

# Pin nhiên liệu hydro: HIỆN TRẠNG VÀ TƯƠNG LAI

Trần Duy Tập

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

Công nghệ pin nhiên liệu hydro (PEMFC) nhận được sự quan tâm lớn trong những năm gần đây nhờ hiệu suất cao và lượng khí thải thấp. Tính đến năm 2019, đã có hơn 19.000 xe điện chạy bằng pin nhiên liệu hydro (FCEV) và 340 trạm tiếp nhiên liệu hydro (HRF) phân phối trên toàn thế giới. Đến năm 2020, con số này là trên 35.000 xe và 540 trạm. Ước tính, FCEV sẽ chiếm 25% thị phần toàn cầu vào năm 2040 và đạt khoảng 400 triệu xe vào năm 2050.

## Khái quát về PEMFC

PEMFC là thiết bị điện hóa chuyển năng lượng phản ứng hóa học của nhiên liệu hydro tại các điện cực thành năng lượng điện. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của PEMFC được mô tả ở hình 1. Loại pin này nhẹ và hiệu quả hơn các quy thông thường, không phát thải khí gây hại, có khả năng tạo ra nước sạch, nạp nhiên liệu nhanh (3-5 phút), tiếng ồn thấp, tiết kiệm nhiên liệu, bảo trì dễ dàng... nên rất phù hợp để sử dụng trong các phương tiện vận tải, thiết bị cầm tay, di động, làm nguồn điện dự phòng hay đồng phát...

Di động, vận chuyển và các trạm năng lượng nhỏ là ba lĩnh vực chính cho các ứng dụng PEMFC [1]. Công suất của PEMFC cho các ứng dụng thiết bị di động thường từ 5-50

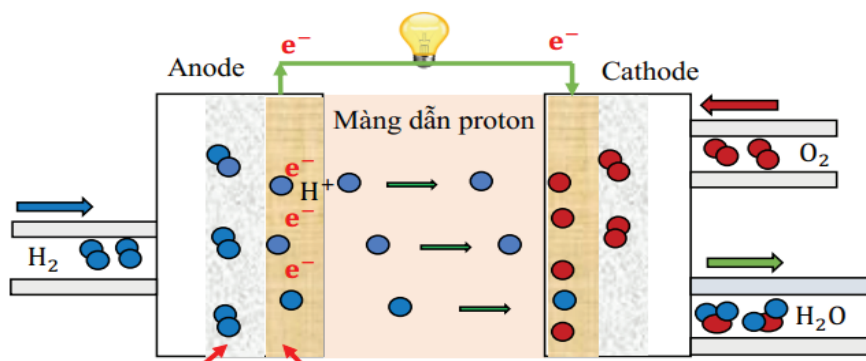
W. Con số này đối với xe điện vận chuyển hành khách, xe tiện ích, xe buýt và xe tải hạng nặng dao động từ 20-250 kW. Nguồn PEMFC cố định thường có công suất từ 100 kW đến 2 MW cho giải pháp như là nguồn điện dự phòng. Một số PEMFC cố định quy mô nhỏ (phục vụ các ứng dụng viễn thông và dân dụng từ xa) có công suất khoảng 100 W đến 1 kW.

## Ứng dụng của PEMFC trong lĩnh vực vận tải

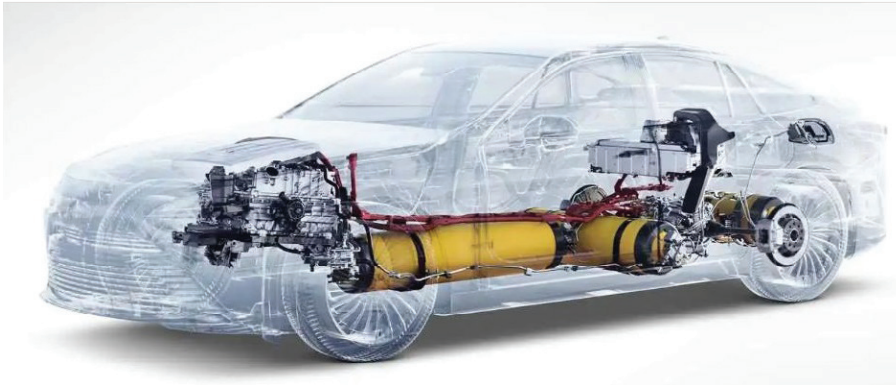
Bảng 1 tóm tắt số lượng FCEV cùng với các mốc thời gian quan trọng trong tương lai. Giao thông vận tải là lĩnh vực ứng dụng chính của PEMFC vì chúng không phát thải, hiệu suất cao (thực tế là 65%) và mật độ công suất cao. Các công ty sản xuất ô tô đã và đang tham gia

