

KINH NGHIỆM VẬN HÀNH NHÀ MÁY SẢN XUẤT HYDROGEN XANH TỪ ĐIỆN GIÓ TẠI ĐỨC VÀ MÔ HÌNH ÁP DỤNG CHO VIỆT NAM

Đinh Văn Thịnh

Senior Experten Service (SES), Bonn, Đức

Email: tdinhvan@web.de

<https://doi.org/10.47800/PVJ.2021.12-06>

Tóm tắt

Hydrogen được dự báo sẽ đóng vai trò hàng đầu trong quá trình chuyển dịch năng lượng, được coi là “nhiên liệu xanh của thế kỷ XXI”. Bài báo giới thiệu quá trình sản xuất, lưu trữ, vận chuyển và tiêu thụ (khí đốt, nhiên liệu xe bus, kỹ thuật công nghệ) hydrogen xanh và qua quá trình vận hành liên tục của Energiepark Mainz - Một nhà máy sản xuất hydrogen đầu tiên từ điện gió với công suất 6 MW tại CHLB Đức. Trên cơ sở đó, phân tích các cơ hội và các điểm cần lưu ý khi áp dụng mô hình của Energiepark Mainz trong chiến lược sản xuất hydrogen xanh tại Việt Nam.

Từ khóa: Hydrogen, Energiepark Mainz, Đức.

1. Giới thiệu

Hydrogen là nguồn năng lượng không tạo ra khí thải carbon, có trữ lượng dồi dào và tiềm năng thay thế nhiên liệu hóa thạch. Hiện nay có 2 phương pháp chính để sản xuất hydrogen gồm nhiệt hóa khí methane (steam-methane reforming) và điện phân (electrolysis). Điện dùng cho điện phân lấy từ năng lượng mặt trời hoặc năng lượng gió là phương pháp tiên tiến và được xem là sạch nhất hiện nay vì không phát thải khí nhà kính.

Hydrogen xanh có vai trò quan trọng trong quá trình chuyển đổi năng lượng của Đức. Hệ thống sản xuất hydrogen xanh đầu tiên được xây dựng là Energiepark Mainz, đặt tại Mainz-Hechtheim (Mainz là thủ đô của tiểu bang Rheinland-Pfalz của Đức).

Energiepark Mainz có tổng mức đầu tư 17 triệu EUR, trong đó Chính phủ Đức hỗ trợ khoảng 50%. Hệ thống Energiepark Mainz bắt đầu thiết kế từ năm 2010 với sự hợp tác nghiên cứu của các tổ chức lớn/trường đại học gồm Mainz Stadtwerke AG (cung cấp điện gió dư thừa và phân phối sản phẩm hydrogen xanh), Siemens AG (cung cấp, lắp đặt hệ thống điện phân nước bằng PEM (Proton Exchange Membrane), Linde AG (lưu trữ, chuyên chở khí hydrogen hóa lỏng) và Đại học Khoa học Ứng dụng Rhein Main (đọc, nghiên cứu kết quả vận hành).

Tiến trình xây dựng Energiepark Mainz kéo dài 5 năm gồm các bước sau: Phát triển ý tưởng sản xuất hydrogen xanh (2012); nghiên cứu, chuẩn bị địa điểm xây dựng (2013); sản xuất và lắp đặt hệ thống điện phân nước PEM (2014); đưa vào vận hành (2015); vận hành thử nghiệm, nghiên cứu (2016); vận hành thương mại (2017).

Hệ thống Energiepark Mainz kết nối hoàn chỉnh các khâu sản xuất hydrogen xanh dùng điện từ năng lượng tái tạo (turbine gió) bằng phương pháp điện phân nước PEM. Sau đó, sản phẩm hydrogen được sử dụng hoặc như nhiên liệu bổ sung (20% công suất) vào hệ thống khí đốt tự nhiên có sẵn hoặc được dùng như nhiên liệu lưu trữ (bình chứa) hay nhiên liệu cho giao thông (qua xe tải) (Hình 1). Theo thống kê, 80% sản lượng hydrogen xanh được sử dụng cho kỹ thuật công nghệ và giao thông (xe bus công cộng). Thiết kế của Energiepark Mainz được trình bày trong Hình 2 - 7 và Bảng 1.

