

PHÁT TRIỂN THỦY ĐIỆN TÍCH NĂNG TẠI VIỆT NAM: THỰC TRẠNG VÀ MỘT SỐ GIẢI PHÁP

Ths. Nguyễn Hải Anh*

Thủy điện tích năng là giải pháp cân bằng phụ tải, hỗ trợ các nhà máy điện khác hoạt động hiệu quả hơn, nhất là trong bối cảnh khủng hoảng năng lượng chưa có dấu hiệu tích cực và mục tiêu Net Zero vào năm 2050 đang đến gần. Những dự án kết hợp thủy điện tích năng (TĐTN) với các dự án điện gió, điện mặt trời có ưu điểm lớn về hiệu suất vận hành chung của tổ hợp. Bài viết khái quát thực trạng hệ thống thủy điện tích năng tại Việt Nam, từ đó, đề xuất một số giải pháp nhằm hoàn thiện hệ thống thủy điện này.

• Từ khóa: thủy điện tích năng, năng lượng tái tạo, điện mặt trời.

Pumped-storage hydropower (PSH) serves as a critical solution for load balancing, enhancing the operational efficiency of other power plants, especially in the context of ongoing energy crises and the approaching Net Zero target by 2050. Projects that integrate PSH with wind and solar power systems offer significant advantages in terms of overall operational efficiency. The article provides an overview of the current status of pumped-storage hydropower systems in Viet Nam and proposes several solutions to improve and optimize their development.

• Key words: pumped-storage hydropower, renewable energy, solar power.

JEL codes: Q42, Q43

Ngày nhận bài: 13/6/2025

Ngày gửi phản biện: 20/6/2025

Ngày chấp nhận đăng: 29/8/2025

DOI: <https://doi.org/10.71374/jfarv.v25.i297.21>

Đặt vấn đề

Việt Nam đang chuyển dịch mạnh mẽ từ các nguồn năng lượng hóa thạch sang năng lượng tái tạo nhằm đáp ứng nhu cầu điện ngày càng tăng, đồng thời thực hiện cam kết giảm phát thải khí nhà kính theo Thỏa thuận Paris và cam kết Net Zero vào năm 2050. Trong bối cảnh này, TĐTN nổi lên như một giải pháp tối ưu giúp đảm bảo tính ổn định của hệ thống điện, hỗ trợ các nguồn năng lượng tái tạo khác, như: điện mặt trời và điện gió, đồng thời góp phần nâng cao an ninh năng lượng quốc gia.

Nguyên lý hoạt động và lợi ích của hệ thống thủy điện tích năng

Nguyên lý hoạt động

TĐTN được ví như “bình ắc quy” của hệ thống điện, được “sạc đầy” ở khoảng thời gian nhu cầu điện thấp, (vào ban đêm - khi nhu cầu phụ tải thấp nhất, hoặc lúc thấp điểm trưa - khi bức xạ mặt trời lớn nhất); và mang ra dùng vào các thời điểm có nhu cầu điện cao.

Mô hình của TĐTN gồm 2 hồ chứa nước ở 2 cao độ khác nhau và 1 nhà máy thủy điện với tua bin thuận nghịch nằm ở gần hồ chứa bên dưới, nối với hồ chứa bên trên bằng đường ống áp lực. Hồ trên cao có thể là hồ tự nhiên (ví dụ hồ nước, thung lũng kín tự nhiên), hoặc hồ nhân tạo; còn hồ dưới thường là hồ chứa được tạo bởi một đập không lớn lắm, đập chắn ngang con suối hay sông nhỏ. Cụm máy bơm - tua bin/động cơ - máy phát điện đảo chiều có thể hoạt động như cả máy bơm và tua bin.

TĐTN hoạt động dựa trên nguyên lý bơm nước từ hồ thấp lên hồ cao vào thời điểm thừa điện (chẳng hạn khi điện mặt trời hoặc điện gió sản xuất vượt nhu cầu tiêu thụ). Khi cần điện (đặc biệt vào giờ cao điểm), nước từ hồ trên được xả xuống hồ dưới, làm quay tua-bin để phát điện. Cơ chế này giúp lưu trữ năng lượng một cách hiệu quả và điều tiết công suất cho hệ thống điện quốc gia. So với các nguồn năng lượng tái tạo khác, TĐTN có hiệu suất chuyển đổi năng lượng cao hơn đáng kể, đạt từ 70-85%, trong khi điện mặt trời chỉ đạt 15-22%, điện gió từ 30-45% và điện sinh khối dao động từ 20%-25% (IRENA, 2021). Điều này có nghĩa là mỗi đơn vị điện được lưu trữ bằng TĐTN có mức thất thoát năng lượng thấp hơn so với các công nghệ lưu trữ khác như pin lithium (hiệu suất chỉ khoảng 80-90% và có chi phí cao hơn đáng kể). Ngoài ra, TĐTN không chịu sự suy giảm hiệu suất theo thời gian như pin lưu trữ, vốn có tuổi thọ từ 10-15 năm trước khi cần thay thế. Một điểm đáng chú ý khác là TĐTN không chỉ đóng vai trò như một hệ thống lưu trữ mà còn có thể tích hợp trực tiếp vào hệ