sâu rộng vào quá trình phát triển FCEV để vượt qua các rào cản lớn đối với thương mại hóa, bao gồm chi phí, độ bền và khả năng khởi động. Tính đến cuối năm 2019, hơn 19.000 FCEV đã được bán trên toàn cầu; trong đó riêng năm 2019 đã có 7.500 xe lăn bánh (tăng 90% so với năm trước), hơn một nửa trong số đó là ở Hàn Quốc [2-4]. Tính đến năm 2019, Hoa Kỳ có hơn 8.000, châu Âu có hơn 2.500 FCEV đã hoạt động. Dự kiến tổng lượng FCEV bán ra tại Hàn Quốc và Nhật Bản sẽ vượt mốc 200.000 và 1,6 triệu vào năm 2025 và 2030. Mặc dù ở Trung Quốc số FCEV còn thấp, nhưng kế hoạch đầy tham vọng của họ tiết lộ rằng 50.000 và 1 triệu FCEV sẽ được tiêu thụ vào năm 2025 và 2030. Đáng chú ý là các lộ trình phát triển PEMFC tại Hàn Quốc, Nhật Bản và Trung Quốc là do chính phủ hoặc các cơ quan chính phủ ban hành, trong khi ở Mỹ và châu Âu, chúng được đưa ra bởi các công ty tư nhân. Dựa trên đà phát triển hiện tại của ngành pin nhiên liệu và hydro, các chính sách hỗ trợ từ chính phủ là cần thiết để cho phép mở rộng quy mô hoạt động và đẩy nhanh việc triển khai rộng rãi công nghệ PEMFC.

Bảng 2 tóm tắt về các loại FCEV cùng thông tin liên quan đến đặc trưng của chúng. Tính đến năm 2020, Hyundai, Toyota và Honda đã



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của hệ PEMFC.



Hình 2. Thiết kế 1 chiếc xe chạy bằng PEMFC của Toyota (nguồn: toyota.com).

Bảng 1. Số lượng FCEV được bán trước năm 2019 và lộ trình 2020-2040 tại Hoa Kỳ, Hàn Quốc, Nhật Bản, châu Âu và Trung Quốc.

Quốc gia	Số lượng FCEV trước 12/2019	Số lượng FCEV dự kiến		
		2020s	2030	2040
Hoa Kỳ	8.089	200.000 vào năm 2025	5,3 triệu	-
Hàn Quốc	5.068	67.000 vào năm 2022	850.000	2,9 triệu
Nhật Bản	3.611	200.000 vào năm 2025	800.000	-
Châu Âu	2.485	800.000 vào năm 2025	4,2 triệu	21,3 triệu
Trung Quốc	112	50.000 vào năm 2025	1 triệu	-

Bảng 2. Các loại FCEV cùng thông tin liên quan đến đặc trưng của chúng.

Loại xe (Quốc gia)	Công suất cực đại (kW)	Mật độ công suất (kW/l)	Áp suất nhiên liệu (MPa)	Dung tích (kg) Trọng lượng (wt%)	Phạm vi (km)
Hyundai Nexso (Hàn Quốc)	95	3,1	70	6,33 7,18 wt%	611
Honda FCX Clarity (Nhật Bản)	103	3,12	70	5,46 6,23 wt%	589
Toyota FCEV Mirai (Nhật Bản)	114	3,10	70	5,0 5,70 wt%	502
Hyundai Tucson (Hàn Quốc)	100	1,65	70	5,64 6,43 wt%	426
Daimler GLC F-CELL Hybrid SUV Plug-in (Đức)	155	-	-	-	430
Saic MAXUS FCV80 (Trung Quốc)	115	3,10	35	6	502

tung ra số lượng lớn FCEV. Trong năm 2019, khoảng 63% tổng doanh số đến từ xe Hyundai Nexso, 32% từ Toyota Mirai và ít hơn 5% từ Honda Clarity Fuel Cell [3]. Tầm nhìn đến năm 2030 của Hyundai là sản xuất 700.000 FCEV các loại [4]. Toyota Mirai hiện là mẫu FCEV bán được nhiều nhất với hơn 10.000 chiếc

được bán ra kể từ khi được giới thiệu vào năm 2014. Từ năm 2020, Toyota tăng doanh số bán hàng và năng lực sản xuất lên gấp 10 lần, với 30.000 chiếc/năm [5]. Kể từ năm 2013, Honda và General Motors đã đồng phát triển hệ thống PEMFC thế hệ tiếp theo và công nghệ lưu trữ hydro [6]. Vào năm 2017, cả hai công ty đã

thành lập liên doanh sản xuất đầu tiên của ngành công nghiệp ô tô để sản xuất hàng loạt hệ thống PEMFC tiên tiến bắt đầu từ năm 2020 [7].

