TRÍCH YẾU LUẬN ÁN TIẾN SĨ

I. Họ và tên NCS: Trần Viết Thành

II. Ngành: Kỹ thuật điện

III. Mã số: 9520201

IV. Người hướng dẫn khoa học: 1. PGS.TS. Nguyễn Hữu Hiếu

2. TS. Lê Cao Quyền

V. Tên đề tài luận án: Nghiên cứu đề xuất các giải pháp điều khiển thiết bị tích trữ điện năng nhằm nâng cao ổn định hệ thống điện khi có sự tích hợp nguồn năng lượng tái tạo

VI. Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng

VII. Tóm tắt nội dung luận án

1. Lý do chọn đề tài

Phát triển nguồn năng lượng tái tạo (NLTT) là xu thế tất yếu của các quốc gia. Đến cuối năm 2024, công suất điện mặt trời và điện gió trên thế giới lần lượt đạt khoảng 1.852 GW và 1.133 GW (IRENA). Tại Việt Nam, các nguồn điện gió và mặt trời đạt 21.447 MW, chiếm khoảng 26% tổng công suất đặt. Theo Quy hoạch điện VIII điều chỉnh, tỷ trọng NLTT sẽ tiếp tục tăng lên khoảng 29% vào năm 2030 và 44% vào năm 2045.

Tốc độ tích hợp NLTT quá nhanh đã gây nhiều khó khăn cho vận hành và ổn định hệ thống điện: Nhật thực năm 2015 làm Đức mất 6.000–13.000 MW điện mặt trời trong khoảng 15 phút; tại Việt Nam, ngày 11/10/2020 tần số hệ thống tăng đến 50,5 Hz do thừa nguồn và ngày 18/10/2020 phải cắt giảm khoảng 1.500 MW điện mặt trời do phụ tải thấp. Khi tỷ trọng NLTT tăng cao, quán tính của hệ thống suy giảm khiến ổn định tần số trở thành vấn đề nổi bật nhất, đồng thời quá tải các đường dây liên kết buộc phải cắt giảm công suất NLTT.

Các thiết bị tích trữ điện năng, đặc biệt là hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS) và nhà máy thủy điện tích năng (TĐTN), là giải pháp khả thi để giải quyết các vấn đề trên. Tuy nhiên, các nghiên cứu trong nước chủ yếu dừng ở đánh giá tiềm năng hoặc thử nghiệm quy mô nhỏ, còn các nghiên cứu trên thế giới thường tập trung vào từng công nghệ riêng lẻ. Thêm vào đó, các nghiên cứu phối hợp đồng thời BESS – TĐTN cùng còn rất hạn chế về số lượng. Với những lý do trên đã tạo nên tính cấp thiết và ý nghĩa khoa học – thực tiễn cho việc lựa chọn đề tài nghiên cứu này.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu tổng quát: Nghiên cứu ảnh hưởng của các nhà máy điện mặt trời, điện gió quy mô lớn đến ổn định tần số hệ thống điện; xây dựng mô hình điều khiển của hai

thiết bị tích trữ điện năng là BESS và TĐTN cùng chiến lược vận hành phối hợp BESS – TĐTN, áp dụng cho lưới điện mẫu IEEE 39-Bus và lưới điện thực tế Việt Nam.

Các mục tiêu cụ thể:

i. Đánh giá ảnh hưởng của quá trình tích hợp nguồn điện mặt trời, điện gió đến ổn định tần số lưới điện truyền tải.

ii. Đề xuất mô hình điều khiển BESS theo nguyên lý độ sụt giảm phi tuyến thích ứng kết hợp phản hồi trạng thái sạc (SOC), nhằm hạn chế dao động tần số, cải thiện tốc độ thay đổi tần số (RoCoF) và điều chỉnh SOC.

iii. Đề xuất mô hình điều khiển nhà máy TĐTN tốc độ thay đổi (VS-PSHP) với chế độ bơm/phát tối ưu xác định bằng thuật toán Tối ưu đa mục tiêu Di truyền (chi phí nhiên liệu – phát thải CO_2 – tổn thất năng lượng), qua đó làm rõ vai trò phủ đỉnh – điền đáy và ổn định tần số của TĐTN Bác Ái.

iv. Đề xuất Chiến lược vận hành phối hợp (COS) BESS – TĐTN nhằm giảm quá tải đường dây, tối ưu phân bổ công suất, hạn chế cắt giảm công suất NLTT và nâng cao ổn định tần số.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

3.1. Đối tượng nghiên cứu

Các nhà máy điện NLTT (mặt trời, gió…), hệ thống pin lưu trữ năng lượng (BESS), nhà máy thủy điện tích năng và hệ thống điện Việt Nam.

