas as cleaner fossil fuel contributes to carbon neutrality. *Green Energy & Environment*, 8(2), 351-353.
4. Jahanger, A., Ozturk, I., Onwe, J. C., Joseph, T. E., & Hossain, M. R. (2023). Do technology and renewable energy contribute to energy efficiency and carbon neutrality? Evidence from top ten manufacturing countries. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 56, 103084.
5. Wang, J., Shahbaz, M., Dong, K., & Dong, X. (2023). Renewable energy transition in global carbon mitigation: Does the use of metallic minerals matter?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 181, 113320.
6. Deshmukh, M. K. G., Sameeroddin, M., Abdul, D., & Sattar, M. A. (2023). Renewable energy in the 21st century: A review. *Materials Today: Proceedings*, 80, 1756-1759.
7. Amir, M., Deshmukh, R. G., Khalid, H. M., Said, Z., Raza, A., Muyeen, S. M., ... & Sopian, K. (2023). Energy storage technologies: An integrated survey of developments, global economical/environmental effects, optimal scheduling model, and sustainable adaption policies. *Journal of Energy Storage*, 72, 108694.
8. Xiao, Y., Wu, W., Wang, X., Qu, Y., & Li, J. (2023). Economic potentials of energy storage technologies in electricity markets with renewables. *Energy Storage and Saving*, 2(1), 370-391.
9. Rana, M. M., Uddin, M., Sarkar, M. R., Meraj, S. T., Shafiullah, G. M., Muyeen, S. M., ... & Jamal, T. (2023). Applications of energy storage systems in power grids with and without renewable energy integration—A comprehensive review. *Journal of Energy Storage*, 68, 107811.
10. Zhang, Z., Ding, T., Zhou, Q., Sun, Y., Qu, M., Zeng, Z., ... & Chi, F. (2021). A review of technologies and applications on versatile energy storage systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111263.
11. Alem, Abraham & Kalogiannis, Theodoros & Van Mierlo, Joeri & Bercibar, Maitane. (2022). A comprehensive review of stationary energy storage devices for large scale renewable energy sources grid integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 159. 112213. 10.1016/j.rser.2022.112213.
12. Achkari, O., & El Fadar, A. (2018). Renewable Energy Storage Technologies-A. *Proceedings of Engineering and Technology–PET*, 35, 69-79.
13. <https://sandia.gov/ess-ssl/gesdb/public/projects.html>
14. <https://www.osti.gov/servlets/purl/1866526>
15. Zhao, H., Wu, Q., Hu, S., Xu, H., & Rasmussen, C. N. (2015). Review of energy storage system for wind power integration support. *Applied energy*, 137, 545-553.
16. <https://moit.gov.vn/tin-tuc/phat-trien-nang-luong/tiem-nang-phat-trien-nang-luong-tai-tao-cua-vietnam.html>
17. Rahman, M. M., Oni, A. O., Gemechu, E., & Kumar, A. (2020). Assessment of energy storage technologies: A review. *Energy Conversion and Management*, 223, 113295.

Thông tin của tác giả:**ThS. Lưu Bình**

Trung tâm Đào tạo nghề, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).973.393.268 Email: luubinhcnqn@gmail.com

RESEARCH AND ANALYSIS OF SOME RENEWABLE ENERGY STORAGE TECHNOLOGIES CURRENTLY USED IN THE WORLD**Information about authors:**

Luu Binh, M.Eng., Vocational Training Center, Quang Ninh University of Industry.

Email: luubinhcnqn@gmail.com

ABSTRACT:

The integration of renewable energy sources into the power grid often poses technical challenges such as stability, reliability, and grid operation capability. However, achieving compatibility between the electrical system and renewable energy sources is crucial for driving the energy revolution and achieving carbon peak and neutrality goals. The deployment of energy storage systems (ESS) depends on factors such as location, electricity sources, associated costs, and environmental impacts. Within the paper's content, the author presents an overview of common renewable energy storage technologies currently in use and discusses their respective advantages and disadvantages. By addressing these aspects, stakeholders can make informed decisions to further advance the adoption of renewable energy and its storage solutions, thus contributing to a more sustainable energy future.

Keywords: *Renewable energy sources, energy storage system, flywheel energy storage system, pumped hydro system, compressed air energy system, electrochemical energy storage, electrochemical energy storage.*

REFERENCES

1. Baky, M. A. H., Rahman, M. M., & Islam, A. S. (2017). Development of renewable energy sector in Bangladesh: Current status and future potentials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 1184-1197.
2. Patel, M., Zhang, X., & Kumar, A. (2016). Techno-economic and life cycle assessment on lignocellulosic biomass thermochemical conversion technologies: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1486-1499.
3. Zhang, X., & Li, J. R. (2023). Recovery of greenhouse gas as cleaner fossil fuel contributes to carbon neutrality. *Green Energy & Environment*, 8(2), 351-353.
4. Jahanger, A., Ozturk, I., Onwe, J. C., Joseph, T. E., & Hossain, M. R. (2023). Do technology and renewable energy contribute to energy efficiency and carbon neutrality? Evidence from top ten manufacturing countries. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 56, 103084.
5. Wang, J., Shahbaz, M., Dong, K., & Dong, X. (2023). Renewable energy transition in global carbon mitigation: Does the use of metallic minerals matter?. *Renewable and Sustainable Energy*

