

	VIETTEL AI RACE	TD075
	Kỹ Thuật Lưu Trữ Năng Lượng Pin Thế Hệ Mới Cho Lưới Điện Thông Minh	Lần ban hành: 1

Các nhà nghiên cứu tại Viện Công nghệ New Jersey (NJIT) đã sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI) để giải quyết vấn đề quan trọng trong việc lưu trữ năng lượng trong tương lai. Theo đó, công cụ AI cung cấp giải pháp thay thế bền vững với chi phí hợp lý cho pin lithium-ion. Kết quả nghiên cứu đã được công bố trên tạp chí *Cell Reports Physical Science*.

Nhóm nghiên cứu đã áp dụng thành công kỹ thuật AI tạo sinh để nhanh chóng khám phá các vật liệu xốp mới có khả năng cách mạng hóa pin đa hóa trị. Loại pin này sử dụng các nguyên tố dồi dào như magiê, canxi, nhôm và kẽm, mang đến giải pháp thay thế triển vọng và tiết kiệm chi phí cho pin lithium-ion đang gặp khó khăn về nguồn cung trên toàn cầu và tính bền vững.

Không giống pin lithium-ion truyền thống chỉ dựa vào các ion lithium mang điện tích dương, pin đa hóa trị sử dụng các nguyên tố có ion mang hai hoặc thậm chí ba điện tích dương. Điều này có nghĩa là pin đa hóa trị lưu trữ nhiều năng lượng hơn đáng kể nên trở thành giải pháp lưu trữ năng lượng hấp dẫn trong tương lai. Tuy nhiên, các ion đa hóa trị có kích thước và điện tích lớn dẫn đến khó tích hợp chúng hiệu quả vào vật liệu pin.

1. Bối cảnh và động lực

Sự phát triển của lưới điện thông minh (Smart Grid) và nhu cầu tích hợp năng lượng tái tạo như gió, mặt trời đòi hỏi các giải pháp lưu trữ năng lượng hiệu quả. Năng lượng tái tạo có tính dao động cao: khi mặt trời lặn hoặc gió yếu, nguồn cung giảm đột ngột. Hệ thống lưới điện thông minh cần các công nghệ pin thế hệ mới để:

- Cân bằng cung – cầu điện.
- Giảm tải trong giờ cao điểm.
- Đảm bảo độ ổn định và độ tin cậy cho toàn hệ thống.

	VIETTEL AI RACE	TD075
	Kỹ Thuật Lưu Trữ Năng Lượng Pin Thế Hệ Mới Cho Lưới Điện Thông Minh	Lần ban hành: 1

2. Hạn chế của pin truyền thống

Pin lithium-ion (Li-ion) đã trở thành chuẩn mực trong nhiều năm qua, nhưng:

- Giới hạn về mật độ năng lượng và chu kỳ sạc xả.
- Nguy cơ cháy nổ do chất điện phân lỏng.
- Chi phí nguyên liệu tăng cao, đặc biệt là cobalt và lithium.

Điều này thúc đẩy nghiên cứu các pin thế hệ mới có khả năng an toàn hơn, tuổi thọ dài hơn và thân thiện với môi trường.

3. Xu hướng chi phí và công nghệ:

Công nghệ pin lithium-ion (Li-ion) vẫn chiếm ưu thế tuyệt đối trong các dự án BESS hiện nay nhờ mật độ năng lượng cao, độ tin cậy và chi phí ngày càng giảm. Giá pin lithium-ion tiếp tục giảm so với giai đoạn trước, nhưng từ 2023-2025 xu hướng giảm đã chậm lại.

Theo thống kê: Giá thành pack pin Li-ion (là quá trình lắp ráp các Cells Pin Lithium, bảng mạch bảo vệ, đầu nối, vỏ ngoài, v.v... để tạo thành một bộ pin hoàn chỉnh) hiện nay vào khoảng 150-160 USD/kWh (giảm mạnh so với mức trên 1.000 USD/kWh cách đây một thập kỷ).