3.2. Phạm vi nghiên cứu

Trọng tâm là ổn định tần số của hệ thống điện có tỷ trọng NLTT cao (độ lệch tần số, RoCoF, tần số cực trị và quá trình phục hồi tần số) và các giải pháp điều khiển BESS, TĐTN khi vận hành riêng lẻ và phối hợp. Ngoài ra, luận án xem xét ổn định động của TĐTN khi xảy ra sự cố ngắn mạch trên lưới 500kV và khả năng giảm quá tải các đường dây liên kết; không xét ổn định tín hiệu nhỏ, ổn định điện áp dài hạn và bài toán tối ưu vị trí, dung lượng BESS. Lưới điện áp dụng gồm lưới chuẩn IEEE 39-Bus đã sửa đổi, lưới điện 500/220 kV khu vực Tây Nguyên và lưới điện khu vực Ninh Thuận – Nam Trung Bộ.

4. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu tài liệu; thu thập và xử lý dữ liệu vận hành hệ thống điện Việt Nam, dữ liệu nguồn – tải; nghiên cứu lý thuyết kết hợp mô hình hóa, mô phỏng miền thời gian trên phần mềm DIgSILENT PowerFactory; tối ưu đa mục tiêu bằng thuật toán Di truyền (GA) với công cụ PDPAT II; kiểm chứng trên lưới điện mẫu và lưới điện thực tế, so sánh với mô hình CBEST và trường hợp không có thiết bị tích trữ.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

Tính mới và ý nghĩa khoa học của luận án có thể được tóm lược như sau:

- *Thứ nhất,* phát triển mô hình điều khiển BESS theo nguyên lý độ sụt giảm phi tuyến thích ứng có phản hồi SOC với các vòng điều khiển nối tầng (P – f, P – Q, Q – U và vòng dòng điện), giảm RoCoF trung bình khoảng 23 – 52% so với khi không có BESS và cho tần số cực trị tốt hơn mô hình CBEST.
- *Thứ hai,* xây dựng mô hình điều khiển VS-PSHP kết hợp bài toán tối ưu đa mục tiêu Di truyền (chi phí nhiên liệu – phát thải CO_2 – tổn thất năng lượng), làm rõ vai trò phủ đỉnh – điền đáy và hỗ trợ ổn định tần số của TĐTN so với các phương án nhiệt điện than và LNG.
- *Thứ ba,* đề xuất Chiến lược vận hành phối hợp (COS) BESS – TĐTN dựa trên mức năng lượng dư thừa/thiếu hụt của nguồn NLTT, phân vai theo thang thời gian: BESS đảm nhận các biến động nhanh, ngắn hạn; TĐTN đảm nhận cân bằng năng lượng chu kỳ dài và phục hồi tần số sau sự cố.

Những đóng góp về mặt thực tiễn của luận án như sau:

