

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC

Đoàn Ngọc Dương

**NGHIÊN CỨU LỘ TRÌNH THÂM NHẬP
NĂNG LƯỢNG HYDRO TRONG CÁC NHÀ MÁY ĐIỆN
TUABIN KHÍ, HƯỚNG TỚI MỤC TIÊU PHÁT THẢI
RÒNG BÀNG “0” NĂM 2050 CỦA VIỆT NAM**

Ngành: Quản lý năng lượng

Mã số ngành: 9510602

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ QUẢN LÝ NĂNG LƯỢNG

Hà Nội, năm 2025

Công trình này được hoàn thành tại:
Trường Đại học Điện lực

Người hướng dẫn khoa học:

- 1. TS. Dương Trung Kiên**
- 2. TS. Vũ Minh Pháp**

Phản biện 1: PGS.TS. Nguyễn Hồng Thái

Phản biện 2: PGS.TS. Nguyễn Hữu Đức

Phản biện 3: PGS.TS. Nguyễn Danh Nguyên

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Trường họp tại Trường Đại học Điện lực

Vào hồi 9h00 ngày 09 tháng 05 năm 2025

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- 1. Thư viện Trường Đại học Điện lực**
- 2. Thư viện Quốc gia Việt Nam**

MỤC LỤC

PHẦN MỞ ĐẦU: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ NGHIÊN CỨU	2
1. Tính cấp thiết của đề tài.....	2
2. Mục tiêu nghiên cứu	3
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	3
4. Phương pháp nghiên cứu	4
5. Những đóng góp chủ yếu của nghiên cứu.....	4
6. Kết cấu luận án	5
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU	6
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ DỮ LIỆU ĐẦU VÀO.....	8
CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU	10
3.1. Xây dựng các kịch bản tính toán.....	10
3.2. Kết quả tính toán các kịch bản.....	11
3.3. Thảo luận về kết quả tính toán.....	14
3.4. Đánh giá các yếu tố tác động đến chuyển đổi nhiên liệu sang hydro tại các nhà máy điện tuabin khí	15
3.5. Xây dựng lộ trình chuyển đổi nhiên liệu sang hydro tại các nhà máy điện tuabin khí	16
KẾT LUẬN	18
1. Những kết quả đạt được.....	18
2. Một số khuyến nghị	18
3. Hạn chế của nghiên cứu và đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo	20
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CÓ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN.....	22

PHẦN MỞ ĐẦU: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ NGHIÊN CỨU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Việt Nam đã cam kết tại Hội nghị COP26 đưa phát thải ròng bằng “0” (Net Zero) vào năm 2050. Để đạt được mục tiêu tham vọng này, các bước chính của lộ trình giảm phát thải khí nhà kính của Việt Nam đã được đặt ra trong Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu đến năm 2050.

Trong số những lĩnh vực đóng góp chủ yếu vào tổng lượng phát thải KNK toàn quốc, ngành năng lượng phải cắt giảm phát thải mạnh mẽ trong thời gian tới. Để đạt được mục tiêu này, theo định hướng tại Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 (QHĐ VIII), các nhà máy điện (NMD) sử dụng nhiên liệu hóa thạch như than, khí được định hướng chuyển đổi nhiên liệu sang các dạng ít hoặc không phát thải - như hydro và amoniac - trong giai đoạn 2030 - 2050. Dự kiến nguồn cung hydro sẽ chủ yếu từ công nghệ điện phân nước sử dụng điện từ các nguồn năng lượng tái tạo (NLTT) (hydro xanh).

Đối với các NMD tuabin khí (TBK), mức độ khả thi của tiến trình nêu trên phụ thuộc vào sự tiến bộ khoa học - công nghệ (KH-CN) trong lĩnh vực sản xuất hydro xanh, tính thương mại hóa của các giải pháp công nghệ sử dụng hydro làm nhiên liệu phát điện trong các tổ máy TBK. Để chuyển đổi sang đốt hydro, chi phí đầu tư để cải tạo/ thay đổi các thiết bị phần cứng liên quan cũng không nhỏ. Từ góc độ kinh tế hệ thống điện (HTĐ), tiến trình chuyển đổi nhiên liệu sang hydro tại các NMD TBK nhằm đạt được mục tiêu cắt giảm phát thải KNK cần được nghiên cứu, xem xét trong bài toán tối ưu về kinh tế – nhất là khi xét đến các yếu tố đầu vào liên quan. Vấn đề có tính cấp bách này cho đến nay chưa được nghiên cứu bài bản, toàn diện nhằm cung cấp cơ sở khoa học để xem xét, lựa chọn giải pháp đúng đắn, phù hợp trong thời gian tới.

Xuất phát từ cách đặt vấn đề trên, nhận thấy việc nghiên cứu, tính toán và đề xuất lộ trình thâm nhập của năng lượng hydro trong các NMD

TBK ở Việt Nam một cách phù hợp và kinh tế, giảm thiểu tác động đến chi phí sản xuất điện của hệ thống, bám sát sự tiến bộ của KHCN và tính thương mại hóa trong lĩnh vực ứng dụng năng lượng hydro, góp phần giảm phát thải KNK ngành điện là thực sự cấp thiết và có ý nghĩa về khoa học cũng như thực tiễn.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu tổng thể của nghiên cứu nhằm tính toán và đề xuất lộ trình thâm nhập của năng lượng hydro trong các NMD TBK ở Việt Nam hướng đến mục tiêu Net Zero năm 2050.

Các mục tiêu cụ thể dự kiến bao gồm:

1. Đánh giá tổng quan và lý luận sự cần thiết của đề tài nghiên cứu:

Nghiên cứu/ đánh giá tổng quan tình hình nghiên cứu và phát triển trên thế giới về năng lượng hydro, về công nghệ đốt phối trộn hydro với khí tự nhiên (KTN) trong các hệ thống TBK phát điện và các yếu tố, khía cạnh kinh tế - kỹ thuật liên quan trong tổng thể hệ thống điện. Xem xét, nhận diện cụ thể trong tình hình Việt Nam để đề xuất chủ đề nghiên cứu có tính mới, có đóng góp mới về lý luận và thực tiễn.

2. Nghiên cứu quy mô, đặc điểm hệ thống điện Việt Nam hiện tại và theo quy hoạch (trong đó có nhóm các NMD TBK), định hướng phát triển trong tương lai; mục tiêu và giải pháp cắt giảm KNK trong định hướng quy hoạch dài hạn theo QHĐ VIII.

