

THỦY ĐIỆN TÍCH NĂNG GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ THỪA, THIẾU TRONG BIỂU ĐỒ PHỤ TẢI HỆ THỐNG ĐIỆN

Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của các dạng năng lượng tái tạo tiên tiến khác, hiện nay trên thế giới đã hình thành nên một xu hướng khá phổ biến là kết hợp thủy điện tích năng với các dự án điện gió, điện mặt trời. Những dự án kết hợp như vậy có ưu điểm lớn về hiệu suất vận hành chung của tổ hợp, bởi thủy điện tích năng có thể tận dụng tối đa các nguồn năng lượng có tính thay đổi, khó dự đoán như điện gió, điện mặt trời, trong khi những nhà máy điện gió, điện mặt trời lại có thể cung cấp năng lượng cho thủy điện tích năng tích nước ở nhiều thời gian trong ngày.

Như chúng ta đều biết, biểu đồ phụ tải ngày đêm của hệ thống điện (HTĐ) có đặc điểm là không đồng đều. Lấy ví dụ biểu đồ phụ tải hệ thống điện quốc gia ngày 30/12/2020 (hình 1). Đây là năm mà kỷ lục lắp đặt điện mặt trời được xác lập, tính đến cuối năm 2020, công suất điện mặt trời trên cả nước đã đạt khoảng 19.400 MWp, tương ứng khoảng 16.500 MWac - chiếm gần 24% tổng công suất nguồn điện. Toàn bộ sản lượng điện phát từ điện mặt trời trên toàn quốc trong cả năm 2020 là 10,6 tỉ kWh, chiếm khoảng 4,3% tổng sản lượng điện toàn quốc.

Phân tích từ hình dạng biểu đồ phụ tải đó có thể nhận thấy một số đặc điểm của vận hành hệ thống, đó là có thời điểm xảy ra hiện tượng thừa công suất vào giờ thấp điểm trưa khoảng từ 10h-14h do lúc này phụ tải xuống thấp, nhưng bức xạ mặt trời lại tốt nhất trong ngày. Mặt khác, vào giờ cao điểm tối (khoảng từ 17h30-18h30) là thời điểm mà nhu cầu tiêu thụ điện cao nhất

trong ngày, hệ thống điện cần một lượng công suất phát điện khá lớn thì lúc này khả năng đáp ứng của hàng chục nghìn MW điện mặt trời hầu như không còn.

Bên cạnh hiện tượng chênh lệch về công suất phụ tải ở các thời điểm trong ngày, thì nhu cầu phụ tải giữa ngày làm việc và ngày nghỉ cũng có sự chênh lệch khá lớn. Việc san bằng biểu đồ phụ tải có thể thực hiện được bằng tác động về kinh tế (thông qua các biểu giá sử dụng điện giờ cao điểm, giờ thấp điểm) đối với người tiêu thụ, hoặc nhờ sử dụng các bộ phận tích trữ năng lượng. Vì vậy, để đảm bảo cung cấp điện, hệ thống điện luôn cần phải duy trì sẵn sàng một số tổ máy phát điện truyền thống có khả năng linh hoạt khi có nhu cầu phụ đỉnh.

Hiện có những bộ phận tích trữ năng lượng thuộc các kiểu khác nhau: Cơ học, hoá học, điện từ... chúng được đặc trưng bởi số lượng năng lượng tích trữ được, thời gian trữ năng lượng, dung lượng riêng

của năng lượng, suất đầu tư, suất chi phí vận hành, hiệu suất và tính linh hoạt. Tuy nhiên, cho đến nay trong các HTĐ để làm các bộ phận tích trữ năng lượng lớn người ta thường xây dựng, sử dụng các nhà máy thủy điện và các nhà máy thủy điện tích năng (TĐTĐN).