2. Kết quả vận hành

Energiepark Mainz vận hành liên tục, không xảy ra sự cố từ năm 2015. Nhà máy bảo đảm các khâu giao diện giữa hệ thống năng lượng turbine gió, bộ sản xuất hydrogen xanh PEM, hệ thống lưới điện và khí đốt. Toàn bộ hệ thống của Energiepark Mainz được thử nghiệm hàng tuần với các thông số vận hành thay đổi để xác định giải pháp tối ưu theo thị trường tiêu thụ. Các kết quả đạt được sau 2 năm vận hành thử nghiệm:



Ngày nhận bài: 28/10/2021. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 29/10 - 1/11/2021.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 29/11/2021.

- Bảo đảm vận hành liên tục:

- + Nhà máy sử dụng năng lượng dư thừa từ điện gió để sản xuất hydrogen. Do năng lượng gió không ổn định và không liên tục, Energiepark Mainz sử dụng bộ điện phân PEM có thể khởi động cho vận hành liên tục 4 MW chỉ trong 15 giây;
- + Việc khởi động bộ điện phân linh hoạt là chìa khóa để giải quyết sự dao động theo thời gian của turbine điện gió, giúp nhà máy vận hành ổn định;
- + Công suất Energiepark Mainz thích nghi nhanh chóng mức độ cao, vì tính linh hoạt cao, có thể hỗ trợ hệ thống điện.

- Hiệu suất:

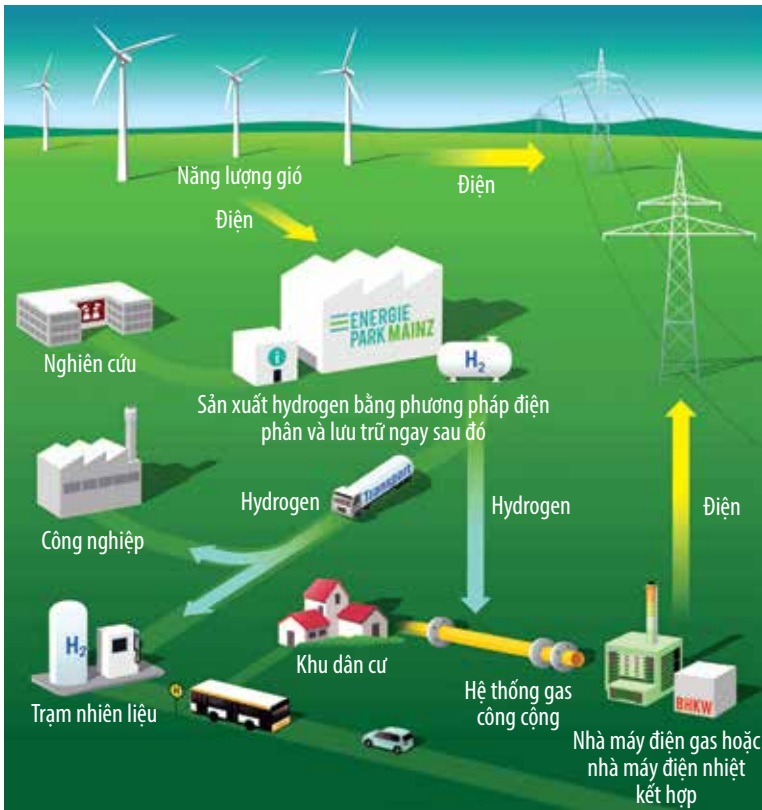
- + Hiệu suất nhà máy (tính trên trị số phát nhiệt thô của hydrogen = 3,54 kWh/Nm³ hay 39,41 kWh/kg) và công suất sản phẩm hydrogen xanh (Nm³/giờ) tùy thuộc phạm vi tải phần từ 0 - 6.000 kW (gồm các công suất chính 2 MW, 4 MW và 6 MW) được thể hiện trong Hình 8;
- + Chi tiết tổn thất năng lượng của từng thành phần thiết bị được đo tại tải phần 2 MW. Theo đó, tổn thất năng lượng cao nhất tại bộ điện phân PEM (22,9%), các bộ phận khác như trạm biến thế, máy nén khí... mất tổng cộng 6,7%. Tổng hiệu suất năng lượng được xác định bằng 70,4% tại tải phần 2MW (Hình 9).