3. Nghiên cứu lộ trình thâm nhập năng lượng hydro tại các NMD TBK trong HTĐ Việt Nam thông qua việc xây dựng, tính toán mô hình quy hoạch dài hạn phát triển HTĐ và xem xét, đánh giá các yếu tố ảnh hưởng có liên quan đến quá trình chuyển đổi.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Vấn đề thâm nhập năng lượng hydro tại các NMD TBK trong HTĐ.

Phạm vi nghiên cứu:

+ Phạm vi về không gian nghiên cứu: HTĐ Việt Nam (phạm vi toàn quốc), với quy mô và cơ cấu đã được quy hoạch đến 2030 và định hướng đến 2050 theo QHĐ VIII.

+ Phạm vi về thời gian nghiên cứu: giai đoạn 2021 - 2050.

4. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu kết hợp cả phương pháp định tính và định lượng, cụ thể:

Phương pháp nghiên cứu định tính gồm nghiên cứu tài liệu, thu thập dữ liệu thứ cấp từ các nguồn khác nhau như các nghị quyết, chiến lược, quy hoạch của các cấp thẩm quyền, cơ quan Nhà nước; tài liệu/ báo cáo chuyên ngành của các cơ quan nghiên cứu, các bài báo khoa học, tài liệu nghiên cứu học thuật trong nước và quốc tế từ thư viện, internet,... Nhận diện và đánh giá các yếu tố dưới dạng ma trận SWOT và rút ra các hàm ý chiến lược phục vụ cho mục tiêu nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu định lượng gồm lựa chọn phần mềm tính toán trên máy tính, xây dựng mô hình tính toán và các kịch bản xem xét, hệ thống hóa bộ dữ liệu đầu vào và chạy mô hình tính toán cho các kịch bản xem xét, tổng hợp và nhận xét, diễn giải, đánh giá các kết quả phục vụ cho nghiên cứu, xây dựng lộ trình thâm nhập của năng lượng hydro.

5. Những đóng góp chủ yếu của nghiên cứu

Về mặt lý luận:

Thứ nhất, đề tài hệ thống hoá tri thức về phát triển và ứng dụng năng lượng hydro nhằm góp phần cắt giảm phát thải KNK trong lĩnh vực năng lượng, đặc biệt là cho phát điện trong các NMD TBK; cung cấp góc nhìn sâu hơn về mối quan hệ giữa nhu cầu mở rộng quy mô HTĐ quốc gia và yêu cầu cắt giảm phát thải KNK.

Thứ hai, đề tài đề xuất một phương pháp nghiên cứu định lượng nhằm khảo sát/ đánh giá tác động của các yếu tố mới đến sự phát triển

hệ thống điện quốc gia. Cụ thể, yếu tố mới trong nghiên cứu này là sự thay thế một loại năng lượng sơ cấp truyền thống (khí tự nhiên) bằng một loại năng lượng mới (hydro), với việc tính toán quá trình mở rộng quy mô hệ thống điện dựa trên bài toán quy hoạch phát triển tối ưu.

Về mặt thực tiễn:

Kết quả nghiên cứu của luận án có đóng góp mới cho thực tiễn quản lý, kinh doanh. Trên cơ sở đề xuất được lộ trình với các mục tiêu định lượng, cụ thể, có tính khả thi, kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học giúp xem xét, đưa ra các chính sách, cơ chế và lộ trình phù hợp, kinh tế cho các tiến trình: (1) đầu tư, phát triển chuỗi cung ứng và các ứng dụng sử dụng năng lượng hydro, và (2) khử các-bon ngành điện nói chung và cắt giảm phát thải KNK từ các NMD TBK trong hệ thống điện nói riêng, bao gồm cả kế hoạch cải tạo nâng cấp các NMD này.

Bên cạnh đó, ở phạm vi quốc tế, kết quả nghiên cứu của đề tài là nguồn thông tin tham khảo hữu ích về mục tiêu và nỗ lực chuyển dịch xanh ngành năng lượng của Việt Nam, góp phần làm rõ hơn bức tranh về xu hướng hệ thống năng lượng tương lai của Việt Nam với các yếu tố, mục tiêu, ràng buộc liên quan.

6. Kết cấu luận án

Ngoài phần mở đầu và kết luận, luận án được trình bày với cấu trúc gồm 3 chương như sau:

Chương 1. Tổng quan nghiên cứu

Chương 2. Cơ sở lý thuyết, phương pháp nghiên cứu và dữ liệu đầu vào

Chương 3. Kết quả nghiên cứu.

Bên cạnh các nội dung chính, luận án còn bao gồm danh sách các công trình của tác giả đã được công bố liên quan đến luận án và các tài liệu tham khảo, phụ lục kết quả tính toán mô hình.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Nội dung của chương trình bày các thông tin nghiên cứu tổng quan về hydro và các ứng dụng cho mục đích năng lượng; tổng hợp các định hướng chính sách, chiến lược về phát triển và ứng dụng năng lượng hydro trên thế giới và của Việt Nam; tình hình nghiên cứu phát triển công nghệ tuabin khí đốt hydro và xu hướng phát triển trong tương lai; nghiên cứu, tổng hợp thông tin về các công trình nghiên cứu học thuật tiêu biểu về sử dụng hydro làm nhiên liệu trong các hệ thống tuabin khí phát điện trong mối tương quan giữa các yếu tố kinh tế, kỹ thuật và môi trường ở nhiều quốc gia, khu vực trên thế giới.

Từ những nhận định rút ra qua đánh giá, tổng kết các nghiên cứu về năng lượng hydro nói chung và ứng dụng trong hệ thống điện nói riêng (đặc biệt tại các nguồn điện TBK), tác giả **nhận diện khoảng trống nghiên cứu và làm rõ sự cần thiết và ý nghĩa của chủ đề, mục tiêu nghiên cứu** trong luận án. Cụ thể:

1. Trên thế giới: đã có rất nhiều nghiên cứu với các chủ đề đa dạng, bao phủ phạm vi rộng liên quan đến năng lượng hydro. Riêng vấn đề sử dụng hydro cho phát điện trong các nguồn điện TBK, các nghiên cứu tập trung vào: (1) nghiên cứu phát triển (R&D) do các nhà chế tạo thiết bị TBK thực hiện nhằm sử dụng hydro làm nhiên liệu thay cho KNT, (2) khảo sát, đánh giá các thay đổi về kinh tế - kỹ thuật, phát thải KNK... của hệ thống TBK khi sử dụng nhiên liệu hydro, và (3) mô phỏng, tính toán hiệu quả kinh tế/ tính cạnh tranh của hydro với vai trò là nhiên liệu sử dụng trong các hệ thống TBK khi vận hành kết hợp với các loại nguồn điện NLTT và nguồn điện khác trong HTĐ tương lai.