TĐTĐN có thể cung cấp năng lượng cân bằng, ổn định, dung lượng lưu trữ và các dịch vụ lưới điện phụ trợ (điều khiển tần số mạng và dự trữ). Các TĐTĐN cũng cung cấp các lợi ích phụ trợ như khả năng làm cứng và dự trữ (cả tăng và giảm) công suất phản kháng, khả năng khởi động và dự trữ. Ở chế độ phát điện, tua bin - máy phát điện có thể phản ứng rất nhanh với độ lệch tần số giống như các máy phát điện của thủy điện thông thường có thể, do đó làm tăng thêm sự cân bằng và ổn định tổng thể của lưới điện. Ở cả chế độ tua bin và máy bơm, kích từ máy phát - động cơ có thể thay đổi để góp phần vào tải công suất phản kháng và ổn định điện áp.

Khái niệm cơ bản về nhà máy thủy điện tích năng

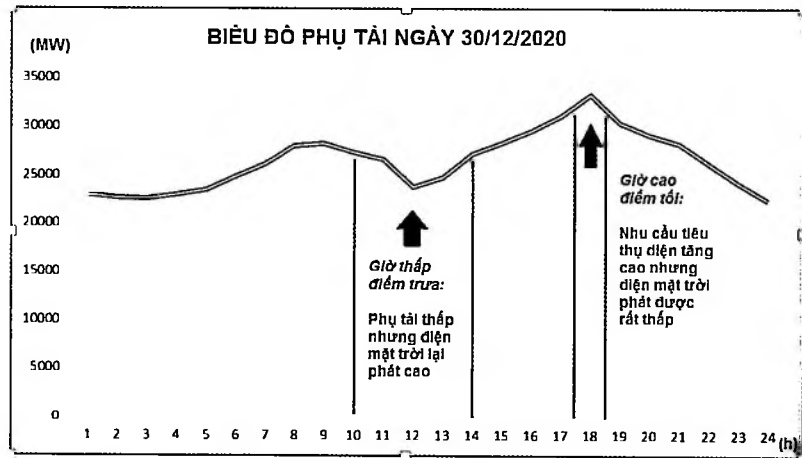
Vậy thế nào là nhà máy thủy điện tích năng? Nhà máy thủy điện tích năng là một dạng “hộ tiêu thụ điện đặc biệt”: Công dụng chính là tích lũy năng lượng để bổ sung cho hệ thống vào những lúc cần thiết. Nó được ví như “bình ắc quy” của hệ thống điện, được “xạc đầy” ở khoảng thời gian nhu cầu điện thấp, và mang ra dùng vào các thời điểm có nhu cầu điện cao. Thời gian tích năng lượng thích hợp là khi phụ tải ở thấp điểm (vào ban đêm - khi nhu cầu phụ tải thấp nhất, hoặc lúc thấp điểm trưa - khi bức xạ mặt trời lớn nhất).

Mô hình của thủy điện tích năng gồm 2 hồ chứa nước ở hai 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.

Thủy điện tích năng vận hành dựa trên nguyên tắc cân bằng nhu cầu phụ tải của hệ thống điện. Trong giờ cao điểm, khi nhu cầu dùng điện cao, TĐTN vận hành như nhà máy thủy điện bình thường bằng cách lấy nước từ hồ chứa bên trên, chảy qua đường ống áp lực, làm quay tua bin để phát điện lên hệ thống, nước xả xuống hồ dưới. Vào giờ thấp điểm, phụ tải thừa thì lúc này TĐTN làm việc như một trạm bơm, dùng điện bơm nước từ hồ dưới ngược lên hồ trên. Chu trình cứ lặp đi, lặp lại trong vòng đời của nó.

Mô hình hoạt động của nhà máy thủy điện tích năng nêu ở hình 2:

Như vậy, chúng ta có thể hiểu rằng: Nhà máy thủy điện tích năng không sản xuất thêm điện năng mà chỉ góp phần điều hòa lượng điện theo sự thay đổi nhu cầu sử dụng điện (phụ tải) trong ngày giữa lúc cao điểm (thường là ban ngày và buổi tối) và lúc thấp điểm (thường là ban đêm, hoặc cuối tuần khi nhu cầu điện thấp hơn), khi có điện mặt trời nổi lưới thì hiện tượng thừa điện lại



Hình 1. Biểu đồ phụ tải hệ thống điện quốc gia ngày 30/12/2020. Nguồn: EVN.

xảy ra vào khoảng 10-14 giờ trong ngày lúc lượng bức xạ mặt trời lớn nhất (như mô tả ở hình 1).