* Trường Đại học Kinh tế, Đại học Quốc gia Hà Nội; email: pema.haianh181@gmail.com

thống điều tiết tần số và điện áp của lưới điện, giúp cải thiện độ tin cậy và ổn định của hệ thống. Điều này đặc biệt quan trọng đối với lưới điện có tỷ trọng năng lượng tái tạo cao, nơi sản lượng điện có thể biến động đáng kể theo điều kiện thời tiết. Nhờ vào khả năng vận hành nhanh chóng, một hệ thống TĐTN có thể chuyển đổi từ chế độ bơm sang chế độ phát điện chỉ trong vài phút, đáp ứng nhanh nhu cầu điện đột biến hoặc hỗ trợ hệ thống khi có sự cố mất cân bằng nguồn cung.

Lợi ích của hệ thống thủy điện tích năng

Tính ổn định cao và vai trò điều tiết công suất

Một trong những nhược điểm lớn nhất của năng lượng mặt trời và gió là sự phụ thuộc vào điều kiện thời tiết. Điện mặt trời không thể sản xuất vào ban đêm, còn điện gió biến động theo tốc độ gió, gây ra tình trạng dư thừa điện vào một số thời điểm và thiếu hụt vào những thời điểm khác. Trong khi đó, TĐTN hoạt động như một bộ điều tiết năng lượng, giúp lưu trữ điện vào những thời điểm thừa nguồn cung và cung cấp điện vào giờ cao điểm. Điều này giúp giảm áp lực lên hệ thống điện và hạn chế tình trạng quá tải lưới truyền tải do sản lượng điện tái tạo biến động. TĐTN có tính ổn định cao hơn hẳn so với các nguồn năng lượng tái tạo khác, đặc biệt là khi so sánh với điện mặt trời và điện gió vốn không thể kiểm soát được sản lượng phát điện theo nhu cầu. Trong khi đó, nhiệt điện sinh khối có thể vận hành liên tục nhưng lại bị giới hạn bởi nguồn cung cấp nguyên liệu, vốn phụ thuộc vào mùa vụ và hệ thống logistics. Điều này khiến TĐTN trở thành giải pháp lý tưởng để hỗ trợ tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo khác vào hệ thống điện quốc gia. Ngoài ra, do khả năng phản hồi nhanh và linh hoạt, TĐTN có thể giúp ổn định tần số lưới điện khi có sự cố hoặc biến động đột ngột về cung – cầu điện năng. Điều này đặc biệt quan trọng trong bối cảnh Việt Nam đang gia tăng tỷ trọng năng lượng tái tạo trong cơ cấu nguồn điện quốc gia. Bằng cách vận hành theo cơ chế “sạc” và “xả” linh hoạt, các nhà máy TĐTN có thể giúp giảm nhu cầu sử dụng các nguồn điện chạy nền có phát thải cao như nhiệt điện than hoặc nhiệt điện khí, từ đó góp phần giảm lượng khí thải nhà kính và tiến gần hơn đến mục tiêu phát thải ròng bằng 0.

Tuổi thọ dài và chi phí vận hành thấp

Một lợi thế lớn của TĐTN so với các nguồn năng lượng khác là tuổi thọ dài. Theo nghiên cứu của Blakers và cộng sự (2021), một nhà máy TĐTN có thể vận hành từ 50-100 năm, cao hơn nhiều so với tuổi thọ của các hệ thống điện mặt trời (20-25 năm) hay điện gió (20-25 năm). Hơn nữa, chi phí vận hành và bảo trì của TĐTN rất thấp vì không tiêu thụ nhiên liệu và không có các bộ phận cơ khí dễ bị hao mòn

