

## CÔNG NGHỆ ĐỒNG PHÁT HẠT NHÂN VÀ TRIỂN VỌNG PHÁT TRIỂN

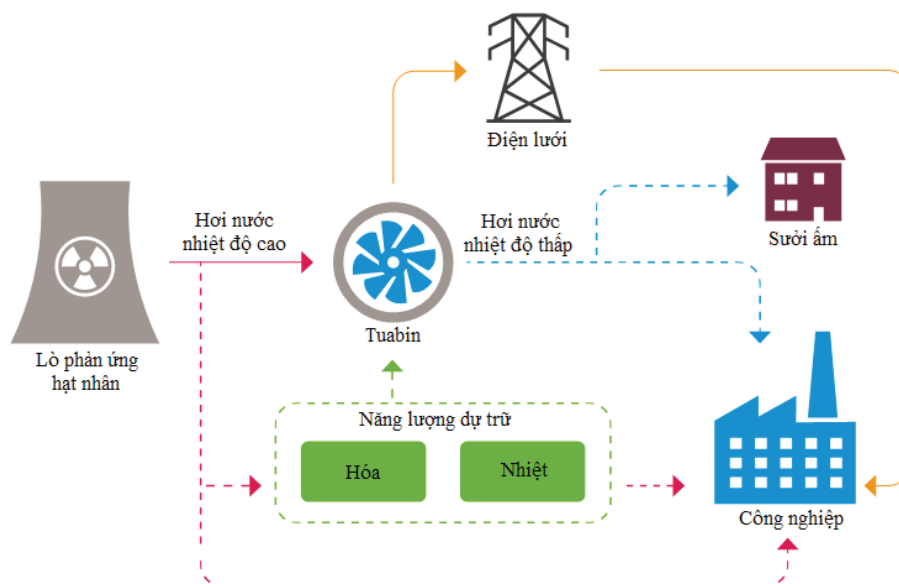
**Đình Văn Chiến**

*Cục Năng lượng Nguyên tử, Bộ KH&CN*

Trong bối cảnh nhu cầu sử dụng năng lượng ngày càng gia tăng và những thách thức liên quan đến biến đổi khí hậu toàn cầu, năng lượng hạt nhân tiếp tục được nhiều quốc gia lựa chọn như là một phần trong chính sách phát triển bền vững. Nguồn năng lượng này không những tạo ra lượng điện năng dồi dào mà còn có tiềm năng rất lớn trong ứng dụng công nghệ đồng phát để cung cấp nhiệt dưới dạng hơi nước hoặc khí, phục vụ nhu cầu sinh hoạt của người dân và các quy trình sản xuất trong công nghiệp.

### Công nghệ đồng phát là gì?

Công nghệ đồng phát (Cogeneration) là công nghệ đồng thời sản xuất điện năng và nhiệt năng hữu ích từ một nguồn năng lượng sơ cấp. Công nghệ này thường được áp dụng cho các nhà máy công nghiệp (mía đường, giấy, hóa chất, vải sợi, xi măng...) có sử dụng hơi bão hòa để phục vụ gia nhiệt, sấy hoặc làm khô sản phẩm từ nguồn năng lượng sơ cấp như than hoặc chất thải sinh khối (bã mía, trấu, mùn cưa, gỗ vụn...). Đối với một nhà máy điện hạt nhân, năng lượng nhiệt được khai thác từ chuỗi phản ứng phân hạch hạt nhân và chuyển đổi thành nhiệt dưới dạng hơi nước hoặc khí ở nhiệt độ cao để sản xuất điện. Để nâng cao hiệu suất sử dụng nhiệt của nhà máy điện hạt nhân, công nghệ đồng phát đã được ứng dụng để vừa sản xuất điện, vừa phục vụ nhu cầu sinh hoạt hoặc các quy trình sản xuất công nghiệp.