Các công trình thủy công của TĐTN gồm hai hồ chứa: Hồ trên cao (tích trữ nước) và hồ dưới (cung cấp nước) đặt ở các mức chênh lệch cột nước và được nối lại bằng hệ thống 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, đắp chắn ngang con suối hay sông nhỏ. TĐTN với các tổ máy thủy lực được đặt ở gần hồ dưới. Cụm máy bơm - tua bin/động cơ - máy phát điện đảo chiều có thể hoạt động như cả máy bơm và tua bin.

Đương nhiên, quá trình tích năng nhờ bơm rồi phát điện trở lại sẽ gây tổn thất năng lượng, hiệu suất thông thường đạt chừng 70% đầu vào. Tuy nhiên, theo tính toán về kinh tế thì giá điện năng vào giờ thấp điểm rẻ và giá điện năng đắt hơn vào cao điểm sẽ giải quyết vấn đề hiệu quả, song tác dụng việc điều hòa nguồn điện mang lại lợi ích lớn.

Có thể nói, TĐTN làm nhiệm vụ “phù đỉnh - điền đáy” làm san bằng hơn biểu đồ phụ tải, hỗ trợ các nhà máy điện khác hoạt động hiệu quả hơn, khi chúng không phải giảm công suất phát điện quá thấp vào

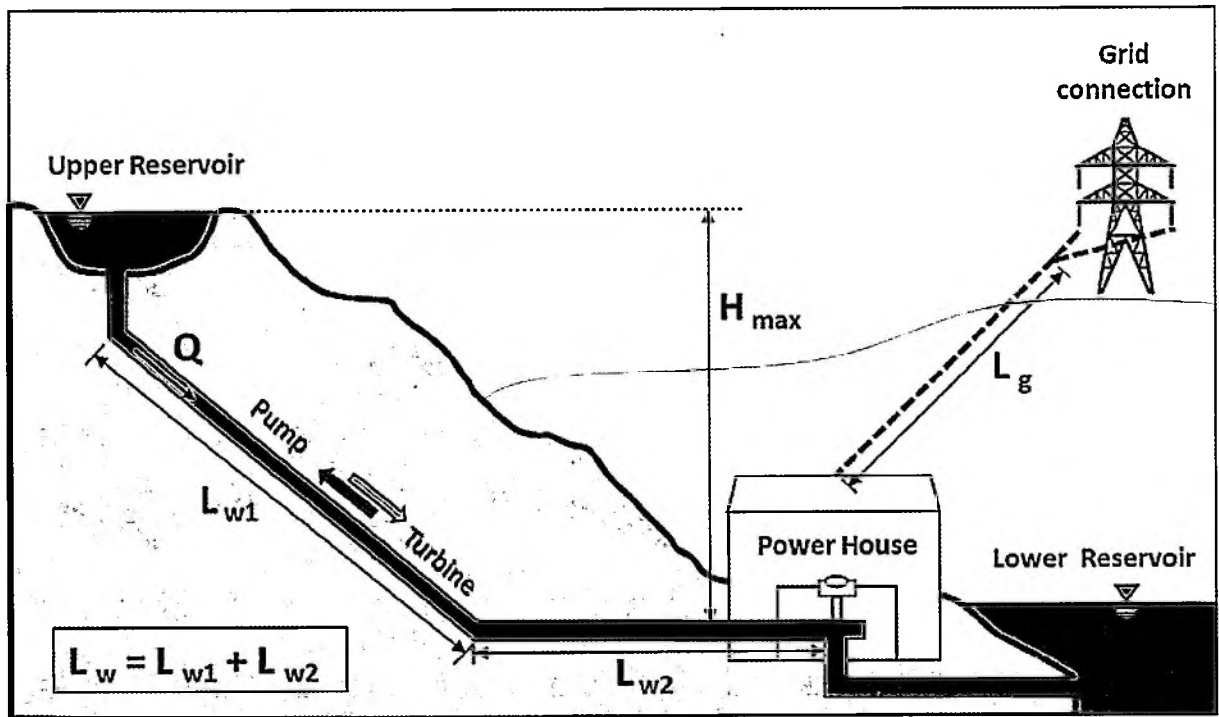
ban đêm, cuối tuần, hoặc khi bức xạ mặt trời lớn nhất.