như trong tua-bin gió hoặc động cơ đốt trong của nhiệt điện sinh khối. Điều này giúp TĐTN có tổng chi phí vòng đời thấp hơn so với các hệ thống lưu trữ khác. Mặc dù chi phí đầu tư ban đầu của TĐTN dao động từ 1.500-2.500 USD/kW, tương đương với nhiệt điện sinh khối và cao hơn một chút so với điện mặt trời hoặc điện gió trên bờ, nhưng lợi thế về tuổi thọ dài và chi phí vận hành thấp khiến tổng chi phí vòng đời của TĐTN hấp dẫn hơn nhiều so với các giải pháp lưu trữ khác như pin lithium-ion, vốn có chi phí cao hơn và vòng đời ngắn hơn. Hơn nữa, việc triển khai các nhà máy TĐTN còn mang lại lợi ích về mặt hạ tầng điện lực. Do có khả năng lưu trữ năng lượng và phát điện theo nhu cầu, TĐTN giúp giảm tải cho lưới điện vào giờ cao điểm, kéo dài tuổi thọ của hệ thống truyền tải và phân phối điện. Điều này đồng nghĩa với việc giảm nhu cầu đầu tư vào mở rộng lưới điện, tối ưu hóa chi phí vận hành hệ thống điện quốc gia. Ngoài ra, do không sử dụng nhiên liệu hóa thạch, TĐTN không chịu ảnh hưởng từ biến động giá nhiên liệu trên thị trường toàn cầu, mang lại sự ổn định về giá điện trong dài hạn.

Khả năng tích hợp vào hệ thống điện và hỗ trợ mục tiêu Net Zero

Một trong những yếu tố quan trọng giúp TĐTN trở thành lựa chọn tối ưu trong chiến lược năng lượng quốc gia là khả năng hỗ trợ hệ thống điện phi tập trung dựa trên năng lượng tái tạo. Với việc Việt Nam đang đặt mục tiêu tăng công suất điện mặt trời lên 50.000 MW và điện gió lên 70.000 MW vào năm 2050 (Quy hoạch Điện VIII, 2023), nhu cầu về một hệ thống lưu trữ và điều tiết điện năng như TĐTN trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết. Bên cạnh đó, TĐTN giúp giảm phụ thuộc vào nhiệt điện than và khí đốt tự nhiên, vốn là những nguồn phát thải khí nhà kính lớn. Theo IEA (2022), mỗi MWh điện sản xuất từ nhiệt điện than thải ra khoảng 820 g CO₂, trong khi TĐTN không phát thải khí nhà kính trong quá trình vận hành. Việc mở rộng các nhà máy TĐTN tại Việt Nam không chỉ giúp giảm phát thải CO₂ mà còn hỗ trợ việc thực hiện các cam kết quốc tế về môi trường và đạt được mục tiêu trung hòa carbon vào năm 2050.

Tiềm năng phát triển TĐTN tại Việt Nam và một số thách thức đặt ra

Mặc dù TĐTN yêu cầu điều kiện địa hình đặc biệt với độ chênh cao lớn, nhưng Việt Nam vẫn có nhiều khu vực phù hợp để phát triển loại hình này. Theo nghiên cứu của EVN, các tỉnh miền núi như Sơn La, Lai Châu, Lâm Đồng và Ninh Thuận có tiềm năng lớn để xây dựng các nhà máy TĐTN nhờ vào hệ thống hồ chứa hiện có và điều kiện địa hình thuận lợi (EVN, 2023). Hiện nay, Nhà máy TĐTN Bác Ái (Ninh Thuận) - dự án TĐTN đầu tiên của Việt Nam với công

suất 1.200 MW đang được triển khai và dự kiến sẽ trở thành mô hình tiên phong cho các dự án TĐTN trong tương lai. Bên cạnh đó, việc kết hợp TĐTN với các nguồn điện tái tạo sẽ giúp tối ưu hóa hệ thống năng lượng quốc gia. Các khu vực có tiềm năng điện mặt trời cao như Bình Thuận, Ninh Thuận có thể được tích hợp với TĐTN để lưu trữ điện vào ban ngày và phát điện vào ban đêm, giúp cân bằng cung cầu điện năng. Ngoài ra, với tuổi thọ từ 50-100 năm và chi phí vận hành thấp, TĐTN mang lại lợi ích kinh tế vượt trội so với các hệ thống lưu trữ khác như pin lithium-ion, vốn có vòng đời chỉ từ 10-15 năm (IRENA, 2021).

Dù có nhiều ưu điểm, việc triển khai TĐTN tại Việt Nam vẫn gặp một số thách thức đáng kể, đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa Chính phủ, doanh nghiệp và các tổ chức tài chính để vượt qua.