- Sử dụng sản phẩm hydrogen:

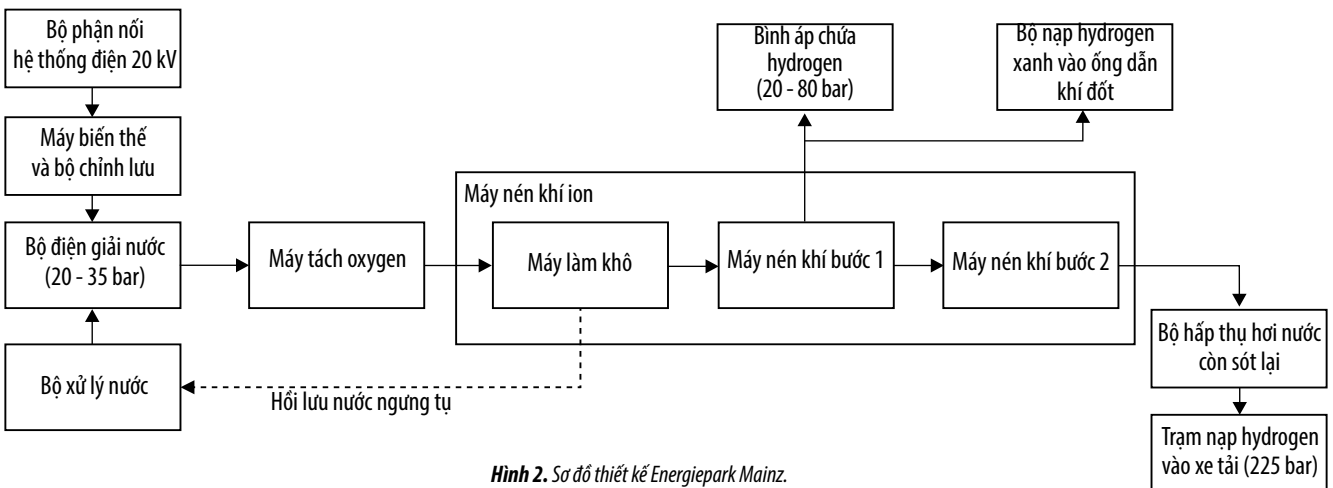
- + Hydrogen xanh được nạp vào hệ thống khí đốt có sẵn từ 2% và có thể tăng ngay lập tức tới 5% thể tích (theo luật khí đốt của Đức: hydrogen chỉ được nạp vào hệ thống khí đốt tối đa 10%). Kết quả đo chỉ số khí đốt Wobble (kWh/m³) và trị số phát nhiệt (kWh/m³) cho thấy không ảnh hưởng đến thiết bị sử dụng.
- + Nhà máy có thể cung cấp hydrogen linh hoạt tùy theo nhu cầu tiêu thụ khí thay đổi: Khả năng phân phối linh hoạt và lượng lưu trữ hydrogen cao;
- + Áp suất hydrogen vận hành có thể được giữ tới 60 phút tránh được tổn thất khi nhu cầu thay đổi.

- Hiệu quả kinh tế:

- + Tổng mức đầu tư Energiepark Mainz



Hình 1. Sơ đồ toàn bộ kế hoạch Energiepark Mainz [1].



Hình 2. Sơ đồ thiết kế Energiepark Mainz.