2. Ở Việt Nam, các nghiên cứu tập trung vào một số hướng/ chủ đề chính: (1) nghiên cứu sơ bộ, tổng quan về vai trò của hydro trong tiến

trình chuyển dịch năng lượng và hệ thống năng lượng Việt Nam trong tương lai, (2) sử dụng nhiên liệu hydro trong một số ứng dụng năng lượng quy mô nhỏ, đơn lẻ. Nhìn chung, các nghiên cứu trong nước về chủ đề năng lượng hydro còn ít, chưa có tính hệ thống và có độ “bao phủ” rất nhỏ so với các lĩnh vực tiềm năng sử dụng dạng năng lượng mới này trong các ngành kinh tế khác nhau của đất nước.

c) Đối với ngành điện Việt Nam nói chung và các NMD TBK vận hành trong HTĐ nói riêng chưa có các nghiên cứu tổng quan cũng như chuyên sâu về vấn đề chuyển đổi nhiên liệu từ KTN sang hydro. Trong khi, chỉ xét riêng từ góc độ kinh tế, việc chuyển đổi nhiên liệu sang hydro có thể tốn chi phí lớn cho đầu tư nâng cấp, cải tạo các hệ thống thiết bị tại mỗi NMD TBK, có khả năng ảnh hưởng đáng kể đến chi phí vận hành của các NMD này nói riêng và chi phí cả hệ thống nói chung (do tác động của giá hydro đến giá thành sản xuất điện tại các nhà máy), và đến cơ cấu tối ưu các loại hình nguồn điện trong hệ thống điện quốc gia trong tương lai. Vấn đề này đòi hỏi phải được nghiên cứu toàn diện, cả định tính và định lượng, nhằm đưa ra một lộ trình tối ưu, tổng thể, làm cơ sở để có kế hoạch chuẩn bị cần thiết để triển khai.

Như vậy, việc nghiên cứu, tính toán lộ trình thâm nhập của năng lượng hydro trong các NMD TBK ở Việt Nam một cách phù hợp và kinh tế, bám sát sự tiến bộ của KHCN và tính thương mại hóa trong lĩnh vực ứng dụng năng lượng hydro, giảm thiểu tác động đến chi phí sản xuất điện của hệ thống, góp phần giảm phát thải KNK ngành điện, hướng đến mục tiêu phát thải ròng bằng “0” năm 2050 của Việt Nam là thực sự cấp thiết và có ý nghĩa về khoa học cũng như thực tiễn.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ DỮ LIỆU ĐẦU VÀO

Nội dung chương giới thiệu các vấn đề về cơ sở lý thuyết của quy hoạch phát triển hệ thống điện (mô hình quy hoạch tuyến tính, mô hình quy hoạch động); yêu cầu và cách tiếp cận hiện nay đối với bài toán quy hoạch hệ thống điện hiện đại, có tỷ trọng tham gia cao các nguồn điện NLTT bất định và các ràng buộc về tiềm năng năng lượng sơ cấp, phát thải KNK... Từ đó, trình bày phương pháp luận nghiên cứu sử dụng mô hình quy hoạch phát triển hệ thống điện theo nguyên tắc chi phí tối thiểu (least-cost), quy trình thực hiện nghiên cứu; phân tích, lựa chọn mô hình phần mềm tính toán mô phỏng (mô hình Balmorel) và tính toán bài toán quy hoạch phát triển HTĐ Việt Nam cho giai đoạn 2030 - 2050 nhằm giải quyết mục tiêu nghiên cứu: lộ trình thâm nhập năng lượng hydro tại các NMD TBK trong HTĐ. Kết quả tính toán sẽ được diễn giải tập trung vào diễn biến tăng trưởng quy mô công suất hệ thống nguồn điện, đặc điểm huy động sản lượng điện các NMD TBK, lượng phát thải CO₂ tương ứng và chi phí của hệ thống.

Kết cấu chương cũng bao gồm nội dung nghiên cứu, tổng hợp các dữ liệu đầu vào cho tính toán, bao gồm hiện trạng và quy hoạch phát triển nguồn điện của HTĐ Việt Nam đến năm 2030, định hướng đến năm 2050, trong đó có nhóm các NMD TBK sử dụng nhiên liệu khí thiên nhiên hóa lỏng (LNG) (đối tượng nghiên cứu chính); các yêu cầu về phát thải KNK mục tiêu, và các giải pháp chính được đưa ra trong QHĐ VIII để đạt được mục tiêu giảm phát thải.

Các thông tin dữ liệu kỹ thuật - kinh tế sử dụng trong mô hình tính toán được chọn lọc trình bày nhằm cung cấp góc nhìn tổng quan về bộ dữ liệu đầu vào cho thiết lập và tính toán mô hình, gồm:

- Dữ liệu đầu vào được tham khảo từ tài liệu báo cáo đề án của QHĐ VIII: bao gồm dự báo nhu cầu điện quốc gia và vùng miền giai đoạn 2030 - 2050; đặc điểm/ thông số kỹ thuật/ kinh tế của các nguồn phát điện và hạng mục truyền tải lưới dự kiến sẽ được phát triển và vận hành trong giai đoạn 2030-2050; các ràng buộc vận hành hệ thống; dự báo giá nhiên liệu sử dụng trong các nhà máy điện (bao gồm giá than, khí, sinh khối, hydro xanh); tiềm năng kỹ thuật/ sự sẵn có của nguồn cung cấp nhiên liệu (nhiên liệu hóa thạch trong nước, sinh khối, thủy điện) và các nguồn năng lượng tái tạo (mặt trời, gió trên bờ, gió ngoài khơi) của Việt Nam; hệ số phát thải khí ô nhiễm của các loại hình nguồn nhiệt điện; chi phí ngoại sinh (chi phí xã hội) do phát thải chất gây ô nhiễm của các nguồn nhiệt điện (NO_x, SO_x, bụi)...

- Dữ liệu tham khảo từ các nghiên cứu, thông tin quốc tế được tác giả nghiên cứu, tổng hợp, gồm: (i) các ảnh hưởng đến tính kinh tế - kỹ thuật khi nâng cấp/ cải tạo tổ máy TBK phát điện sang sử dụng hydro, (ii) chi phí xã hội của CO₂.