Thứ nhất, một trong những trở ngại lớn nhất là yêu cầu về địa hình. TĐTN cần sự chênh lệch cao độ đáng kể giữa hai hồ chứa để đảm bảo hiệu suất vận hành tối ưu. Điều này khiến việc lựa chọn địa điểm xây dựng trở nên hạn chế, chủ yếu tập trung ở các tỉnh miền núi, như: Sơn La, Lai Châu, Lâm Đồng và Ninh Thuận - những khu vực có địa hình phù hợp nhưng lại gặp nhiều khó khăn về cơ sở hạ tầng. Việc xây dựng một hệ thống đường giao thông, trạm biến áp và hệ thống truyền tải điện đồng bộ để kết nối các nhà máy TĐTN với lưới điện quốc gia cũng đòi hỏi nguồn vốn lớn và thời gian dài để hoàn thành.

Thứ hai, vấn đề giải phóng mặt bằng và di dời dân cư tại các khu vực xây dựng hồ chứa cũng có thể gây ra những tác động xã hội, đòi hỏi các chính sách đền bù và hỗ trợ hợp lý để đảm bảo sự đồng thuận của cộng đồng địa phương.

Thứ ba, thời gian triển khai dự án TĐTN thường rất dài, kéo dài từ 7-10 năm, cao hơn nhiều so với các dự án năng lượng tái tạo khác như điện mặt trời hay điện gió (chỉ mất từ 1-3 năm). Điều này phần lớn là do quy trình đánh giá tác động môi trường, khảo sát địa hình, thiết kế kỹ thuật, thu xếp tài chính và xây dựng công trình đòi hỏi mức độ chính xác cao. Ngoài ra, do đặc thù về mặt kỹ thuật, quá trình thi công các nhà máy TĐTN thường phức tạp hơn nhiều so với các loại hình điện tái tạo khác. Việc đào hầm dẫn nước, xây dựng hồ chứa, lắp đặt hệ thống bơm - phát và kết nối với hệ thống truyền tải điện quốc gia đều cần nguồn nhân lực chất lượng cao, thiết bị chuyên dụng và sự giám sát chặt chẽ để đảm bảo công trình có thể vận hành an toàn, hiệu quả trong hàng chục năm. Điều này đặt ra bài toán lớn về năng lực thi công cũng như sự sẵn sàng của các nhà thầu trong nước đối với loại hình công trình này.

Thứ tư, chi phí đầu tư ban đầu của TĐTN cũng là một thách thức không nhỏ. Chi phí xây dựng một

nhà máy TĐTN dao động từ 1.500-2.500 USD/kW (IEA, 2023), tương đương hoặc cao hơn so với điện gió ngoài khơi và cao hơn đáng kể so với điện mặt trời (khoảng 700-1.000 USD/kW). Mặc dù chi phí vận hành và bảo trì sau khi đi vào hoạt động thấp hơn so với các hệ thống lưu trữ khác, nhưng tổng mức đầu tư lớn có thể làm giảm khả năng thu hút nguồn vốn từ khu vực tư nhân. Bên cạnh đó, do thời gian hoàn vốn dài, các nhà đầu tư có thể gặp khó khăn trong việc thu hút các khoản vay ưu đãi từ các tổ chức tài chính trong nước và quốc tế.

Thứ năm, thách thức về công nghệ cũng đang đặt ra đối với sự phát triển của TĐTN. Việt Nam có nhiều kinh nghiệm khảo sát, thiết kế và xây dựng thủy điện thông thường, nhưng với TĐTN thì phần thiết bị cơ điện (tua bin thuận nghịch, máy phát - động cơ) phải nhập khẩu hoàn toàn theo dạng trọn gói từ các nhà sản xuất nước ngoài. Điều này làm tăng chi phí và phụ thuộc vào tiến độ cung ứng quốc tế.

Thứ sáu, thách thức về môi trường - xã hội: Tác động môi trường của TĐTN phụ thuộc vào vị trí xây dựng. Nếu chọn được địa hình có độ chênh cao 500-1.000 m thì diện tích hồ trên và hồ dưới không cần lớn, từ đó giảm diện tích chiếm đất, giảm nhu cầu tái định cư và hạn chế tác động xã hội. Tuy nhiên, nhiều vị trí tiềm năng có thể nằm trong vùng rừng cần bảo vệ, dẫn đến thách thức trong công tác đền bù và bảo tồn. Các vấn đề liên quan đến đền bù giải phóng mặt bằng, tái định cư và bảo vệ môi trường cần được giải quyết kịp thời để tránh những tranh cãi và phản đối từ xã hội.