Với thủy điện tích năng, các hồ chứa chỉ cần tích nước đủ cho việc sử dụng trong 5 - 7 giờ/ngày, nên chỉ cần diện tích lưu vực nhỏ (trên dưới 1 km²) và nếu chọn được nơi có địa hình thích hợp, mức chênh lệch độ cao giữa hai hồ càng lớn (ví dụ H_{max}=500-1000m) thì dung tích hồ chứa không cần lớn, giảm thiểu tác động đến môi trường tự nhiên và sinh thái trong xây dựng nhà máy.

Hơn nữa, sau khi chứa đủ nước rồi thì lượng nước đó cứ lên xuống tuần hoàn giữa hai hồ, dòng chảy của sông sau đó vẫn bình thường như trước khi có nhà máy. Hợp lý nhất là ưu tiên chọn xây dựng TĐTN gần những trung tâm tiêu thụ điện lớn, vì sẽ giảm khối lượng xây dựng các đường dây truyền tải đến TĐTN để sử dụng điện năng của chúng trong thời gian ngắn.

Lịch sử phát triển thủy điện tích năng trên thế giới

TĐTN đầu tiên trên thế giới được xây tại Zurich - Thụy sĩ năm 1882 có công suất 515 kW, cho đến nay đã có trên 139 năm lịch sử, nhưng phải đến những năm 60 của thế kỷ XX mới bắt đầu phát triển nhanh chóng công nghệ này. Các NMTĐTN đã cung cấp khả năng lưu trữ năng lượng và các lợi ích phụ

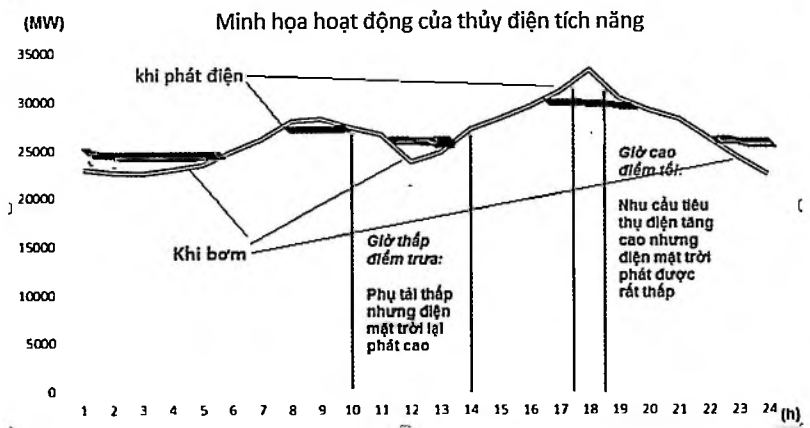


Hình 2. Mô hình hoạt động thủy điện tích năng.

trợ cho lưới điện truyền tải ở Hoa Kỳ và châu Âu bắt đầu từ những năm 1920.

Theo thống kê của Hội liên hiệp Dự trữ Năng lượng (Energy Storage Association), thì 43 nhà máy TĐTN đang hoạt động ở Hoa Kỳ cung cấp khoảng 23 GW (tính đến năm 2017), tương đương gần 2%, công suất của hệ thống cung cấp điện. Trong thời gian gần đây, thủy điện tích năng phát triển đặc biệt mạnh ở châu Á, với các nhà máy công suất lớn lần lượt được xây dựng ở những quốc gia như: Nhật Bản, Trung Quốc, Đài Loan, Hàn Quốc, Ấn Độ... Nhật Bản là quốc gia có tốc độ phát triển thủy điện tích năng rất cao, hiện đã vượt qua Mỹ, trở thành quốc gia có sản lượng điện sản xuất từ thủy điện tích năng lớn nhất thế giới, với tổng công suất 25,5 GW, tương đương 10% công suất của HTĐ.