Các hệ thống BESS phổ biến có thời lượng lưu trữ 2-4 giờ, phù hợp với nhu cầu cân bằng phụ tải và hấp thụ NLTT dư thừa. Trong khi đó, các công nghệ lưu trữ dài hạn (LDES) như pin dòng (flow battery), sodium-ion, hay

	VIETTEL AI RACE	TD075
	Kỹ Thuật Lưu Trữ Năng Lượng Pin Thế Hệ Mới Cho Lưới Điện Thông Minh	Lần ban hành: 1

hydro đang được nghiên cứu và thử nghiệm để đáp ứng nhu cầu lưu trữ trên 8 giờ.

4. Các công nghệ pin thế hệ mới

4.1 Pin Thể Rắn (Solid-State Battery)

- Đặc điểm: Sử dụng chất điện phân rắn thay vì lỏng.
- Ưu điểm:
 - Mật độ năng lượng cao hơn 2–3 lần pin Li-ion.
 - An toàn hơn, giảm nguy cơ cháy nổ.
 - Chu kỳ sạc xả dài.
- Thách thức: Chi phí sản xuất cao, khó mở rộng công nghiệp.

4.2 Pin Sodium-Ion (Na-ion)

- Đặc điểm: Sử dụng natri (Na) – nguyên liệu rẻ và dồi dào.
- Ưu điểm:
 - Chi phí thấp.
 - Hoạt động tốt ở nhiệt độ thấp.
- Ứng dụng: Lưu trữ quy mô lớn trong lưới điện.

4.3 Pin Lưu Lượng (Flow Battery)

- Cơ chế: Năng lượng lưu trữ trong dung dịch điện phân lỏng chứa ion kim loại.
- Ưu điểm:
 - Dễ mở rộng dung lượng chỉ bằng việc tăng kích thước bể chứa.
 - Tuổi thọ hàng chục nghìn chu kỳ.
- Nhược điểm: Mật độ năng lượng thấp, cần diện tích lớn.

4.4 Pin Lithium-Sulfur (Li-S)

	VIETTEL AI RACE	TD075
	Kỹ Thuật Lưu Trữ Năng Lượng Pin Thế Hệ Mới Cho Lưới Điện Thông Minh	Lần ban hành: 1

- Ưu điểm: Mật độ năng lượng cao gấp 5 lần Li-ion, nguyên liệu lưu huỳnh rẻ.
- Thách thức: Sự hình thành polysulfide gây suy giảm dung lượng.

5. Tích hợp pin vào lưới điện thông minh

- Điều độ năng lượng (Energy Dispatch): Tự động nạp/xả pin để cân bằng tải.
- Dự báo nguồn tái tạo: Kết hợp AI để dự đoán sản lượng gió, mặt trời và điều chỉnh lưu trữ.
- Microgrid: Các lưới điện nhỏ độc lập dùng pin để hoạt động khi mất điện từ lưới chính.

6. Lợi ích đối với lưới điện thông minh

- Ổn định điện áp và tần số: Đáp ứng nhanh các dao động tải.
- Giảm chi phí vận hành: Tối ưu hóa mua bán điện trên thị trường.
- Hỗ trợ năng lượng tái tạo: Tích trữ điện dư vào ban ngày, cung cấp khi thiếu.

7. Thách thức và giải pháp

- Chi phí đầu tư: Cần giảm giá thành pin thể rắn và pin Li-S.
- Chuỗi cung ứng nguyên liệu: Phát triển khai thác natri, lưu huỳnh bền vững.
- Quản lý tái chế: Thiết lập hệ thống thu hồi và tái chế pin an toàn.

	VIETTEL AI RACE	TD075
	Kỹ Thuật Lưu Trữ Năng Lượng Pin Thế Hệ Mới Cho Lưới Điện Thông Minh	Lần ban hành: 1

8. Hướng phát triển tương lai

- Kết hợp trí tuệ nhân tạo: Dự đoán tuổi thọ pin và điều khiển sạc thông minh.
- Pin lai (Hybrid Battery): Kết hợp nhiều công nghệ (Na-ion + Flow) để cân bằng hiệu suất và chi phí.
- Tiêu chuẩn hóa toàn cầu: Thiết lập giao thức kết nối pin với lưới điện để dễ triển khai.