Một số đề xuất trong thời gian tới

Nhằm hóa giải những thách thức nói trên, để phát triển thủy điện tích năng tại Việt Nam, theo tác giả, cần thực hiện một số giải pháp sau:

Một là, nâng cao chất lượng điện. Các nguồn phát điện chủ yếu hiện nay trong HTĐ Việt Nam từ các nhà máy nhiệt điện than, khí và các nhà máy thủy điện. Các nhà máy nhiệt điện than sẽ được xây dựng thêm, nguồn than nội địa sẽ dần cạn kiệt, buộc phải nhập khẩu. Các nhà máy nhiệt điện khác như LNG cũng trong hoàn cảnh tương tự. Xem xét một cách tổng thể, năng lượng điện của Việt Nam trong tương lai sẽ phụ thuộc nhiều vào nhập khẩu nhiên liệu. Trong khi đó, đối với thủy điện, nếu được chú trọng đầu tư khai thác sẽ trở thành nguồn năng lượng quan trọng cung cấp điện cho cả hệ thống. Vì vậy, cần chú trọng nâng cao giá trị công suất khả dụng, khả năng tham gia phủ đỉnh hoặc hỗ trợ hệ thống điện một cách nhanh nhất với tư cách nguồn dự trữ với khả năng linh hoạt mang tải cao nhất.

Hai là, thay đổi cơ cấu nguồn cung cấp điện - thay đổi mang tính cách mạng đòi hỏi những thay

đổi trong chính sách. Hiện nay, các nhà máy thủy điện đang khai thác theo chỉ tiêu kinh tế của những năm trước đây, với số giờ sử dụng công suất khoảng 4.000h/năm. Chỉ số này đến nay không còn phù hợp, do cơ cấu nguồn điện và giá thành điện năng trong hệ thống điện đã thay đổi. Theo đó, kinh nghiệm từ các quốc gia phát triển trên thế giới cho thấy, số giờ khai thác kinh tế cho thủy điện vào khoảng từ 2.500-3.000h/năm tùy thuộc vào tính chất và cơ cấu nguồn điện. Trên cơ sở cơ cấu nguồn điện đến năm 2030 của Việt Nam, thủy điện chỉ chiếm tỷ trọng gần 20% trong hệ thống điện. Như vậy, các nhà máy thủy điện ngày càng chuyển dịch thời gian vận hành vào đỉnh của biểu đồ phụ tải (giảm thời gian chạy, tăng công suất) để phát huy lợi thế, còn các nguồn nhiệt điện sẽ đảm nhận phần chạy đáy.

Vì vậy, số giờ sử dụng công suất của thủy điện có xu hướng giảm đến 2000h/năm tương đương với số giờ đỉnh phụ tải bình quân trong năm. Việc đầu tư mở rộng một số nhà máy thủy điện nếu thuận lợi, sẽ cho phép cung cấp bổ sung công suất phù hợp cho hệ thống điện, đạt mức hợp lý trong việc sử dụng tài nguyên năng lượng tái tạo hiện có của Việt Nam.

Mặt khác khi mở rộng, các nhà máy thủy điện cũng cung cấp thêm một phần năng lượng đáng kể và nâng cao chất lượng điện cho hệ thống điện. Đối với tác động môi trường, các dự án thủy điện mở rộng không làm tăng tác động xấu hoặc tăng không đáng kể (chủ yếu là hoạt động xây dựng tạm thời), hạn chế được việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch trong hệ thống điện.

Để phát huy hiệu quả khi mở rộng các nhà máy thủy điện hiện có, cần có hành lang pháp lý về giá điện cho giờ cao điểm, thấp điểm đối với các thủy điện lớn (do Bộ Công Thương ban hành) phù hợp, đảm bảo tính khả thi của dự án. Ngoài ra, để đáp ứng mức độ tham gia nhanh của điện gió và điện mặt trời, các Nhà máy Thủy điện cần sớm nghiên cứu phương án mở rộng, khi có hành lang pháp lý (giá điện) có thể triển khai được ngay.