Bảng 1. Thông số thiết kế hệ thống thiết bị của Energiepark Mainz

Hệ thống	Thiết bị	Công suất thiết kế
Điện gió	4 turbine điện gió của Mainz Stadtwerke AG.	4 × 2 MW = 8 MW.
Trạm biến thế	Điện một chiều của SINAMICS.	
Điện phân nước (Hình 3)	3 bộ điện phân PEM (Proton Exchange Membrane) • Công suất vận hành • Công suất vận hành tối đa • Công suất hydrogen tối đa • Áp suất sản phẩm hydrogen.	Siemens, loại SYLIZER 200 • 4 MW • 6 MW • 1.050 Nm ³ /giờ • 35 bar.
Nén khí hydrogen xanh (Hình 4)	Máy nén piston thủy lực 2 bậc của Linde AG, có thể nạp hydrogen vào bình chứa áp lực hay vào xe tải.	• Dung chất lỏng ion bit kín và làm lạnh • Thay đổi công suất tải nhanh • Hiệu suất cao tại các tải phần.
Lưu trữ khí hydrogen và làm khô (Hình 5)	Hai bình chứa khí (có thể có ẩm) dưới áp suất tối đa 80 bar. Làm khô bằng 2 thiết bị TSA chuyển đổi (Temperature Swing Adsorption).	2 × 82 m ³ ; dung lượng: 780 kg; tối đa 1.000 kg (33 MWh) [2] • Hàm lượng khí vào: 0,5 % O ₂ ; 3% H ₂ O • Hàm lượng khí ra: 0,0002% O ₂ ; 0,0005% H ₂ O
Nạp khí hydrogen xanh vào 1 bộ dẫn khí đốt tự nhiên (20% tổng sản lượng hydrogen xanh) (Hình 6)	Cung cấp khí hỗ trợ cho Thành phố gần Energiepark Mainz (1.000 hộ gia đình).	Nạp tối đa 10% hydrogen (theo luật Đức về khí đốt); Áp suất: 7 - 9 bar.
Chuyên chở hydrogen trong xe tải, cung cấp cho trạm nạp hydrogen của xe bus	Trạm nạp hydrogen cho xe tải.	Nạp hydrogen tự động bằng ống mềm.
An toàn công nghệ	Các thiết bị đo, cảnh báo khí hydrogen rò rỉ bên trong khu vực nhà máy kín. Các thiết bị quan trọng như máy nén khí piston, bồn chứa khí, trạm bơm hydrogen vào xe tải đều được thiết kế an toàn theo tiêu chuẩn và kinh nghiệm của hãng Linde AG.	Các bộ báo động rò rỉ hydrogen được gắn tại các nơi cần thiết (hệ thống PEM, cửa thông gió tòa nhà [3]).
Điều khiển nhà máy	Phòng điều khiển tự động trung tâm (Hình 7).	



Hình 3. Hệ thống PEM của Siemens [4].



Hình 4. Container máy nén hydrogen xanh [4].



Hình 7. Phòng điều khiển tự động của Energiepark Mainz [4].



Hình 5. Khu lưu trữ sản phẩm hydrogen xanh và làm khô [4].



Hình 6. Nạp khí hydrogen xanh vào hệ thống dẫn khí đốt tự nhiên [4].

khoảng 17 triệu EUR, trong đó Bộ Kinh tế và Năng lượng Liên bang Đức (BMWi) hỗ trợ khoảng 50%.

+ Cho đến nay, Energiepark Mainz chưa công bố chính thức giá sản phẩm hydrogen xanh. Ngoài giá sản xuất, giá thành sản phẩm hydrogen xanh tùy thuộc vào yếu tố khác như tải phần, thời gian vận hành, các khoản thuế đánh vào sản phẩm nhiên liệu của chính phủ Đức...

