

CHƯƠNG 1 GIỚI THIỆU

1.1 Đặt vấn đề

Việc tìm ra giải pháp để xác định vận hành tối ưu các hệ thống điện quán tính và không quán tính để chúng làm việc hiệu quả, nâng cao độ tin cậy tận dụng tối đa nguồn năng lượng sạch từ thiên nhiên (gió, mặt trời) là một trong những đề tài hấp dẫn ẩn chứa nhiều điều cần khai phá.

1.2 Mục tiêu và nhiệm vụ

Luận án hướng đến mục tiêu: Tìm ra giải pháp tối ưu để tính toán xác định vận hành các dạng hệ thống điện Microgrid khác nhau nhằm đạt được mục tiêu kinh tế và phát thải nhưng đồng thời đảm bảo nhu cầu phụ tải.

1.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Bài toán tính toán xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện Microgrid sử dụng thuật toán tìm kiếm thông minh với các dạng bài toán sau:

1. Vận hành tối ưu lưới điện microgrid chỉ có các máy phát DG. Xác định vận hành tối ưu lưới điện microgrid hệ DG và PV. Xác định vận hành tối ưu lưới điện microgrid hệ DG và WT. Xác định vận hành tối ưu lưới điện microgrid hệ DG, WT và PV. Xác định vận hành tối ưu lưới điện microgrid hệ DG, gió và mặt trời có tính đến giá trị lợi ích khi sử dụng năng lượng tái tạo. Xác định vận hành tối ưu lưới điện microgrid trong điều kiện biên của các máy phát DG sử dụng cùng lúc các nguồn nhiên liệu khác nhau để phát điện.
2. Bài toán xác định vận hành tối ưu lưới điện microgrid hệ DG, WT, PV và HP. Bài toán xác định vận hành tối ưu lưới điện microgrid hệ DG, WT, PV, HP và hệ lưu trữ. Bài toán xác định vận hành tối ưu lưới điện nối lưới.
3. Bài toán xác định cấu trúc lưới điện tách lưới bao gồm PV, WT và hệ lưu trữ.

1.4 Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện thông qua các bước cụ thể

1. Đánh giá phân tích các kết quả nghiên cứu đã công bố có liên quan đến luận án từ đó đưa ra những điểm cần cải thiện.

2. Phân tích tính toán và lập trình để đưa ra các kết quả cho bài toán tối ưu vận hành hệ thống Microgrid theo từng trường hợp.

1.5 Các đóng góp của luận án

1.5.1 Hệ số điều chỉnh

Hệ số được chọn nằm trong khoảng $[0,1]$. Hệ số này được đưa vào để cải thiện giai đoạn khuếch tán. Do đó tác giả xây dựng đoạn chương trình để lựa chọn giá trị h_{dc} , h_{dc} càng nhỏ thì độ phức tạp của các điều kiện và biến đầu vào càng thấp.

1.5.2 Hệ số tương quan

Áp dụng hệ số tương quan h vào các mô hình bài toán thì h có thể có 5 biến thể để lựa chọn bao gồm $h_{\min-\min}$, $h_{\min-\max}$, $h_{\max-\min}$, $h_{\max-\max}$, h_{average} . Việc lựa chọn biến thể nào của h được thực hiện tự động thông qua lập trình.

1.5.3 Cải tiến thuật toán SOS

Dựa trên thuật toán SOS, luận án đã cải tiến và phát triển thuật toán SOS trở thành thuật toán ISOS.

1.5.4 Giải quyết đa dạng các bài toán về tối ưu hóa lưới điện microgrid

Luận án phân tích 5 dạng toán chính của bài toán xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện microgrid với 7 bài toán cụ thể chia thành 4 dạng toán chính. Các thuật toán được đề xuất đủ năng lực giải quyết các bài phức tạp trong hệ thống microgrid.

1.5.5 Các thuật toán cho lời giải hiệu quả

Với mỗi kịch bản hoạt động của hệ microgrid, lời giải của các thuật toán SFSA, SOSA, ISOS đều cho tốc độ hội tụ nhanh.