Dự án TĐTN Bắc Ái có vai trò quan trọng trong HTĐ quốc gia, có nhiệm vụ phát điện phù hợp, dự phòng công suất phát, giúp ổn định hệ thống, điều chỉnh tần số, là công cụ giúp điều độ HTĐ quốc gia vận hành ổn định, an toàn tin cậy trong bối cảnh hệ thống công suất lắp đặt của các Nhà máy điện mặt trời đang tăng rất cao. Đây là một trong những thay đổi lớn trong chính sách thay đổi cách tiếp cận: Nhà máy thủy điện lớn 1.200 MW nhưng nhiệm vụ chính không phải là phụ trách phần nền hay phần lưng của đồ thị phụ tải mà là đỉnh.

Ba là, có chính sách giá phù hợp: đặc biệt đảm bảo mức chênh lệch hợp lý giữa giá mua điện lúc thấp điểm và giá bán điện lúc cao điểm. Cần có những

chính sách phù hợp và kịp thời mới đảm bảo phát triển. Bởi nguyên tắc nhà máy TĐTN mua điện giá rẻ khi hệ thống thừa điện và bán điện giá cao khi phủ đỉnh thì hoạt động mới hiệu quả, trong khi giá FIT điện mặt trời mà EVN đang mua là 7,09 US\$/kWh (với điện mặt trời mặt đất); 7,69 US\$/kWh (đối với điện mặt trời nổi) và 8,38 US\$/kWh (với điện mặt trời trên mái nhà) theo Quyết định số 13/2020/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ.

Ngoài ra, cần cân nhắc kỹ lưỡng, xem xét đầy đủ đến hiệu quả chung của cả hệ thống, hiệu quả đối với nhà đầu tư NLTT và nhà đầu tư nhà máy TĐTN và cả lợi ích của người tiêu dùng cuối cùng.

Bốn là, Chính phủ Việt Nam cần có những chính sách hỗ trợ cụ thể như ưu đãi thuế, trợ giá điện, hoặc thiết lập cơ chế hợp tác công tư (PPP) để khuyến khích các doanh nghiệp tham gia đầu tư vào loại hình này. Ngoài ra, TĐTN cũng cần một hệ thống quản lý vận hành tối ưu để phát huy hết tiềm năng của nó. Mặc dù có khả năng lưu trữ năng lượng hiệu quả và điều tiết công suất linh hoạt, nhưng nếu không có một chiến lược vận hành hợp lý, hiệu suất của hệ thống có thể bị suy giảm, dẫn đến lãng phí tài nguyên. Điều này đòi hỏi sự đầu tư vào công nghệ giám sát, điều khiển tự động và hệ thống quản lý thông minh để tối ưu hóa việc nạp và xả năng lượng theo nhu cầu thực tế của lưới điện. Việc tích hợp TĐTN với các nguồn năng lượng tái tạo khác như điện mặt trời, điện gió cũng cần được nghiên cứu kỹ lưỡng để đảm bảo sự phối hợp hiệu quả, tránh tình trạng dư thừa hoặc thiếu hụt công suất vào các thời điểm quan trọng.

Kết luận: Việt Nam, với sự phát triển mạnh mẽ của các nguồn năng lượng tái tạo (như điện gió, mặt trời) đang phải đối mặt với những thách thức lớn về việc duy trì sự ổn định của hệ thống điện quốc gia. TĐTN đã và đang nổi lên như một giải pháp hiệu quả để lưu trữ năng lượng và đảm bảo cung cấp điện ổn định, đặc biệt trong bối cảnh các nguồn năng lượng tái tạo vẫn chưa ổn định hoàn toàn. Tuy nhiên, phát triển thủy điện tích năng ở Việt Nam cũng đang đặt ra một số khó khăn, thách thức liên quan đến công nghệ, chi phí đầu tư và các yếu tố xã hội, môi trường. Vì vậy, việc thực hiện các giải pháp then chốt sẽ giúp phát triển mạnh mẽ ngành TĐTN, từ đó đóng góp vào việc ổn định hệ thống điện quốc gia và đảm bảo an ninh năng lượng bền vững./.

Tài liệu tham khảo:

Andrew Blakers, Matthew Stocks, Bin Lu and Cheng Cheng (2021). A review of pumped hydro energy storage, *Progress in Energy*, Volume 3, Number 2.

IEA (2022). Executive summary

IEA (2023). Photovoltaic power systems programme annual report 2022.

IRENA (2021). 2021 Hydropower Status Report.

Thủ tướng Chính phủ (2023). Quyết định 500/QĐ-TTg ngày 15/5/2023 phê duyệt Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

Thủ tướng Chính phủ (2020). Quyết định số 13/2020/QĐ-TTg ngày 06/4/2020 về cơ chế khuyến khích phát triển điện mặt trời tại Việt Nam.