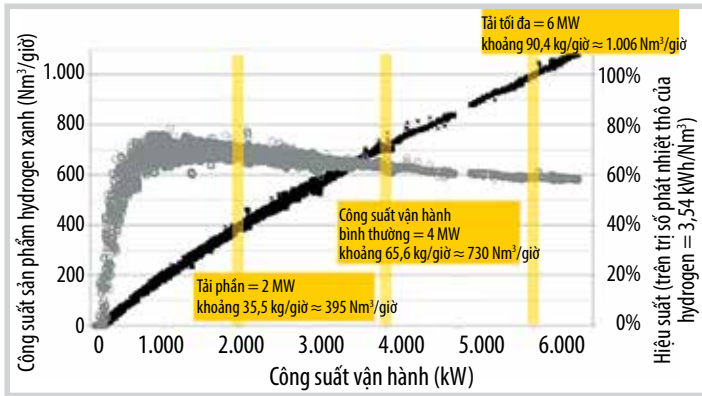
+ Đến nay, Energiepark Mainz đã hòa vốn, tuy giá hydrogen xanh hiện tại chưa cạnh tranh được với giá hydrogen từ các nguồn khác trên thị trường

[3, 5]. Theo tài liệu của Quốc hội Đức [6], giá sản xuất hydrogen xanh năm 2019 dao động từ 15 - 18 Ct/kWh, trung bình khoảng 16,5 Ct/kWh (= 5,5 EUR/kg) [6].

Sau giai đoạn thử nghiệm, kết quả cho thấy Energiepark Mainz có thể phát triển để cung cấp hydrogen thương mại. Các doanh nghiệp tham gia gồm Stadtwerke Mainz và Linde AG tiếp tục hợp tác từ năm 2018 do:

- Kết quả trong thời gian thử nghiệm chứng minh Energiepark Mainz đủ điều kiện cho vận hành thương mại;

- Các đối tác tin tưởng mục tiêu sử dụng năng lượng tái tạo để sản xuất



Hình 8. Biểu đồ công suất và hiệu suất Energypark Mainz đo được theo các tải phân 2 MW, 4 MW và 6 MW (2015).

hydrogen (Power-to-H) như là một nhiên liệu thay thế sẽ thành công về lâu dài và nhu cầu thị trường hydrogen xanh ngày càng tăng;

- Tin tưởng vào sự hỗ trợ của chính phủ Đức;
- Mục tiêu tiếp theo là giá sản xuất hydrogen cạnh tranh được với các nhiên liệu hóa thạch.

Tuy nhiên, khi đầu tư vào xây dựng dự án hydrogen xanh có thể có rủi ro/yếu điểm như:

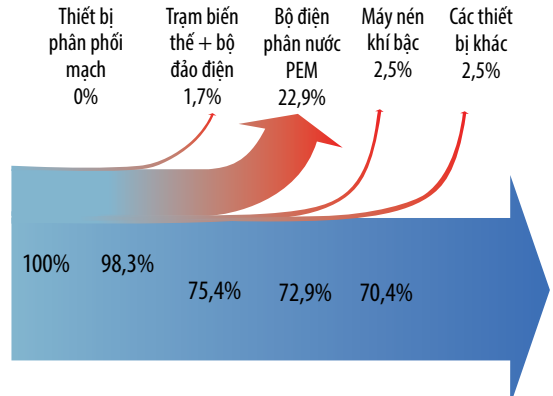
- Thị trường hydrogen xanh như là một hệ thống năng lượng hỗ trợ phát triển tiêu cực dẫn đến chi phí tăng;
- Giá dầu và khí giảm, cạnh tranh với giá hydrogen sản xuất bằng phương pháp steam reforming;
- Vấn đề trong vận hành các thiết bị chính (như máy nén) khi thời gian sử dụng thiết bị hạn chế khiến doanh thu giảm;
- Giá điện từ năng lượng tái tạo thay đổi hướng tiêu cực do luật pháp, chính sách giá cả của chính quyền khiến chi phí tăng.

3. Kết luận

Công nghệ hydrogen xanh đang được các quốc gia tích cực triển khai như một trong những giải pháp để giảm phát thải khí nhà kính, chống biến đổi khí hậu, tạo ra thị trường mới và công việc mới. Nhiều quốc gia đang khẳng định vai trò đầu tàu về công nghệ hydrogen xanh trong tương lai như Đức, Hàn Quốc, Nhật Bản...