1.6 Bộ cục của luận án

Luận án có bộ cục gồm 6 chương với các nội dung như sau:

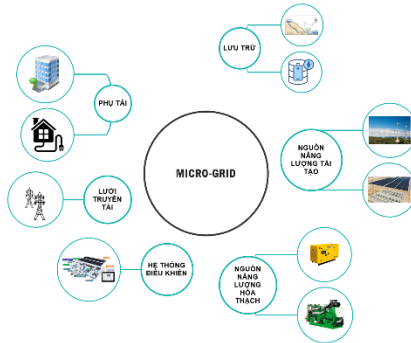
1. Chương 1: Giới thiệu về lý do lựa chọn đề tài.
2. Chương 2: Tổng quan lý thuyết.
3. Chương 3: Mô hình và Phương pháp luận.
4. Chương 4: Bài toán tối ưu thiết kế và dự trữ năng lượng.
5. Chương 5: Bài toán phân phối và quản lý năng lượng
6. Chương 6: Kết luận và hướng phát triển.

CHƯƠNG 2 TỔNG QUAN

2.1 Lưới điện siêu nhỏ (microgrid)

2.1.1 Đặc điểm của microgrid

Thuật ngữ Microgrid được nhắc đến đầu tiên tại hội nghị 2001 IEEE PES WM Panel led bởi nhà khoa học Bob Lasseter.



Hình 2.1 Cấu trúc một hệ microgrid

Một hệ thống Microgrid kết nối hoàn chỉnh bao gồm:

- Cấp phát điện – Cấp biến đổi nguồn điện
- Cấp lưu trữ - cấp điều khiển giám sát

2.1.2 Vai trò nhiệm vụ của microgrid

Microgrid được phân thành các hệ thống:

- Hệ thống cô lập – Hệ thống nối lưới
- Hệ thống có hệ lưu trữ - hệ thống không lưu trữ

2.2 Các nguồn năng lượng phân tán (DER)

2.2.1 Khái niệm

Theo ERPI thì DER là các nguồn có công suất từ 1 kW cho đến 50 MW, GRI thì các nguồn phát công suất từ 25kW đến 25MW. Theo Hội đồng quốc tế về hệ thống điện lớn thì DER là các nguồn có công suất từ 50 kW đến 100 MW.

2.2.2 Phân loại

Xét về công suất DER chia thành 4 cấp: Siêu nhỏ - Nhỏ - Trung bình – Lớn

Xét về loại hình năng lượng DER chia 3 loại: Hóa thạch – Tái tạo – Hệ lưu trữ.

2.3 Xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện microgrid

2.3.1 Xác định cấu trúc lưới điện microgrid

Bài toán xác định cấu trúc lưới điện chính là bài toán thiết kế lưới điện Microgrid sao cho tìm được thiết kế tối ưu thỏa mãn các mục tiêu khác nhau.

2.3.2 Vận hành tối ưu lưới điện microgrid

Hệ thống hoạt động cách ly giúp toàn bộ phụ tải không ảnh hưởng bởi các sự cố lưới điện. Hệ thống vận hành nối lưới thì giúp nguồn phụ tải phía dưới ổn định.

2.4 Các bài toán xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện microgrid

2.4.1 Các dạng bài toán xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện Microgrid

- Quản lý Năng lượng - Phân phối Năng lượng.
- Điều khiển Tối ưu.
- Tối ưu Thiết kế - Tối ưu Hóa Dự Trữ Năng lượng.

2.4.2 Tổng quan các phương pháp nghiên cứu về xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện Microgrid

Các thuật toán phổ biến bao gồm: Thuật toán di truyền (Genetic Algorithm - GA), thuật toán di truyền sắp xếp không phân loại (NSGA), thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO); thuật toán di truyền được mã hóa thực sự (RCGA), thuật toán tìm kiếm hài hòa điều chỉnh (MHS), GA kết hợp PSO, thuật toán di truyền đa mục tiêu (MOGA), Thuật toán di truyền sắp xếp không phân loại II (NSGA-II)....

2.4.3 Bài toán xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện microgrid

2.4.3.1 Thuật toán di truyền

Trong [1] sử dụng GA phân cấp để xử lý dữ liệu của hệ thống quản lý năng lượng (EMS) trong lưới điện Microgrid nối lưới với mục đích tối đa hóa lợi nhuận.

2.4.3.2 Thuật toán di truyền sắp xếp không phân loại (NSGA)

Trong [2] NSGA được sử dụng để tìm ra kích thước tối ưu lưới điện Microgrid bao gồm PV/gió/diesel với bộ lưu trữ pin cho thành phố Yanbu, Ả Rập Saudi.