Nhà máy thủy điện tích năng công suất lớn nhất thế giới hiện nay là nhà máy Bath County ở bang Virginia, miền Đông nước Mỹ, với 6 tổ máy, tổng công suất phát điện là 3.003 MW. Nhà máy này được



Hình 3. Minh họa các khoảng thời gian phát điện và bơm nước tích năng của TĐTN trong biểu đồ phụ tải hàng ngày.

xây dựng từ tháng 3/1977 và hoàn thành vào tháng 12/1985, với 2 hồ chứa có chênh lệch cao độ lên tới 380m và khi phát điện, lưu lượng nước qua tua bin đạt 850 m³/s.

Tuy nhiên, kỷ lục này sẽ sớm bị vượt qua khi nhà máy thủy điện tích năng Phong Ninh ở tỉnh Hồ Bắc, Trung Quốc với 12 tổ máy, tổng công suất 3.600 MW đã được khởi công xây dựng vào năm 2013, phát điện tổ máy 1 vào năm 2019 và hoàn thành toàn bộ nhà máy vào năm 2021.

Các xu hướng phát triển mới của thủy điện tích năng

Tuy không phải là một mô hình sản xuất điện năng mới mẻ, nhưng TĐTN chỉ thực sự phát triển ở ạt khoảng vài chục năm gần đây. Trong quá trình phát triển, thủy điện tích năng luôn được cải tiến về mặt kỹ thuật và cập nhật nhiều xu hướng công nghệ mới để ngày càng nâng cao hiệu ích.

Về mặt kỹ thuật, trung tâm của các cải tiến nằm ở thiết kế tuabin thuận nghịch, khi các hãng chế

tạo tua bin lớn trên thế giới như: Alstom, Voith, Andritz... đều dành nhiều công sức nghiên cứu để ngày càng hoàn thiện thiết bị quan trọng này, giúp nó vận hành ổn định hơn ở cả hai chế độ làm việc và việc chuyển đổi chế độ diễn ra trơn tru, nhanh chóng.

Với các nghiên cứu, cải tiến ở khâu thiết kế như bố trí tỷ số lớn giữa đường kính cửa vào, cửa ra tua bin, các cánh hướng nước của bánh xe công tác bố trí thưa hơn, dài hơn, góc mở cánh hướng nước lớn hơn... cùng việc áp dụng các công nghệ tiên tiến như công nghệ động cơ/máy phát tích hợp hệ thống chuyển đổi tần số tĩnh, điều khiển giám sát, thu thập dữ liệu (SFC and SCADA system), công nghệ màng lót ổ chặn (thrust bearing membrane pad technology), lõi stator chịu ứng suất trước thường trực (permanently pre-stressed stator core), hệ thống cách điện bằng áp lực chân không (vacuum pressure insulation system)... tua bin thuận nghịch càng hoàn thiện và đáng tin cậy hơn rất nhiều.

Một xu hướng phát triển cũng rất táo bạo là thủy điện tích năng sử dụng nước biển - nghĩa là xây dựng các nhà máy thủy điện tích năng bên bờ biển, dùng nước biển để chạy tua bin phát điện và tận dụng chính các biển, đại dương làm hồ chứa bên dưới. Đây có thể nói là xu hướng có tiềm năng vô tận, bởi ¾ bề mặt trái đất là biển và đại dương.