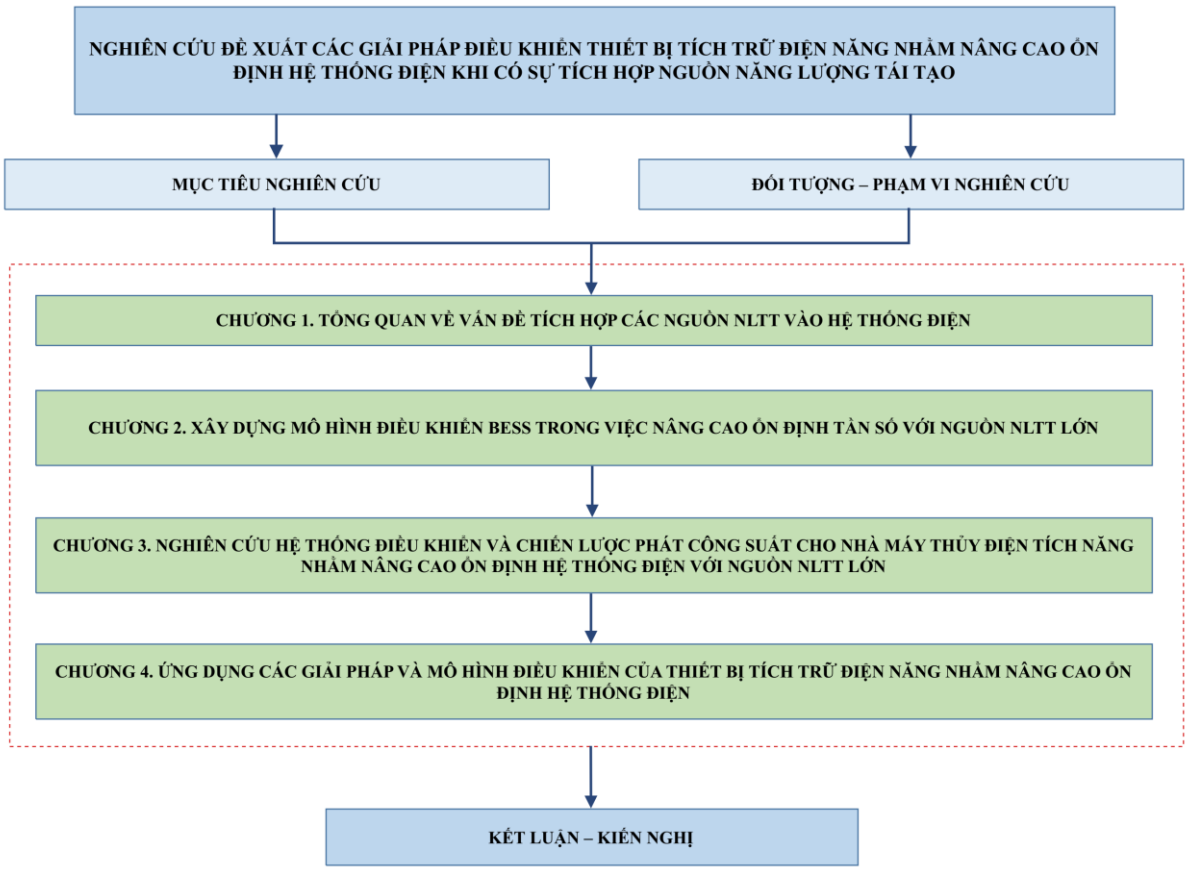
(1) Mô hình điều khiển BESS đề xuất cùng khung vận hành SOC 20 – 85% có thể tham khảo khi xây dựng quy định đấu nối, vận hành và lập lệnh điều độ đối với BESS.

(2) Với TĐTN Bác Ái: Chế độ vận hành tối ưu khoảng 9 giờ bơm và 7 giờ phát mỗi ngày. TCO trong 20 năm thấp hơn phương án xây mới nhà máy LNG cùng quy mô khoảng 2.913 triệu USD. Khi mây che làm suy giảm khoảng 5.000 MW điện mặt trời, TĐTN giữ tần số trong khoảng 48,4 – 50,8 Hz (khi không có TĐTN là 45,8 – 53,4 Hz).

(3) Chiến lược COS giảm mức mang tải cực đại của hai đường dây 500kV Vĩnh Tân – Đồng Nai và Vĩnh Tân – Hồng Phong từ 111 – 117,8% xuống không quá 91,5%, hạn chế cắt giảm công suất NLTT. Khi ngắn mạch thoáng qua, tần số cực tiểu tăng từ 49,891 Hz lên 49,903 Hz và thời gian xác lập rút ngắn từ khoảng 1,0 s xuống 0,4 s.

6. Cấu trúc của luận án

Luận án gồm phần mở đầu, 4 chương nội dung, phần kết luận và kiến nghị, danh mục các công trình đã công bố, danh mục tài liệu tham khảo và các phụ lục. Cấu trúc của luận án được tổng hợp theo sơ đồ dưới đây:



Nghiên cứu sinh

Trần Viết Thành