PEMFC cũng đã được phát triển cho các ứng dụng máy bay, khí cầu, đường sắt và hàng hải. Công nghệ này có ưu điểm là mật độ năng lượng và năng lượng cao, lý tưởng làm năng lượng cho các phương tiện bay không người lái (UAV) hoặc động cơ điện phụ trợ (APU) cho các máy bay lớn. Một số sáng chế cũng đã được báo cáo hoặc đang tiến hành để lắp đặt PEMFC trên tàu thuyền, nhằm giảm phát thải CO<sub>2</sub> và các chất ô nhiễm do việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch [8].

### Ứng dụng trong lĩnh vực trạm phát điện

Trong ứng dụng trạm phát điện, PEMFC được xem là nguồn điện cơ bản, nguồn điện dự phòng, và nguồn điện - nhiệt kết hợp (CHP). Vào năm 2019, thị trường HRF trên toàn thế giới là khoảng 2,98 tỷ USD và vẫn đang tiếp tục phát triển nhanh chóng [9]. Các nhà sản xuất đáng chú ý bao gồm Plug Power, Fuel Cell Energy, UTC Power và Fuji Electric [10]. Theo báo cáo của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (DOE), hơn 235 MW cung cấp điện pin nhiên liệu tĩnh đã được lắp đặt với khoảng 8.000 đơn vị điện dự phòng được triển khai hoặc đặt hàng ở Hoa Kỳ [11]. Đối với nguồn điện sơ cấp, trạm PEMFC không chỉ đóng góp với vai trò là dự phòng của lưới điện, mà còn có thể hoạt động như nguồn điện phân phối khi lưới điện không khả dụng. Nhu cầu điện thay đổi đáng kể vào giờ cao điểm ở các thành phố. Tuy nhiên, PEMFC thường có phản ứng kịp thời và khả năng điều chỉnh công suất đầu ra rất tốt. Do đó, việc sử dụng PEMFC như một giải pháp bổ sung cho giờ cao điểm, cải thiện đáng kể các đặc tính năng động và hiệu suất. Hơn nữa, chi phí xây dựng lưới điện sẽ cao trong lãnh thổ rộng lớn với dân cư thưa thớt nên PEMFC cũng

**Bảng 3. Hiện trạng và kế hoạch các trạm tiếp nhiên liệu hydro (HRF) của Mỹ, Hàn Quốc, Nhật Bản, châu Âu và Trung Quốc.**

Quốc gia	Số lượng trạm HRF trước 12/2019	Số lượng trạm HRF tương lai		
		2020s	2030	2040
Mỹ	44	580 trước năm 2025	5.600	-
Hàn Quốc	34	310 trước năm 2022	1.200	1.200
Nhật Bản	112	320 trước năm 2024	900	-
Châu Âu	139	1500 trước năm 2025	3.700	15.000
Trung Quốc	12	300 trước năm 2025	1.000	-

là giải pháp tốt. Một lượng đáng kể năng lượng gió và thủy điện được tạo ra mà không được sử dụng hết vì thiếu cơ sở hạ tầng tích trữ năng lượng quy mô lớn. Các nhà máy điện PEMFC có thể được đặt cùng với các nhà máy điện phân để sử dụng hiệu quả các nguồn tài nguyên tái tạo dư thừa để lưu trữ hoặc cung cấp điện. Hơn nữa, PEMFC cũng đã được phát triển như một giải pháp dự phòng khẩn cấp cho các cơ sở hạ tầng cốt lõi yêu cầu nguồn điện liên tục, chẳng hạn như nhà máy, bệnh viện, tháp tín hiệu và ngân hàng.

Bảng 3 liệt kê số lượng HRF được lắp đặt cho đến năm 2019 và các mốc thời gian quan trọng trong lộ trình phát triển HRF cho các quốc gia [12-14]. Đến tháng 12/2019, Hoa Kỳ có 44 HRF, hầu hết đều nằm ở bang California. Ở châu Âu có 139 HRF vào năm 2019 và khoảng 1.500 trạm sẽ hoạt động vào năm 2025 theo lộ trình phát triển của khu vực này. Tại châu Á, Chính phủ Trung Quốc, Nhật Bản và Hàn Quốc đang hỗ trợ phát triển công nghệ PEMFC và cơ sở hạ tầng HRF. Nhật Bản đã có 112 HRF vào năm 2019 và có kế hoạch mở lần lượt 320 và 900 nhà bán lẻ hydro vào cuối năm 2025 và 2030. Mặc dù hiện tại, Trung Quốc và Hàn Quốc có số lượng HRF tương đối nhỏ nhưng kế hoạch đầy tham vọng của họ cho thấy hơn 1.000 trạm sẽ được phát triển vào năm 2030.