**Sử dụng năng lượng nhiệt trong ứng dụng đồng phát hạt nhân.**

Việc tối ưu hóa hiệu suất sử dụng nhiệt của nhà máy điện hạt nhân là mục đích của ứng dụng công nghệ đồng phát hạt nhân, tuy nhiên cần phải đảm bảo sự đáp ứng hài hòa giữa mục đích sản xuất điện và yêu cầu về chất lượng hơi nước hoặc khí (nhiệt độ, áp suất) được sử dụng cho ứng dụng đồng phát. Điều này phụ thuộc chủ yếu vào thiết kế của

lò phản ứng hạt nhân, trong đó 2 yếu tố quan trọng là nhiệt độ của hơi nước/khí và công suất của lò phản ứng. Dựa trên yêu cầu về nhiệt độ khác nhau của hơi nước hoặc khí được sử dụng, các ứng dụng đồng phát hạt nhân có thể được phân loại theo 3 nhóm gồm: nhóm ứng dụng nhiệt độ thấp (dưới 150°C), nhiệt độ trung bình (150-500°C) và nhiệt độ cao (trên

500°C) với 4 lĩnh vực ứng dụng chủ yếu là khử muối nước biển, sưởi ấm, cung cấp nhiệt cho các quy trình công nghiệp, sản xuất hydro và tổng hợp nhiên liệu [1, 2].

**Ưu điểm và lợi ích của công nghệ đồng phát hạt nhân**

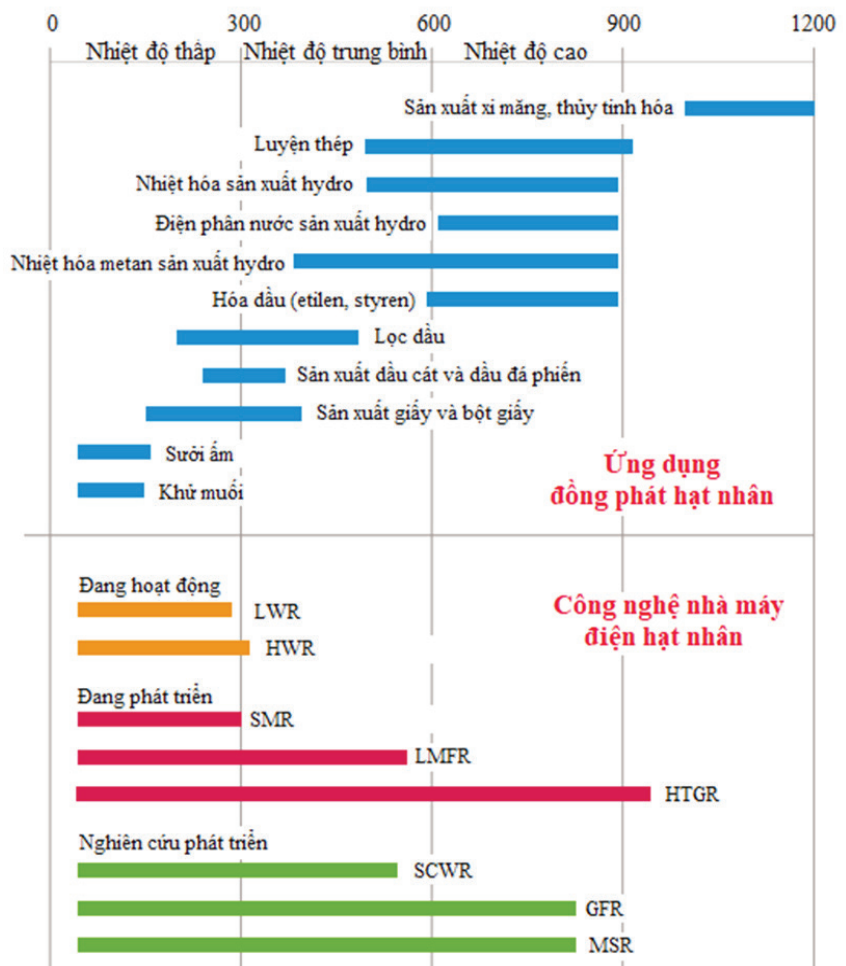
Các ứng dụng đồng phát của năng lượng hạt nhân hiện nay là mối quan tâm của nhiều quốc gia trên thế giới, đặc biệt đối với những quốc gia bắt đầu xem xét phát triển chương trình điện hạt nhân. Công nghệ đồng phát hạt nhân có các ưu điểm sau:

**Tăng hiệu suất sử dụng**

Hiện nay, năng lượng hạt nhân chủ yếu được sử dụng làm nguồn phát điện với hiệu suất chuyển đổi điện năng trung bình khoảng 33% đối với các công nghệ nhà máy điện hạt nhân hiện tại và lên đến 50% đối với công nghệ mới đang được nghiên cứu phát triển. Việc sử dụng năng lượng nhiệt đồng thời cho các ứng dụng đồng phát phục vụ nhu cầu sinh hoạt hoặc các quy trình sản xuất công nghiệp là giải pháp tối ưu, giúp tăng hiệu suất sử dụng nhiệt của nhà máy điện hạt nhân.

**Sử dụng tối ưu nguồn năng lượng**

Các công nghệ nhà máy điện hạt nhân thuộc thế hệ IV tiếp theo đang trong giai đoạn hoàn thiện, với dải nhiệt độ của hơi nước hoặc khí lên tới 1.000°C hoặc cao hơn có thể cho phép sản xuất đồng phát hạt nhân cho nhiều quy trình



Tương quan giữa các loại công nghệ nhà máy điện hạt nhân và ứng dụng đồng phát.

trong các ngành công nghiệp hóa dầu, luyện kim... Việc mở rộng các ứng dụng đồng phát hạt nhân từ nguồn năng lượng cacbon thấp, sẵn có sẽ giúp tiết kiệm được nguồn nhiên liệu hóa thạch, hoặc các nguồn năng lượng truyền thống khác, qua đó tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng.

**Chế độ hoạt động linh hoạt**

Một trong những ưu điểm của nhà máy đồng phát hạt nhân là khả năng cho phép điều chỉnh chế độ hoạt động của nhà máy

một cách linh hoạt giữa chế độ tải cung cấp điện và hơi nước của ứng dụng đồng phát theo nhu cầu. Nhà máy đồng phát có hiệu quả sử dụng cao nhất khi hoạt động ổn định ở chế độ tải danh định đối với cả sản xuất điện và cung cấp hơi. Tuy nhiên, trong những trường hợp cần thiết, nhà máy điện hạt nhân có thể điều chỉnh công suất phát điện trong khi vẫn giữ được khả năng cung cấp hơi nước ổn định cho ứng dụng đồng phát theo công suất danh định.

### **Giảm tác động môi trường**

Năng lượng hạt nhân là nguồn năng lượng không cacbon, sử dụng hiệu quả nguồn năng lượng này sẽ đóng góp đáng kể đến việc giảm tác động đối với môi trường. Với mỗi lò phản ứng điện hạt nhân đang hoạt động hiện nay, khi xem xét lắp đặt hệ thống cung cấp 10 TW nhiệt/năm cho ứng dụng đồng phát thì ước tính có thể giảm lượng khí thải cacbon tới 2 Mt/năm [2]. Việc sử dụng nguồn năng lượng đồng phát hạt nhân cho các quy trình sản xuất công nghiệp sẽ hạn chế sử dụng năng lượng từ nguồn nhiên liệu hóa thạch, góp phần giảm đáng kể lượng phát thải khí nhà kính, đồng thời giảm lượng nhiệt thải ra ngoài môi trường của nhà máy điện hạt nhân.

### **Đảm bảo an ninh năng lượng**

Các ngành công nghiệp hóa dầu, hóa chất, luyện kim, xi măng, giấy... đang áp dụng các quy trình đòi hỏi sử dụng cả năng lượng điện và hơi bão hòa. Ứng dụng đồng phát hạt nhân cung cấp một giải pháp kinh tế để đáp ứng cả hai nhu cầu này cho ứng dụng công nghiệp so với nguồn cung năng lượng truyền thống, mà hiện tại chi phối bởi nguồn điện năng sản xuất từ nhiên liệu hóa thạch (chiếm 34%) và khí thiên nhiên (chiếm 31%) [2]. Với dải nhiệt độ cao của hơi nước lên đến 1.000°C hoặc hơn, ứng dụng đồng phát hạt nhân có thể được sử dụng để hỗ trợ sản xuất nhiên liệu tổng hợp như methanol, ethanol và

các hợp chất dẫn xuất của chúng. Như vậy, cùng với việc tạo ra điện năng, đồng phát hạt nhân còn có thể ứng dụng trong nhiều quy trình công nghiệp sản xuất nhiên liệu khác nhau, góp phần đáng kể đảm bảo an ninh năng lượng toàn cầu.