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Xây dựng các kịch bản tính toán

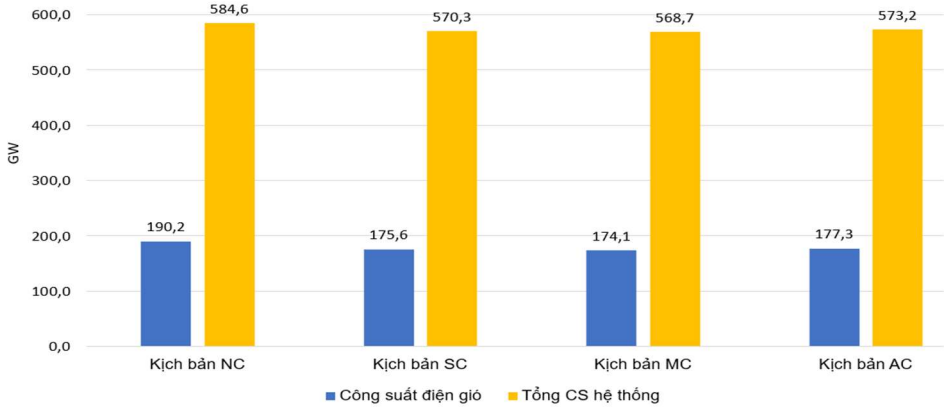
Các kịch bản tính toán được xây dựng xem xét đến các trường hợp chuyển đổi sang hydro tại các NMĐ TBK trên cơ sở đánh giá xu hướng công nghệ trên thế giới và các điều kiện cụ thể của Việt Nam.

Bảng 3.2 Mô tả các kịch bản tính toán theo tốc độ thâm nhập hydro

TT	Kịch bản	Đặc điểm (tỷ lệ trộn % hydro theo thể tích)				
1	SC (chuyển đổi chậm)	Chuyển đổi chậm, “thận trọng” trong giai đoạn 2030-2045 (đạt tỷ lệ 50% hydro vào năm 2045); tăng tốc chuyển đổi trong giai đoạn 2045-2050 để đạt 100% vào năm 2050.				
	Năm	2030	2035	2040	2045	2050
		0	15	30	50	100
2	MC (chuyển đổi trung bình)	Chuyển đổi đều trong cả giai đoạn 2030-2050, đạt tỷ lệ 50% hydro vào năm 2040, 100% vào năm 2050				
	Năm	2030	2035	2040	2045	2050
		0	25	50	75	100
3	AC (chuyển đổi nhanh)	Chuyển đổi nhanh và đều trong giai đoạn 2030-2045, đạt tỷ lệ khoảng 65% hydro vào năm 2040 và 100% vào năm 2045.				
	Năm	2030	2035	2040	2045	2050
		0	30	65	100	100
4	NC (không chuyển đổi)	Tỷ lệ hydro bằng 0% trong cả giai đoạn 2030-2050.				

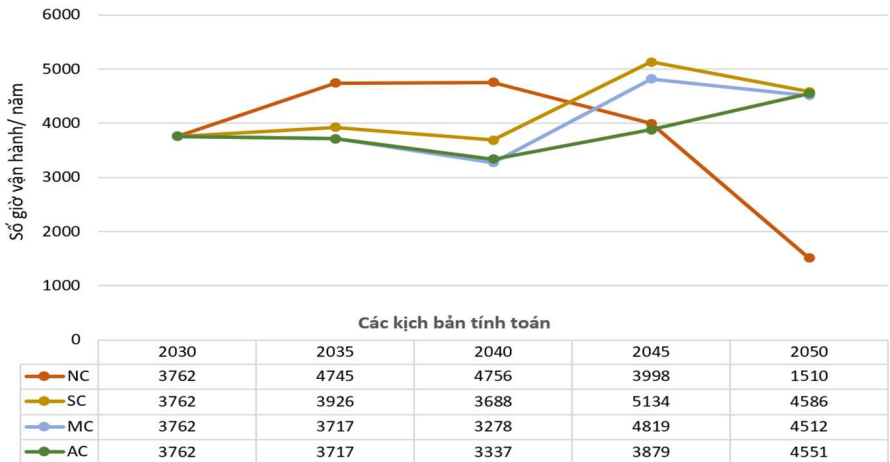
3.2. Kết quả tính toán các kịch bản

a) Tổng công suất nguồn điện của HTĐ Việt Nam đến năm 2050

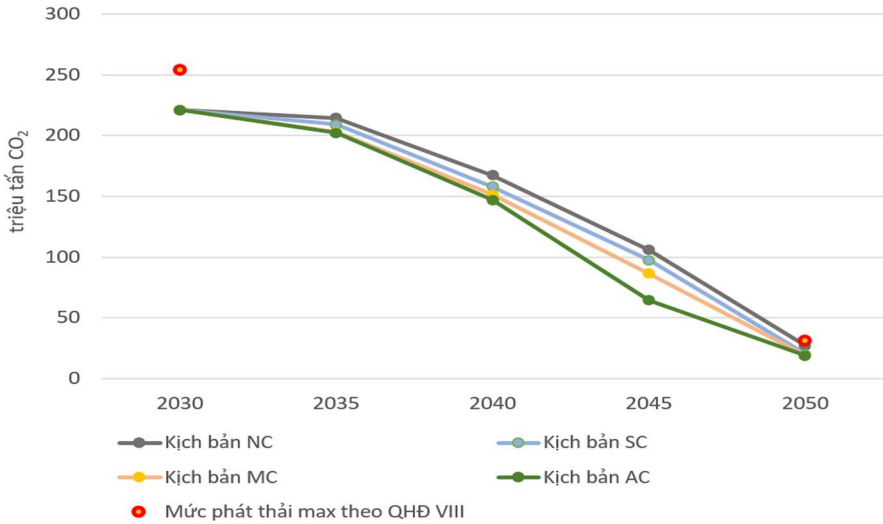
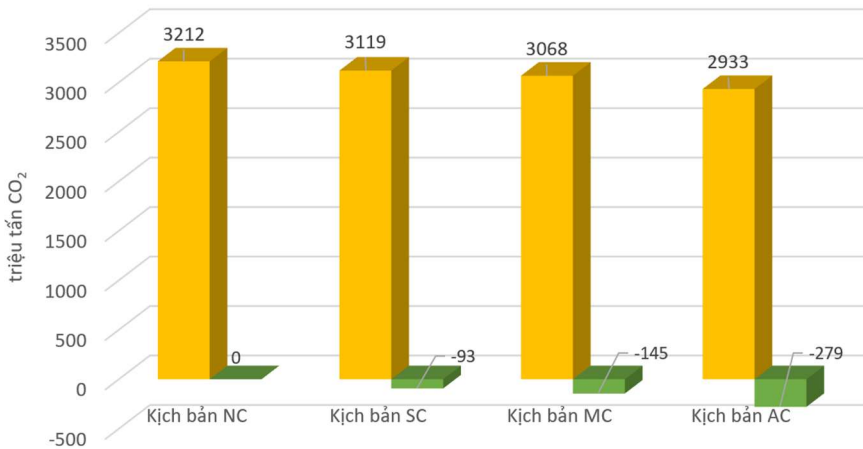