- Reviews*, 181, 113320.
6. Deshmukh, M. K. G., Sameeroddin, M., Abdul, D., & Sattar, M. A. (2023). Renewable energy in the 21st century: A review. *Materials Today: Proceedings*, 80, 1756-1759.
 7. Amir, M., Deshmukh, R. G., Khalid, H. M., Said, Z., Raza, A., Muyeen, S. M., ... & Sopian, K. (2023). Energy storage technologies: An integrated survey of developments, global economical/environmental effects, optimal scheduling model, and sustainable adaption policies. *Journal of Energy Storage*, 72, 108694.
 8. Xiao, Y., Wu, W., Wang, X., Qu, Y., & Li, J. (2023). Economic potentials of energy storage technologies in electricity markets with renewables. *Energy Storage and Saving*, 2(1), 370-391.
 9. Rana, M. M., Uddin, M., Sarkar, M. R., Meraj, S. T., Shafiullah, G. M., Muyeen, S. M., ... & Jamal, T. (2023). Applications of energy storage systems in power grids with and without renewable energy integration—A comprehensive review. *Journal of Energy Storage*, 68, 107811.
 10. Zhang, Z., Ding, T., Zhou, Q., Sun, Y., Qu, M., Zeng, Z., ... & Chi, F. (2021). A review of technologies and applications on versatile energy storage systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111263.
 11. Alem, Abraham & Kalogiannis, Theodoros & Van Mierlo, Joeri & Berecibar, Maitane. (2022). A comprehensive review of stationary energy storage devices for large scale renewable energy sources grid integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 159. 112213. 10.1016/j.rser.2022.112213.
 12. Achkari, O., & El Fadar, A. (2018). Renewable Energy Storage Technologies-A. *Proceedings of Engineering and Technology–PET*, 35, 69-79.
 13. <https://sandia.gov/ess-ssl/gesdb/public/projects.html>
 14. <https://www.osti.gov/servlets/purl/1866526>
 15. Zhao, H., Wu, Q., Hu, S., Xu, H., & Rasmussen, C. N. (2015). Review of energy storage system for wind power integration support. *Applied energy*, 137, 545-553.
 16. <https://moit.gov.vn/tin-tuc/phat-trien-nang-luong/tiem-nang-phat-trien-nang-luong-tai-cao-cua-vietnam.html>
 17. Rahman, M. M., Oni, A. O., Gemechu, E., & Kumar, A. (2020). Assessment of energy storage technologies: A review. *Energy Conversion and Management*, 223, 113295.

Ngày nhận bài: 05/3/2024;

Ngày gửi phản biện: 05/3/2024;

Ngày nhận phản biện: 18/3/2024;

Ngày chấp nhận đăng: 19/3/2024.



MỘT SỐ HÌNH ẢNH HOẠT ĐỘNG NỔI BẬT



Lễ công bố Quyết định bổ nhiệm Phó hiệu trưởng Nhà trường nhiệm kỳ 2022-2027 – TS. Phạm Đức Thọ



Nhóm tác giả ĐT đạt giải nhì trong Cuộc thi sáng tạo KT tỉnh lần thứ IX



Nghiệm thu đề tài NCKH cấp Trường của TS. Lê Hồ Hiếu



Nghiệm thu đề tài NCKH cấp Trường của ThS. Trần Thị Hoàn



Hội thảo Khoa học Khoa KHCB



Hội thảo Khoa học Khoa CKDL



Hội thảo Khoa học Khoa Mỏ - Công trình



Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh hợp tác với ĐH Soonchunhyang – Hàn Quốc



Trường ĐH Công nghiệp QN hợp tác với ĐH KH&CN Quốc gia Cao Hùng – Đài Loan



Trường ĐH Công nghiệp QN hợp tác với ĐH Bách khoa Saskatchewan – Canada



MỘT SỐ HÌNH ẢNH HOẠT ĐỘNG NỔI BẬT



Nhà trường gặp mặt và hợp tác với Công ty TNHH Kỹ thuật điện tử TONY - TLC



Nhà trường trong cuộc họp về hợp tác NCKH và chuyển giao công nghệ với Công ty TNHH Công ty TNHH Đầu tư và Thương mại Quang Minh



Trường ĐH Công nghiệp Quảng Ninh tổ chức Lễ cắt băng khánh thành Nhà điều hành A2 và 02 sân bóng cỏ nhân tạo



Lễ trao Học bổng TOYOTA và Học bổng năng lượng tương lai cho SV Nhà trường



Tập huấn kỹ năng số cho SV Nhà trường



Nhạc hội chào Tân SV K16



Hội trại truyền thống chào mừng 65 sinh nhật Trường



Ngày hội hiến máu nhân tạo tại Trường

TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUI

Cơ quan chủ quản: Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
Địa chỉ: Phường Yên Thọ, thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh

Website: <https://jstqui.vn> | Email: jstqui@qui.edu.vn | Tel: 0203.3871.092