### Triển vọng trong tương lai

Triển vọng phát triển PEMFC là nhanh chóng và rộng lớn. Trong giai

đoạn 2020-2050, các phương tiện chạy bằng PEMFC sẽ tiếp tục gia tăng trong khi giá sẽ tiếp tục giảm, tăng cường tối ưu hóa năng lượng, mở rộng giới hạn phạm vi chạy xe và tiếp tục tăng các HRF. Dự kiến sẽ có ít nhất 400 triệu ô tô sử dụng PEMFC được vận hành vào năm 2050 [15]. Quy mô sử dụng PEMFC sẽ tăng nhanh ở tất cả các phân khúc của phương tiện vận tải, tàu hỏa và máy bay vào năm 2050. Chính phủ Hoa Kỳ đang đặt mục tiêu tạo ra một mạng lưới năng lượng sạch lớn ở khu vực California với gần 10.000 HRF và 21.000 HRF trên toàn quốc vào năm 2050 [16]. Theo dự báo thị phần ô tô toàn cầu của Nhật Bản [17], vào năm 2040 có 26% là xe điện sạc (BEVs), 25% là FCEV, 25% là xe nhiên liệu truyền thống (ICEs) và 24% là xe lai. Trung Quốc có kế hoạch vận hành một triệu FCEV và 1.000 HRF vào năm 2030 [18]

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Y. Wang, K.S. Chen, J. Mishler, et al (2011), "A review of polymer electrolyte membrane fuels: Technology, applications, and needs on fundamental research", *Applied Energy*, **88**, pp.981-1007.
- [2] B. Biebuyck (2020), *FCH-JU initiatives Towards Realization of a Hydrogen Society*, Conference at the Tokyo FC Expo.
- [3] [insideevs.com/news/397240/hydrogen-fuel-cell-sales-2019-7500-globally](https://insideevs.com/news/397240/hydrogen-fuel-cell-sales-2019-7500-globally).
- [4] [hyundai.news/eu/brand/hyundai-motor-group-reveals-fcev-vision-2030](https://hyundai.news/eu/brand/hyundai-motor-group-reveals-fcev-vision-2030).
- [5] [global.toyota/en/newsroom/corporate/22647198.html](https://global.toyota/en/newsroom/corporate/22647198.html).

[6] [media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2013/Jul/0702-gm-honda.html](https://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2013/Jul/0702-gm-honda.html).

[7] joint fuel cell system manufacturing operation in Michigan. [media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2017/jan/0130-tunein.html](https://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2017/jan/0130-tunein.html).

[8] Y. Wang, D.F.R. Diaz, K.S. Chen, et al (2020), "Materials, technological status, and fundamentals of PEM fuel cells: a review", *Materials Today*, **32**, pp.178-203.

[9] [marketwatch.com/press-release/stationary-fuel-cells-market-2020-swt-analysis-top-countries-data-definition-market-size-growth-factors-segmentation-and-forecast-to-2024-2020-04-13](https://marketwatch.com/press-release/stationary-fuel-cells-market-2020-swt-analysis-top-countries-data-definition-market-size-growth-factors-segmentation-and-forecast-to-2024-2020-04-13).

[10] [fuelcellstore.com/blog-section/stationary-fuel-cell-power-applications](https://fuelcellstore.com/blog-section/stationary-fuel-cell-power-applications).

[11] [energy.gov/sites/prod/files/2018/01/f46/fcto\\_fc\\_stationary\\_power\\_apps.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2018/01/f46/fcto_fc_stationary_power_apps.pdf).

[12] Y. Yoon (2020), "Current status of the Korean hydrogen economy", *Austrian chamber of commerce event: Future of hydrogen technologies in Korea and Japan*.

[13] [motie.go.kr/motie/ne/press/press2/bbs/bbsView.do?bbs\\_cd\\_n=81&cate\\_n=1&bbs\\_seq\\_n=161262](https://motie.go.kr/motie/ne/press/press2/bbs/bbsView.do?bbs_cd_n=81&cate_n=1&bbs_seq_n=161262).

[14] [fchea.org/in-transition/2019/2/4/chinese-fuel-cell-industry-developments](https://fchea.org/in-transition/2019/2/4/chinese-fuel-cell-industry-developments).

[15] Hydrogen Council (2017), *Hydrogen Scaling up, a Sustainable Pathway for the Global Energy Transition*.

[16] H2USA Location Roadmap Working Group (2017), *National Hydrogen Scenarios: How many stations, where, when?*

[17] KPMG Automotive Institute (2018), *Global Automotive Executive Survey*.

[18] D.Y. Lee, A. Elgowainy, A. Kotz, R. Vijayagopal, J. Marcinkoski (2018), "Life-cycle implications of hydrogen fuel cell electric vehicle technology for medium-and heavy-duty trucks", *J. Power Sources*, **393**, 217-229.