### **Nâng cao hiệu quả kinh tế, giảm giá thành phát điện**

Chi phí đầu tư và hiệu suất sử dụng là 2 yếu tố quan trọng quyết định đến hiệu quả kinh tế của các ứng dụng công nghệ. Việc đồng bộ về hạ tầng trong thiết kế vị trí xây dựng nhà máy điện hạt nhân và cơ sở ứng dụng đồng phát (nhà máy sản xuất hydro, nhà máy khử muối...) giúp tối ưu về khoảng cách của hệ thống đường ống vận chuyển, giảm tổn thất chất lượng hơi nước trong quá trình truyền tải, từ đó tiết kiệm chi phí đầu tư, tăng hiệu suất sử dụng của nhà máy, nâng cao hiệu quả kinh tế. Khi đó, giá thành phát điện của một nhà máy đồng phát hạt nhân có thể giảm tới 20% so với nhà

máy điện hạt nhân thông thường theo như công bố được đăng trên tạp chí khoa học uy tín Nuclear Engineering and Design (Mỹ) số 306 (2016) của các nhà khoa học làm việc tại Cơ quan Năng lượng nguyên tử Nhật Bản [3].

### **Tăng thiện cảm của công chúng**

Công nghệ đồng phát có thể làm tăng thiện cảm của người dân đối với năng lượng hạt nhân khi họ thấy rõ chất lượng cuộc sống được cải thiện. Kalpakkam - một khu vực khan hiếm nước của Ấn Độ, nhờ ứng dụng công nghệ đồng phát hạt nhân đã có thể cung cấp 6.300 m<sup>3</sup> nước ngọt sinh hoạt mỗi ngày cho người dân [4]; hay tại vùng sa mạc trên bờ biển Caspi ở Kazakhstan, khoảng 80% lượng nước cung cấp phục vụ cho sự phát triển công nghiệp và sinh hoạt của thành phố Aktau được sản xuất từ Nhà máy đồng phát hạt nhân Mangyshlak [2]. Tháng 11/2019, Haiyang là thành phố đầu tiên ở Trung Quốc được cung



Quang cảnh Nhà máy điện hạt nhân Byron (Mỹ).

cấp nhiệt sưởi ấm từ Nhà máy đồng phát hạt nhân Haiyang, giúp tiết kiệm tương đương 6,6 triệu tấn than mỗi năm [5]. Đây là những ví dụ điển hình về những lợi ích có được từ việc sử dụng năng lượng hạt nhân đồng phát.

### Xu hướng ứng dụng công nghệ đồng phát hạt nhân trên thế giới

Theo báo cáo đánh giá công nghệ hạt nhân của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) [6], năm 2021, trên thế giới có 64 lò phản ứng hạt nhân sử dụng công nghệ đồng phát (chiếm khoảng 14% tổng số lò phản ứng điện hạt nhân đang hoạt động), tạo ra đương lượng nhiệt (electrical equivalent heat) khoảng 3.396 GWh cho các ứng dụng phi điện. Trong đó, có 8 lò phản ứng đồng phát hạt nhân cho ứng dụng khử muối nước biển và 56 lò phản ứng đồng phát hạt nhân cho ứng dụng sưởi ấm phục vụ nhu cầu sinh hoạt và cung cấp nhiệt trong các quy trình công nghiệp. Các lò phản ứng đồng phát hạt nhân tập trung chủ yếu ở các quốc gia châu Âu và châu Mỹ (chiếm khoảng 80%), còn lại là ở châu Á (chiếm 20%). Các lò phản ứng đồng phát hạt nhân cho ứng dụng sưởi ấm được lắp đặt chủ yếu ở các quốc gia Đông Âu và Nga (nơi có mùa đông dài và lạnh giá); các lò phản ứng đồng phát hạt nhân khử muối sản xuất nước ngọt được lắp đặt ở Nhật Bản, Ấn Độ, Kazakhstan và Mỹ để bù đắp sự thiếu hụt nguồn nước tự nhiên và những lò phản ứng đồng phát