Với kết quả vận hành thực tế thành công, Energypark Mainz có thể là mô hình mẫu cho Việt Nam áp dụng công nghệ sản xuất hydrogen xanh từ năng lượng tái tạo (gió, mặt trời) với hệ thống điện phân nước như:

- Energypark Mainz tận dụng nguồn điện dư thừa của các turbine gió khi lưới điện không thể nạp hay quá tải do tính dao động của loại năng lượng tái tạo này. Nhà máy ứng dụng công nghệ điện phân PEM có khả năng khởi động vận hành rất nhanh (15 giây lên công suất 4 MW), có tính linh hoạt cao.
- Hệ thống hydrogen xanh hoàn chỉnh gồm các khâu:



Hình 9. Biểu đồ tổn thất năng lượng từng thành phần thiết bị của Energypark Mainz đo với tải phân 2 MW.

+ Sản xuất: Hệ thống sử dụng năng lượng tái tạo (turbine gió trên bờ) để sản xuất hydrogen xanh (và sản phẩm phụ oxy dùng cho y tế hay kỹ thuật công nghệ) với công nghệ điện phân phổ biến hiện nay như: PEM, Alkaline Electrolysis (AKL) hay Solide Oxide Electrolysis (SOE);

+ Lưu trữ: Sử dụng máy nén khí 2 bậc để lưu trữ hydrogen (bình chứa);

+ Vận chuyển: Nạp vào hệ thống khí đốt có sẵn hay qua xe tải;

+ Sử dụng: Chuyên chở từ bình chứa bằng xe tải tới nơi tiêu thụ (trạm nạp hydrogen cho xe bus hoặc xưởng) hoặc sử dụng như khí hỗ trợ cho hệ thống khí đốt có sẵn.

- Energypark Mainz có công suất nhỏ 6 MW, thích hợp cho thử nghiệm vận hành và đo đạc các thông số cần thiết (vận hành ở các tải phân, tính dao động của turbine gió, thị trường tiêu thụ...). Qua đó giúp tối ưu hóa các thông số vận hành trong điều kiện Việt Nam (gió, nhiệt độ, nguồn nước (biển), thiết bị lưu trữ và vận chuyển), thu thập kinh nghiệm vận hành trên thực tế, đào tạo nhân lực chuyên môn cho tương lai.

- Liên kết các doanh nghiệp cùng rút kinh nghiệm tối ưu do công nghệ hydrogen xanh:

- + Năng lượng tái tạo (turbine gió trên bờ, ngoài khơi);
- + Nhập khẩu, sản xuất và phát triển thiết bị điện phân như: PEM, AKL hay SOE;
- + Kỹ thuật công nghệ khí đốt (bình lưu trữ, máy nén khí, đường ống dẫn khí đốt, trạm nạp hydrogen).

Việc liên kết xây dựng có thể là bước khởi đầu tiến tới hình thành 1 "Hiệp hội hydrogen" như đã thực hiện tại châu Âu, Trung Quốc (gồm các doanh

nghiệp, viện nghiên cứu, trường đại học, cơ quan tài chính...) với mục tiêu phát triển công nghệ hydrogen để tạo sức mạnh tổng hợp quốc gia.

Tuy nhiên, khi áp dụng mô hình này tại Việt Nam cần lưu ý:

- Tăng hiệu suất của nhà máy: Hiệu suất tổng năng lượng nhà máy đo ở 2 MW chỉ ở khoảng 70,4%, tức là khoảng 30% nhiệt bị mất khi nhà máy vận hành ở công suất thấp. Tổn thất năng lượng chủ yếu nằm ở bộ điện phân PEM. Bộ điện phân vì vậy đang được phát triển để tăng hiệu suất nhà máy và giảm chi phí.