Hình 3.6 Tổng hợp kết quả tính toán tổng công suất nguồn điện (bao gồm công suất điện gió) các kịch bản đến năm 2050

b) Số giờ (trong năm) các nguồn điện TBK sử dụng KTN/ hydro được huy động vận hành

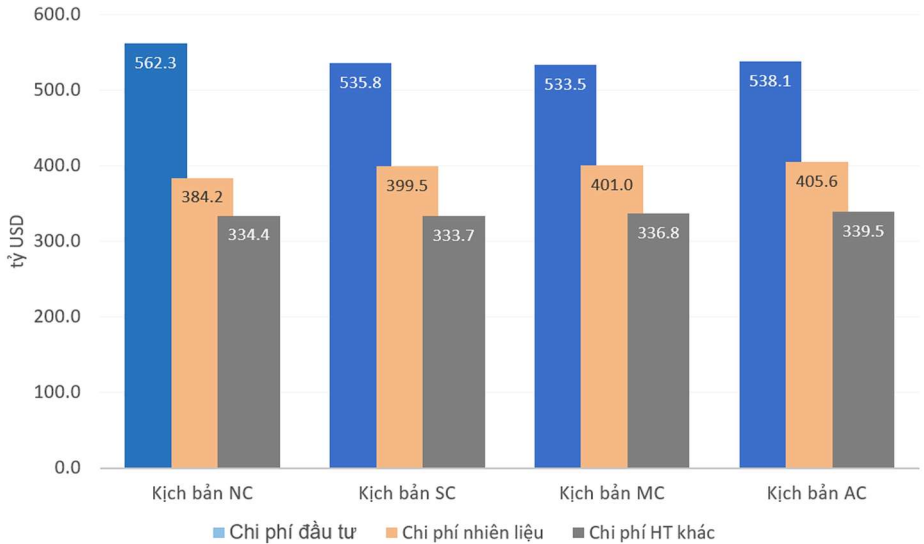


Hình 3.7 Kết quả tính toán số giờ huy động công suất phát của nhóm các NMD TBK theo các kịch bản

c) Lượng phát thải CO₂ của hệ thống điện theo các kịch bảnHình 3.8 Kết quả tính toán phát thải CO₂ của HTĐ theo các kịch bảnHình 3.9 So sánh tổng lượng phát thải CO₂ của hệ thống điện theo các kịch bản cho cả giai đoạn 2030-2050

d) Chi phí hệ thống điện theo các kịch bản nghiên cứu

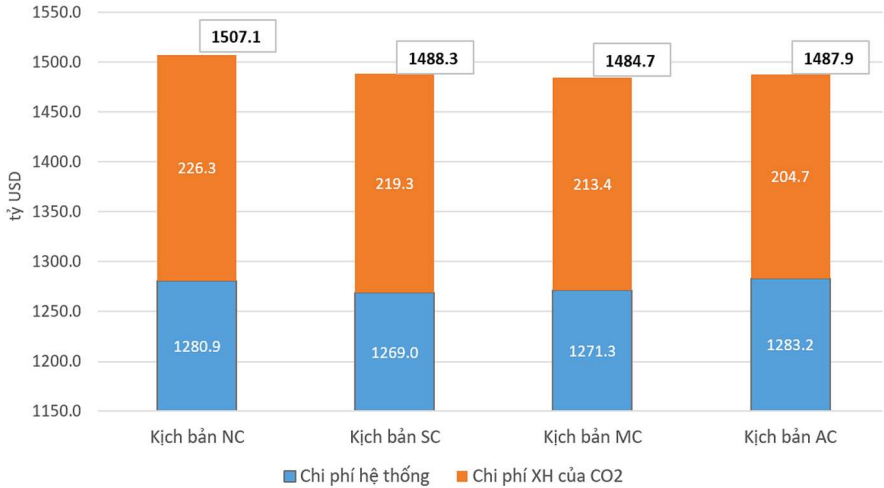
Chi phí hệ thống điện cho thời đoạn quy hoạch bao gồm ba thành phần chính: (i) chi phí đầu tư, (ii) chi phí nhiên liệu, và (iii) chi phí hệ thống khác. Kết quả tính toán tối ưu của 4 kịch bản cho kết quả chi phí hệ thống thể hiện trong Hình 3.10.



Hình 3.10 Kết quả tính toán chi phí hệ thống điện của các kịch bản trong giai đoạn nghiên cứu (2030-2050)

Về tổng thể, trong số các kịch bản xem xét, kịch bản AC có tổng chi phí hệ thống cao nhất, sau đó là NC, MC và SC là thấp nhất.

Tổng chi phí của hệ thống điện có xét cả đến chi phí xã hội của CO₂ được thể hiện trong Hình 3.11. Kịch bản NC có tổng chi phí cao nhất, còn trong số 3 kịch bản chuyển đổi, kịch bản MC có tổng chi phí thấp nhất và SC cao nhất, nhưng với mức chênh lệch không lớn.



Hình 3.11 Tổng chi phí hệ thống có tính đến chi phí xã hội của CO₂ của các kịch bản nghiên cứu.

3.3. Thảo luận về kết quả tính toán

Kết quả tính toán mô hình hóa cho thấy tổng chi phí hệ thống điện theo kịch bản SC là thấp nhất. Điều này có nghĩa là lộ trình thâm nhập năng lượng hydro vào hệ thống điện tương lai của Việt Nam nên được xem xét theo cách tiếp cận “chậm, thận trọng” của kịch bản SC. Kịch bản MC cũng có thể được cân nhắc vì tổng chi phí hệ thống không cao hơn đáng kể so với SC (chỉ khoảng 0,16%), trong khi chi phí đầu tư phát triển hệ thống nguồn điện và lưới điện truyền tải (CAPEX) lại thấp hơn (ít hơn khoảng 2 tỷ USD).

