

THÔNG TIN VỀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Tên luận án: **Tối ưu hóa lưới điện phân phối ba pha cân bằng và không cân bằng có máy phát phân tán**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện

Mã số: 9520201

Họ tên nghiên cứu sinh: Phạm Đình Thái

Khóa: 2021

Người hướng dẫn khoa học:

TS. Nguyễn Trung Thắng

PGS. TS. Lê Chí Kiên

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

1. Tóm tắt nội dung

Trong bối cảnh nguồn năng lượng hóa thạch ngày càng cạn kiệt dần và các mối lo ngại về vấn đề môi trường thì việc sử dụng năng lượng tái tạo như các nguồn phát năng lượng mặt trời và năng lượng gió được coi như là một giải pháp thay thế khả thi. Các nguồn phát này mang lại nhiều ưu điểm như giảm thiểu tổn thất công suất, cải thiện điện áp, nâng cao độ tin cậy hệ thống và giảm thiểu chi phí tổng việc vận hành. Tuy nhiên, vị trí kết nối và công suất lắp đặt của các nguồn năng lượng tái tạo này trong lưới điện, đặc biệt là cấp độ phân phối là một bài toán phức tạp mà đòi hỏi phải xem xét tất cả các khía cạnh về kinh tế, kỹ thuật và môi trường. Do đó, luận án này tập trung giải quyết vấn đề tối ưu vị trí và công suất của các nguồn phát phân tán như năng lượng mặt trời (PFs), năng lượng gió (WFs), tụ bù (CB) và hệ thống lưu trữ năng lượng (BESS) trong lưới điện phân phối để tối đa phúc lợi kinh tế mà vẫn thỏa mãn tất cả các tiêu chí kỹ thuật.

Luận án này đã nghiên cứu và phát triển thành công phương pháp sử dụng thuật toán tối ưu kết hợp với mô phỏng bằng phần mềm cho việc xác định các biến liên quan đến vị trí và công suất các nguồn phát phân tán trong lưới điện phân phối. Modified Coyote Optimization Algorithm (MCOA) được đề xuất như là một thuật toán tối ưu hiệu quả và ổn định tốt cho việc giải quyết bài toán trong đa dạng các kiểu lưới điện khác nhau trong thực tế gồm:

- Lưới điện phân phối ba pha cân bằng: Hệ thống có công suất các tải ở mỗi pha trong ba pha bằng nhau.
- Lưới điện phân phối ba pha không cân bằng: Hệ thống có công suất các tải ở mỗi pha khác nhau và số lượng pha trong hệ thống có thể cũng khác nhau.

Luận án thực hiện thí nghiệm trên ba bài toán điển hình gồm: Bài toán thứ nhất là áp dụng MCOA cho việc xác định vị trí và công suất của PFs, WFs, CB và BESS trong hệ thống ba pha cân bằng dưới sự xem xét tải tiêu thụ và nguồn phát thay đổi theo thời gian. Bài toán tiếp theo là xem xét sự xâm nhập của PFs và WFs trong lưới phân phối ba pha không cân bằng do lệch tải trong mỗi pha. Bài toán cuối cùng là xác định sự kết nối tối ưu cho PFs, WFs, và BESS trong lưới phân phối ba pha không cân bằng quy mô lớn, phức tạp với nhiều thiết bị tồn tại sẵn trên lưới. Bài toán thứ hai và thứ ba đã sử dụng hàm phân bố xác suất Beta và Rayleigh để mô phỏng sự phân bố bức xạ mặt trời và tốc độ gió, từ đó tính toán dự đoán công suất phát cho mô-đun quang điện và tua-bin gió tương ứng. Thêm vào đó, nghiên cứu cũng đề xuất ứng dụng sự phối hợp mô phỏng giữa hai phần mềm nguồn mở là OpenDSS và MATLAB thông qua cổng COM để giải quyết các vấn đề tối ưu một cách nhanh chóng và thuận tiện. Các kết quả đạt được từ việc áp dụng giải pháp tối ưu cho

vị trí và công suất của các nguồn phát trong các lưới điện phân phối cụ thể đã giúp giảm thiểu chi phí trong việc đầu tư, chi phí vận hành, tổn thất công suất trên các nhánh, nâng cao điện áp nút và gia tăng độ tin cậy hệ thống. Ngoài ra, nghiên cứu cũng đã chứng minh sự nổi trội của thuật toán đề xuất MCOA so với nhiều thuật toán tối ưu so sánh khác như IPSO (Improved Particle Swarm Optimization), CSA (Cuckoo Search Algorithm), SSA (Salp Swarm Algorithm), SMA (Slime Mould Algorithm), COA (Coyote Optimization Algorithm) trong cùng mục tiêu và điều kiện xem xét. Điều này có ý nghĩa thực tiễn to lớn trong việc xác định phương pháp và công cụ hữu ích trong việc giải quyết các bài toán tối ưu khác nhau.

2. Những đóng góp mới của đề tài

Những đóng góp mới của luận án có thể được tóm tắt một cách ngắn gọn như sau:

- Luận án đã xác định thành công giải pháp kết nối của các nguồn phát năng lượng mặt trời, năng lượng gió, tụ bù và hệ thống lưu trữ năng lượng với mục tiêu là giảm thiểu tối đa tổng chi phí mà vẫn đáp ứng đầy đủ các tiêu chí kỹ thuật khi vận hành lưới. Tổng chi phí xem xét gồm: (1) chi phí đầu tư, (2) chi phí vận hành và bảo trì, (3) chi phí phát điện từ lưới chính và (4) chi phí phát thải từ nhà máy điện truyền thống. Đây được xem như là sự xem xét toàn diện cho bài toán xác định giải pháp thâm nhập tối ưu của nguồn phân tán vào lưới phân phối.
- Xem xét sự thâm nhập của sóng hài do các tải phi tuyến và từ các thiết bị chuyển đổi công suất gây ra trên lưới điện. Việc thâm nhập của sóng hài gây ra nhiều ảnh hưởng tiêu cực đến lưới nên cần tuân theo tiêu chuẩn IEEE Std. 519 và quy định 30/2019/TT-BCT. Điều này hầu như chưa nhận được sự quan tâm xem xét một cách đầy đủ từ các nghiên cứu trước đây trên thế giới.
- Luận án đã phát triển thành công thuật toán tối ưu mới với độ ổn định cao gọi là MCOA cho việc giúp xác định vị trí và công suất lắp đặt của các nguồn phát phân tán trong các lưới điện phân phối khác nhau. Thêm vào đó, nghiên cứu này cũng đề xuất áp dụng thành công một công cụ phối hợp mô phỏng giữa MATLAB và OpenDSS. Sự phối hợp mô phỏng đồng thời này đã mang lại nhiều lợi thế về tính linh hoạt và tốc độ xử lý trong việc tính toán trào lưu công suất cũng như giải quyết các bài toán tối ưu phức tạp khác nhau.
- Luận án đã triển khai các mô hình toán học cho đa dạng các loại lưới phân phối ba pha cân bằng và không cân bằng cho việc đánh giá sự ảnh hưởng và mức độ hiệu quả của hệ thống điện khi có sự hiện diện của các nguồn phát phân tán.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 24 tháng 7 năm 2025

Nghiên cứu sinh

Phạm Đình Thái