hạt nhân cho ứng dụng trong các quy trình công nghiệp hiện đang được sử dụng ở nhiều quốc gia có nền công nghiệp phát triển như Mỹ, Nhật Bản, Canada, Đức, Thụy Sĩ...

Hiện nay, các nhà máy điện hạt nhân đang hoạt động trên thế giới thuộc các công nghệ thế hệ II (PWR, BWR, VVER, CANDU), thế hệ III (ABWR, VVER-AES91/92) và mới nhất là thế hệ III+ (VVER-AES2006/V491/V392M, AP1000, EPR1600). Đây đều là những nhà máy điện hạt nhân sử dụng công nghệ lò phản ứng nước nhẹ (Light Water Reactor - LWR) hoặc lò phản ứng nước nặng (Heavy Water Reactor - HWR) có nhiệt độ hoạt động của hệ thống hơi nước trong khoảng 280-325°C, phù hợp cho nhóm ứng dụng đồng phát yêu cầu mức nhiệt độ thấp như sưởi ấm, khử muối nước biển để sản xuất nước ngọt hoặc trong quy trình xử lý, bảo quản thực phẩm, sản phẩm nông nghiệp sau thu hoạch. Bên cạnh đó, nhiều cường quốc về điện hạt nhân như Mỹ, Pháp, Nga, Canada, Nhật Bản, Hàn Quốc, Trung Quốc vẫn đang nỗ lực tăng cường hợp tác nghiên cứu và phát triển để hoàn thiện công nghệ điện hạt nhân mới thế hệ IV như: công nghệ lò phản ứng nhanh làm mát bằng chì (Lead cooled Fast Reactor - LFR), lò phản ứng nhanh làm mát bằng natri (Sodium cooled Fast Reactor - SFR), lò phản ứng làm mát bằng nước siêu tới hạn (Supercritical

Water Reactor - SCWR), lò phản ứng muối nóng chảy (Molten Salt Reactor - MSR), lò phản ứng nhanh làm mát bằng khí (Gas cooled Fast Reactor - GFR), lò phản ứng nhiệt độ rất cao (Very High Temperature Reactor - VHTR) [2]. Đây là những công nghệ lò phản ứng có nhiệt độ hoạt động của hệ thống hơi nước hoặc khí trong khoảng 500-1.000°C, cho phép ứng dụng đồng phát yêu cầu mức nhiệt độ trung bình và cao như trong các quy trình công nghiệp sản xuất giấy, hóa dầu, sản xuất hydro, luyện kim, xi măng hoặc thủy tinh hóa ☞

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] The Royal Society (2020), *Nuclear Cogeneration: Civil Nuclear Energy in a Low-carbon Future*, Policy Briefing, pp.12-29.
- [2] International Atomic Energy Agency (2019), *Guidance on Nuclear Energy Cogeneration*, IAEA nuclear energy series No. NP-T-1.7, pp.3-32.
- [3] Xing L. Yan, et al. (2016), "GTHTR300 cost reduction through design upgrade and cogeneration", *Nuclear Engineering and Design*, **306**, pp.215-220.
- [4] M.M. Rajput, et al. (2017), "Nuclear Desalination Demonstration Plant, Kalpakkam", *Proceedings of the Theme Meeting on the Journey of BARC Safety Council for Strengthening Safety Culture in BARC Facilities: 2000-2017*, pp.118-119.
- [5] International Atomic Energy Agency (2020), *Nuclear Technology Review 2020*, GC(64)/INF/2, pp.35-36.
- [6] International Atomic Energy Agency (2021), *Nuclear Technology Review 2021*, GC(65)/INF/2, pp.23-25.