Tổng chi phí hệ thống của kịch bản NC cao thứ hai, gần tương đương với AC, nhưng có chi phí đầu tư cao nhất trong các kịch bản. Điều này là do các nguồn điện TBK chỉ đốt KTN dần trở thành “tài sản mắc kẹt” trong kịch bản NC ở nửa sau của giai đoạn nghiên cứu, ít hoặc không được huy động (do phát thải KNK) trong khi HTĐ vẫn phải bổ sung nguồn điện gió để đáp ứng nhu cầu điện. Như vậy, việc chuyển đổi

nhiên liệu của nhóm nhà máy điện TBK từ khí tự nhiên sang hydro sẽ có lợi hơn là không chuyển đổi khi xét từ góc độ HTĐ cũng như chủ sở hữu.

Nhìn rộng hơn, từ góc độ tổng thể của quốc gia, nếu xem xét đến cả chi phí xã hội của CO₂ thì sẽ có sự khác biệt đáng kể (cao hơn) giữa tổng chi phí của kịch bản NC so với các kịch bản chuyển đổi nhiên liệu. Điều này càng củng cố cho nhận định trên về sự cần thiết chuyển đổi sang nhiên liệu hydro cho các nguồn điện TBK trong HTĐ Việt Nam. Trong trường hợp giá hydro cạnh tranh hơn trong giai đoạn nghiên cứu, việc chuyển đổi sớm và nhanh chóng từ khí tự nhiên sang hydro sẽ càng có lợi hơn khi xem xét đến chi phí xã hội của CO₂.

Như vậy, xét từ góc độ **tối ưu về kinh tế hệ thống điện nói riêng và tổng thể quốc gia nói chung** (khi tính đến chi phí xã hội của CO₂), tiến trình thâm nhập năng lượng hydro vào các NMD TBK trong HTĐ nên được thiết kế **dựa trên kịch bản SC, có xem xét khả năng chuyển đổi nhanh hơn của kịch bản MC** khi có các điều kiện thuận lợi (chẳng hạn, giá hydro xanh có thể giảm nhanh hơn trong tương lai, phí các-bon được áp dụng) - nghĩa là ở khoảng giữa kịch bản SC và MC.

3.4. Đánh giá các yếu tố tác động đến chuyển đổi nhiên liệu sang hydro tại các nhà máy điện tuabin khí

Để làm rõ hơn các yếu tố liên quan đến quá trình chuyển đổi nhiên liệu sang hydro tại các NMD TBK trong điều kiện cụ thể, đặc thù của Việt Nam, báo cáo cũng đã nhận diện, đánh giá các yếu tố trên cơ sở các nghiên cứu tổng quan thực hiện ở Chương 1 và các phân tích, nhận định của tác giả trên cơ sở kinh nghiệm hoạt động, nghiên cứu trong lĩnh vực năng lượng. Kết quả phân tích, đánh giá được trình bày ở dạng bảng phân tích SWOT (điểm mạnh - điểm yếu - cơ hội - thách thức), từ đó đề xuất các hàm ý chính sách nhằm lựa chọn chiến lược thực thi hiệu quả

để đạt được mục tiêu nghiên cứu: chuyển đổi nhiên liệu từ KTN sang hydro tại các NMD TBK nhằm cắt giảm phát thải KNK, góp phần đạt được mục tiêu phát thải ròng bằng “0” của Việt Nam vào năm 2050.

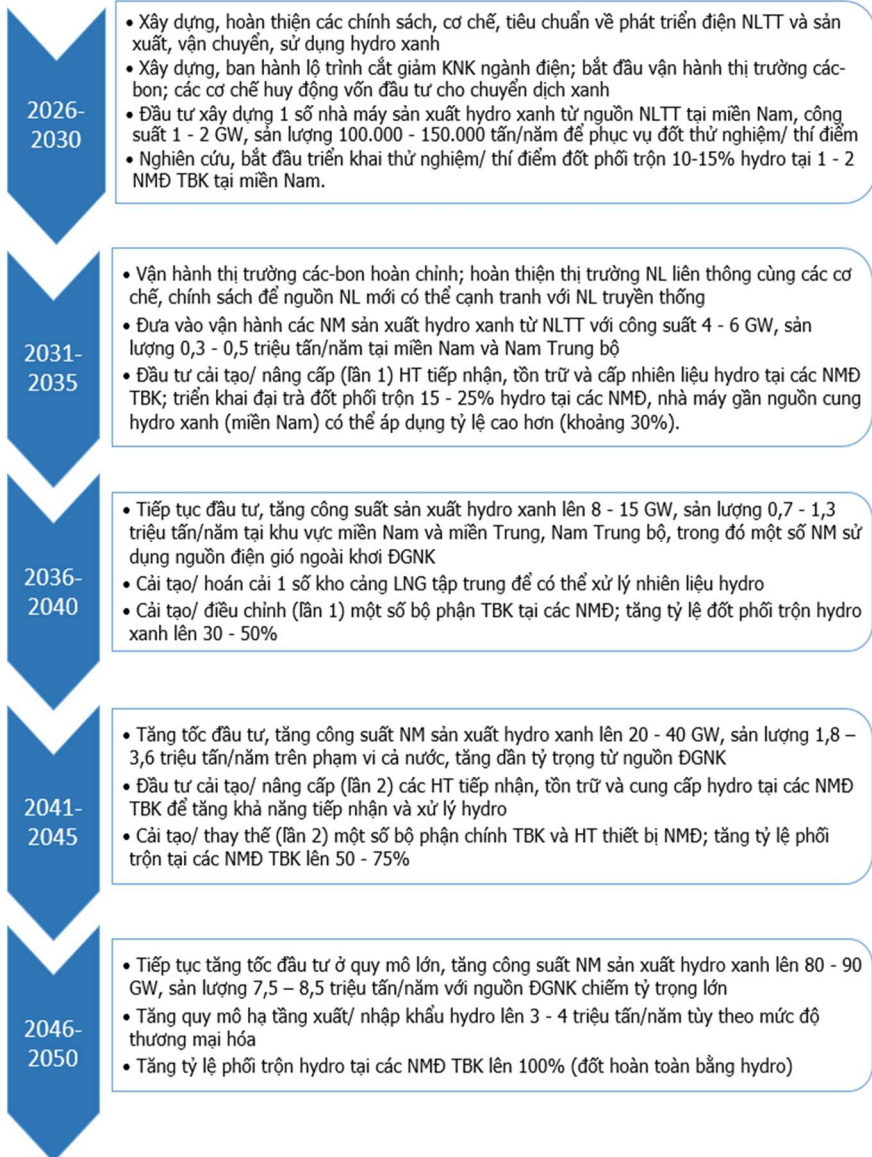
3.5. Xây dựng lộ trình chuyển đổi nhiên liệu sang hydro tại các nhà máy điện tuabin khí