Tuy nhiên, để hiện thực hóa một nhà máy thủy điện tích năng nước biển cũng có không ít thách thức, trong đó, đáng kể nhất là vật liệu chịu ăn mòn nước biển để chế tạo đường ống áp lực và tua bin. Cho đến nay, mới chỉ có duy nhất một dự án thủy điện tích năng nước biển đã đi vào vận hành là nhà máy Okinawa Yanbaru (Nhật Bản), có công suất 30 MW. Hồ chứa phía trên của nhà máy Okinawa Yanbaru

được xây dựng nhân tạo, có hình bát giác với chiều rộng lớn nhất là 252 m, dung tích 564.000 m³, nằm ở cao trình 150 m so với mực nước biển. Toàn bộ thành trong của hồ chứa được bọc vật liệu chống thấm để ngăn ngừa rò rỉ nước biển sẽ làm nhiễm mặn đất đai và phá hoại cây trồng xung quanh. Toàn bộ đường ống áp lực của nhà máy không được làm bằng thép mà thay vào đó là vật liệu nhựa plastic gia cường bằng sợi cường lực, để chống ăn mòn của nước biển và sự bám dính của các sinh vật biển như hà, hàu, ốc... trong khi, tua bin/máy bơm được chế tạo bằng một loại thép không gỉ đặc biệt, có thể chống chọi lâu dài với tác động của nước biển.

Nhà máy Okinawa Yanbaru tuy chỉ cung cấp được 2,1% nhu cầu dùng điện cho đảo, nhưng là một công trình mang tính đột phá về phương thức vận hành và rất thân thiện với môi trường biển.

Phát triển thủy điện tích năng ở Việt Nam

Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) với sự tư vấn của các chuyên gia Nhật Bản (JICA) đã hoàn thành nghiên cứu các dự án thủy điện tích năng tiềm năng và đã được Bộ Công nghiệp phê duyệt tại Quyết định số 3837/QĐ-BCN ngày 22/11/2005 (nghiên cứu 38 địa điểm và kiến nghị 10 dự án có tính khả thi với tổng công suất lắp máy khoảng 10.000 MW, bao gồm Sơn La: 7 dự án, Hoà Bình: 1 dự án, Ninh Thuận: 1 dự án, Bình Thuận: 1 dự án).

Nhà máy Thủy điện Tích năng Bác Ái, tỉnh Ninh Thuận là công trình thủy điện tích năng đầu tiên tại Việt Nam đã được khởi công xây dựng đầu năm 2020 với tổng mức đầu tư khoảng 21.100 tỷ đồng. Dự án gồm 4 tổ máy, với công suất 1.200 MW. Công trình này sử dụng nguồn nước từ hồ Sông Cái thuộc

hệ thống thủy lợi Tân Mỹ làm hồ dưới. Nước được bơm lên hồ trên tích nước để phát điện thông qua 2 đường ống song song có đường kính thay đổi từ 5,5 đến 7,5 m, dài 2,7 km. Nhà máy được trang bị bơm - tua bin đảo chiều và động cơ - máy phát đảo chiều hiện đại. Dự kiến toàn bộ dự án này hoàn thành vào năm 2028.

Thủy điện Tích năng Bác Ái có vai trò quan trọng trong hệ thống điện quốc gia, có nhiệm vụ phát điện phủ đỉnh - điền đáy biểu đồ phụ tải hàng ngày, dự phòng công suất phát, giúp ổn định hệ thống, điều chỉnh tần số, là công cụ giúp điều độ hệ thống điện 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.

Vùng đồng bằng sông Cửu Long cũng có tiềm năng rất lớn để phát triển năng lượng mặt trời và năng lượng gió, do vậy nên chẳng đã đến lúc cần nghiên cứu tìm vị trí đặt nhà máy thủy điện tích năng sử dụng nước biển ở khu vực này khi năng lượng tái tạo được khai thác?

Tuy nhiên, giá mua điện nào khi dùng điện mặt trời (thời điểm từ 10-14h) để Thủy điện Tích năng Bác Ái bơm nước lên hồ trên đang là một câu hỏi cho EVN. Bởi nguyên tắc nhà máy thủy điện tích năng 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./

TS. NGUYỄN HUY HOẠCH

**HỘI ĐỒNG KHOA HỌC - BIÊN TẬP
TẠP CHÍ NĂNG LƯỢNG VIỆT NAM**