- Vốn đầu tư: Liên kết các đơn vị liên quan đến công nghệ sản xuất, lưu trữ, vận chuyển và tiêu thụ hydrogen xanh (điện, năng lượng tái tạo gió trong bờ và ngoài khơi, dầu khí, thép, phân đạm, xi măng...) cùng có chung mục tiêu chọn hydrogen xanh trong 10 - 15 năm tới như là chiến lược cắt giảm khí nhà kính.

- Chọn địa điểm thích hợp để xây dựng nhà máy hydrogen xanh như có sẵn hay gần nguồn năng lượng gió; hệ thống đường ống dẫn khí đốt để nạp hydrogen xanh như nhiên liệu hỗ trợ; thị trường tiêu thụ hydrogen như các nhà máy lọc dầu (Dung Quất, Nghi Sơn), nhà máy phân bón, đạm (Phú Mỹ).

- Ủng hộ của Nhà nước: Bên cạnh vốn đầu tư của các doanh nghiệp trong nước, đầu tư từ nước ngoài, cần có sự hỗ trợ tích cực của Nhà nước (về chính sách, vốn đầu tư) trong quá trình khởi động công nghệ hydrogen xanh. Với công suất nhỏ (4 - 6 MW) có thể giảm thiểu rủi ro về mặt kinh tế (do đánh giá vai trò hydrogen xanh là nhiên liệu chính trong tương lai để giảm khí nhà kính, Đức đã thiết lập Chiến lược hydrogen quốc gia và xác định lộ trình và

tài chính cho chiến lược này với tổng mức đầu tư lên đến 9 tỷ EUR (riêng Energiepark Mainz, BMWi đã hỗ trợ khoảng 50% vốn đầu tư).

- Ngoài giá sản xuất, giá thành sản phẩm hydrogen xanh cần sự hỗ trợ về giá hay thuế ưu đãi trong giai đoạn đầu, tương tự như giá FIT cho điện gió và mặt trời.

Tài liệu tham khảo

[1] Energie Park Mainz, "Hier weht Innovationsgeist!", 2018. [Online]. Available: https://www.energiepark-mainz.de/fileadmin/user_upload/energiepark-mainz-broschuere-2018.pdf.

[2] Linde, "Wasserstoff als Energiespeicher". [Online]. Available: https://www.linde-gas.de/de/innovations/energy_storage/hydrogen_energy_storage/index.html.

[3] J. Aichinger, "Das Power to Gas im Energiepark Mainz- Betriebserfahrung und Ausblick", *Energiepark Mainz*, 2019.

[4] Energie Park Mainz, "Pictures". [Online]. Available: <https://www.energiepark-mainz.de/en/project/pictures/>.

[5] Zeitung für Kommunale Wirtschaft (ZfK), "Energiepark Mainz produziert grünen Wasserstoff für Busse", 2020. [Online]. Available: <https://www.zfk.de/mobilitaet/e-mobilitaet/energiepark-mainz-produziert-gruenen-wasserstoff-fuer-busse>.

[6] Wirtschaftliche Dienst and Deutsche Bundestag, "Kosten der Produktion von grünem Wasserstoff", 2020. [Online]. Available: <https://www.bundestag.de/resource/blob/691748/01a954b2b2d7c70259b19662ae37a575/WD-5-029-20-pdf-data.pdf>.

EXPERIENCES IN LONG-TERM OPERATION OF A GREEN HYDROGEN PRODUCTION PLANT USING WIND POWER IN GERMANY - A POSSIBLE MODEL FOR VIETNAM

Dinh Van Thinh

Senior Experten Service (SES), Bonn, Germany

Email: tdinhvan@web.de

Summary

Hydrogen is considered as "the green fuel of the 21st century" and forecasted to play a leading role in the energy transition. The article introduces the processes of green hydrogen production in Energiepark Mainz, the first wind power hydrogen production plant with a capacity of 6 MW in Germany. The article describes the production, storage, transportation, and consumption (gas, fuel for bus and industries) of green hydrogen through the continuous operation of the plant. Based on that, the author analyses opportunities and challenges when applying Energiepark Mainz's model to the green hydrogen production strategy in Vietnam.

Key words: Hydrogen, Energiepark Mainz, Germany.