Từ các kết quả nghiên cứu, tính toán kịch bản, tiến trình chuyển đổi được tổng hợp với các mục tiêu định lượng như sau:

Bảng 3.5 Chỉ tiêu định lượng lộ trình thâm nhập hydro tại các nhà máy điện tuabin khí

Diễn giải	2030	2035	2040	2045	2050
Tỷ lệ phối trộn hydro (theo % thể tích)	0	15 – 25	30 - 50	50 - 75	100
Tỷ lệ phối trộn hydro (theo % năng lượng)	0	4,4 - 8,0	10,1 - 20,8	20,8 - 44,0	100
Công suất phát điện dựa trên hydro (MW)	0	1.118 - 2.032	2.565 - 5.283	5.283 - 11.176	25.400
Nhu cầu hydro cho phát điện tại các NMD TBK (triệu tấn/ năm)	0	0,3 - 0,5	0,7 - 1,3	1,8 - 3,6	7,5 - 8,5
Ước tính quy mô nguồn điện NLTT (kết hợp điện MT & gió) cần thiết để sản xuất hydro xanh (GW)	0	4 – 6	8 - 15	20 - 40	80 - 90

Kết hợp các kết quả trên cùng một số quan điểm, giải pháp được đề xuất trên cơ sở các định hướng, chiến lược và tình hình phát triển ngành năng lượng Việt Nam, xây dựng lộ trình chuyển đổi nhiên liệu sang hydro tại các NMD TBK như thể hiện trong hình dưới đây:



Hình 3.13 Lộ trình triển khai thực hiện chuyển đổi nhiên liệu sang hydro tại các NMD TBK

KẾT LUẬN

1. Những kết quả đạt được

Các kết quả chính đã đạt được của đề tài luận án bao gồm:

Thứ nhất, đề tài đã hệ thống hoá, tổng hợp tri thức về phát triển và ứng dụng năng lượng hydro nhằm góp phần cắt giảm phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực năng lượng, đặc biệt là làm nhiên liệu để thay thế khí tự nhiên trong các nhà máy điện tuabin khí.

Thứ hai, đề tài đã làm rõ yêu cầu, mục tiêu cắt giảm phát thải khí nhà kính của ngành điện Việt Nam trong tổng thể đóng góp vào cắt giảm phát thải ngành năng lượng và cả nền kinh tế giai đoạn đến 2050; phân tích, nhận diện các giải pháp chính để đạt được mục tiêu giảm phát thải ngành điện.

Thứ ba, đề tài đã nghiên cứu, xây dựng các kịch bản thâm nhập hydro (theo các tốc độ khác nhau) vào các nhà máy điện tuabin khí trong hệ thống điện Việt Nam giai đoạn 2030 - 2050; từ đó sử dụng mô hình quy hoạch tối ưu hệ thống điện để tính toán quy mô, cơ cấu hệ thống điện đến năm 2050 cùng các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật chủ yếu của hệ thống điện cho mỗi kịch bản.

Thứ tư, đề tài đã xây dựng, đề xuất lộ trình thực hiện chuyển đổi nhiên liệu từ khí tự nhiên sang hydro tại các nhà máy điện tuabin khí trong hệ thống điện Việt Nam trên cơ sở giảm thiểu tác động đến chi phí hệ thống điện, với các nhiệm vụ, mục tiêu cụ thể/ định lượng, phù hợp với điều kiện đặc thù của Việt Nam.

2. Một số khuyến nghị

Dựa trên kết quả nghiên cứu, các khuyến nghị sau được đưa ra:

- Với diễn biến giá hydro xanh như dự kiến trong nghiên cứu này, lộ trình chuyển đổi nhiên liệu từ khí tự nhiên sang hydro

tại các nhà máy điện tuabin khí sử dụng nhiên liệu LNG trong HTĐ Việt Nam giai đoạn 2030 - 2050 nên được xem xét theo cách tiếp cận “thận trọng”, với tốc độ chuyển đổi từ khí tự nhiên sang hydro từ chậm đến trung bình nhằm tối ưu hóa chi phí của hệ thống điện và có độ “dự phòng” về áp dụng tiến bộ công nghệ của thế giới. Trong trường hợp giá hydro xanh trong tương lai cạnh tranh hơn so với dự kiến cùng các điều kiện thuận lợi khác, việc chuyển đổi sớm và nhanh hơn có thể là lựa chọn tốt hơn.

- Từ quan điểm HTĐ, việc áp dụng chuyển đổi với tốc độ chậm đến trung bình từ khí tự nhiên sang hydro trong các nhà máy điện TBK về cơ bản sẽ có lợi hơn so với việc không áp dụng chuyển đổi. Điều này càng đúng hơn nếu xét đến chi phí xã hội của CO₂ trong giai đoạn nghiên cứu. Đối với các nhà máy điện TBK sử dụng LNG sẽ được xây dựng và đưa vào vận hành thời gian tới, do hầu hết đều chưa hết đời sống kinh tế vào năm 2050, việc chuyển đổi nhiên liệu sang hydro sẽ giúp các nhà máy tiếp tục được huy động phát điện lên hệ thống với sản lượng phù hợp, không rơi vào tình cảnh “tài sản mắc kẹt” (stranded assets) khi nhà máy vẫn trong giai đoạn đời sống kinh tế nhưng không được huy động hoặc huy động rất ít, không có hiệu quả khi tiếp tục vận hành.
- Lộ trình chuyển đổi nhiên liệu từ khí tự nhiên sang hydro tại các NMD TBK sẽ phải đối mặt với những thách thức lớn cần giải quyết, đòi hỏi sự nỗ lực to lớn và chung sức của không chỉ ngành điện mà còn các ngành, lĩnh vực khác, bao gồm các nhà hoạch định chính sách, các chủ sở hữu, nhà phát triển dự án và các bên liên quan, như: (1) xây dựng và hoàn thiện hệ thống khung pháp lý và chính sách, cơ chế hỗ trợ và thực thi nhằm

thúc đẩy phát triển NLTT, ứng dụng hydro; (2) các cơ chế, hỗ trợ kỹ thuật/ tài chính và chuyển giao công nghệ để thực hiện việc trang bị thêm/ nâng cấp thiết bị và cơ sở vật chất của các nhà máy điện TBK để có thể tiếp nhận và sử dụng hydro làm nhiên liệu phát điện; và (3) tạo lập và duy trì chuỗi cung ứng hydro xanh trên thị trường đáp ứng nhu cầu chuyển đổi nhiên liệu tại các nhà máy điện nói riêng và cho các mục đích năng lượng khác.

3. Hạn chế của nghiên cứu và đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo

Mặc dù luận án đã có một số đóng góp về mặt khoa học và thực tiễn nhưng vẫn còn một số hạn chế như sau:

Thứ nhất, nghiên cứu dựa trên mô hình quy hoạch dài hạn HTĐ, với giả định các nguồn điện trong hệ thống cạnh tranh “sòng phẳng” dựa trên chi phí sản xuất điện. Mặc dù đây là cách tiếp cận chuẩn và được áp dụng phổ biến trong các mô hình quy hoạch dài hạn, tuy nhiên chưa xét hết được các yếu tố có tính “đặc thù” về đầu tư phát triển và điều độ ngắn hạn trong 1 HTĐ thực tế, chẳng hạn: một nhóm loại hình nguồn điện có thể không phải tham gia cạnh tranh hoàn toàn trong phát điện, hoặc tác động của các giải pháp nâng cao sự ổn định nguồn phát đối với các NMD mặt trời, điện gió khi lắp thêm hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS). Điều này làm giảm bớt phần nào tính thực tiễn của mô hình tính toán.

Thứ hai, một số số liệu về chi phí các loại hình nguồn điện NLTT, nguồn điện năng lượng mới và giá hydro giả thiết trong tính toán, mặc dù đã được nghiên cứu, lựa chọn căn trọng trong QHĐ VIII và đến nay vẫn tỏ ra phù hợp với các nghiên cứu, đánh giá của các tổ chức năng lượng trên thế giới, vẫn có thể có các thay đổi nhanh/ đột biến khác với dự báo, có thể dẫn đến kết quả đầu ra khác đi của mô hình tính toán. Do

vậy, việc cập nhật các dự báo tin cậy mới nhất sẽ rất cần thiết để có được các kết quả tốt nhất.

Thứ ba, việc xây dựng các kịch bản chuyển đổi nhiên liệu từ KTN sang hydro tại nhóm các NMD TBK sử dụng LNG theo các kịch bản tốc độ thâm nhập hydro nhanh, chậm, trung bình mặc dù đã có tính đại diện cho mục tiêu nghiên cứu, tuy nhiên phần nào đó vẫn dựa trên nhận định, đánh giá có tính “chủ quan” của tác giả. Bên cạnh đó, việc giả định hydro (xanh) sẽ trở thành loại nhiên liệu thương mại trong tương lai (tương tự như dầu, khí) cũng là yếu tố có tính bất định, phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Những nghiên cứu tiếp theo, nếu có, có thể xem xét việc tham vấn rộng rãi các chuyên gia, nhà quản lý, nhà nghiên cứu trong lĩnh vực và cập nhật thông tin về tình hình thương mại hóa năng lượng hydro xanh trên thế giới để có thể xác định các kịch bản nghiên cứu một cách khách quan, toàn diện hơn.

Cuối cùng, theo những thông tin gần đây, QHĐ VIII đang được nghiên cứu, điều chỉnh nhằm đáp ứng nhu cầu điện cao hơn trong những năm tới, với quy mô HTĐ năm 2030 có thể cao hơn so với đã phê duyệt. Cùng với đó, dự án nhà máy điện hạt nhân Ninh Thuận với quy mô công suất khoảng 4.000 MW cũng đang được tái triển khai đầu tư. Theo nhận định của tác giả, các điều chỉnh/ thay đổi nêu trên sẽ cơ bản không ảnh hưởng đến sự cần thiết phải phát triển các NMD TBK trong HTĐ Việt Nam đến khoảng năm 2030 (như đã phê duyệt trong QHĐ VIII) cũng như yêu cầu phải chuyển đổi nhiên liệu đối với nhóm các NMD này trong dài hạn, tuy nhiên có thể làm cho quy mô tổng thể và cơ cấu nguồn điện của HTĐ quốc gia đến năm 2050 khác đi đáng kể. Khi đó, các điều chỉnh mang tính chính sách nêu trên cũng cần được phản ánh vào mô hình tính toán của nghiên cứu này để có được kết quả cập nhật, sát với thực tiễn hơn.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CÓ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. Dương Trung Kiên, Vũ Minh Pháp, Đoàn Ngọc Dương (2023), “Nghiên cứu nhu cầu và khả năng chuyển đổi nhiên liệu từ đốt khí sang đốt hydro tại các nhà máy điện tuabin khí ở Việt Nam”, *Tạp chí Công Thương*, số 15, p.p 102-108 (ISSN: 0866-7756)
2. Duong Doan Ngoc, Kien Duong Trung, Phap Vu Minh (2023), “Assessing the Possibility of Hydrogen Application in Vietnam's Energy System Towards Net Zero Emissions by 2050”, *2023 Asia Meeting on Environment and Electrical Engineering (EEE-AM)*. doi:10.1109/EEE-AM58328.2023.10395185.
3. Duong Doan Ngoc, Kien Duong Trung, Phap Vu Minh (2024), “A Power System Study on Hydrogen Conversion Pathways for Gas Turbine Power Plants in Vietnam towards Net Zero Target”, *Energies* 2024, 17, 3335. <https://doi.org/10.3390/en17133335>.
4. Duong Doan Ngoc, Kien Duong Trung, Phap Vu Minh, Thao Nguyen Van (2024), “Assessing factors influencing green hydrogen conversion at Vietnam's gas turbine power plants using combined SWOT-AHP analysis method”, *AIMS Energy*, 12(5): 1054–1074. DOI: 10.3934/energy.2024050.
5. Duong Trung Kien, Vu Minh Phap, Doan Ngoc Duong, Le Tu, Nguyen Thu Huong (2024), “Assessment of Hydrogen Production Potential from Wind power in Vietnam”, *Polityka Energetyczna - Energy Policy Journal*. DOI: 10.33223/epj/191042.