2.4.3.3 Thuật toán di truyền sắp xếp không phân loại II (NSGA-II)

Trong [3] áp dụng NSGA-II để giảm chi phí vận hành, nhiên liệu DER, chi phí mua bán điện năng; giảm độ lệch điện áp nhờ tìm vị trí tốt nhất kết nối microgrid.

2.4.3.4 Thuật toán tiến hóa vi phân đa mục tiêu dựa trên phép lấy tổng (SMODE)

Trong [4] sử dụng SMODE tìm lời giải tối ưu bài toán điều độ phát thải kinh tế hệ 6 máy phát chuẩn IEEE với nguồn gió; hệ 40 máy phát có điện gió.

2.4.3.5 Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO)

Xét [5] nghiên cứu dùng PSO để thực hiện các công việc vào việc giải quyết bài toán tối ưu lưu trữ năng lượng cho hệ Microgrid với 3 kịch bản.

2.4.3.6 Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (Quantum-Behaved PSO - QPSO)

Xét [6] tập trung vào việc giải quyết bài toán tối ưu hóa công suất hệ thống lưu trữ năng lượng hỗn hợp (HESS) (kết hợp giữa pin lưu trữ và siêu tụ điện).

2.4.3.7 Thuật toán di truyền mã hóa theo số thực (RCGA)

Xét [7] sử dụng RCGA giải bài toán tối ưu điều độ chu trình nạp xả của hệ pin lưu trữ và dịch chuyển tải của lưới điện Microgrid nối lưới và tách lưới.

2.4.3.8 Thuật toán tối ưu hóa đàn kiến (ACO)

Xét [8] sử dụng ACO tìm lời giải tối ưu cho bài toán điều độ phát thải kinh tế cho hệ microgrid với 3 máy phát DG và 1 hệ PV, WT theo biểu đồ 24 giờ.

2.4.3.9 Thuật toán tìm kiếm hài hòa điều chỉnh (MHS)

Trong [9] dùng MHS để giải quyết bài toán điều độ kinh tế và phát thải tổng hợp trong hệ thống Microgrid có tính đến hàm chi phí điện gió và điện mặt trời.

2.4.3.10 Phương pháp tìm kiếm giảm độ dốc (RGSM).

Với [10], hệ Microgrid được xem xét gồm 3 máy phát truyền thống và hệ mặt trời, hệ gió hoạt động theo biểu đồ tải yêu cầu theo giờ trong vòng 24 giờ.

2.4.3.11 Thuật toán chu trình nước (WCA)

Với [11] áp dụng các thuật toán siêu mô phỏng là thuật toán chu trình nước (WCA), thuật toán tối ưu hóa bướm đêm (MFO), GA để giải quyết vấn đề.

2.4.3.12 Thuật toán tìm kiếm hỗn loạn (CSA)

Với [12] đưa ra một thuật toán tối ưu mới dựa trên nền tảng ba thuật toán: tìm kiếm hỗn loạn (CSA), tìm kiếm hài hòa (HSA), ủ mô phỏng (SAA).

2.4.3.13 Thuật toán tìm kiếm nội bộ (ISA)

Xét [13] tương tự các nghiên cứu ở trên các tác giả đưa ra các giải thuật để giải bài toán tối ưu kinh tế và phát thải tổng hợp (CEED) cho hệ Microgrid bằng cách

sử dụng thuật toán tìm kiếm nội bộ (ISA). Các tác giả áp dụng thuật toán để giải bài toán với 4 kịch bản khác nhau cho nhu cầu tải trong 24 giờ.

2.5 Nhận xét chung

Dựa trên các nghiên cứu của các tác giả có thể phân chia các nghiên cứu vào 5 dạng toán đã được đề cập trong 2.4.1

2.6 Các vấn đề nghiên cứu

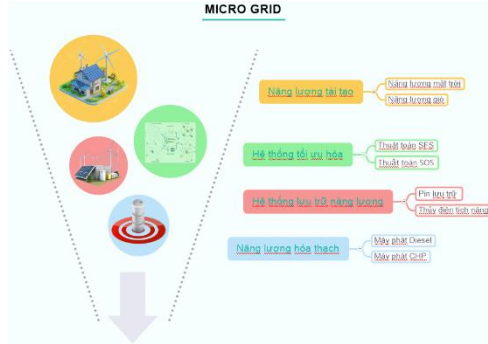
Luận án tập trung nghiên cứu các vấn đề sau:

- Lưới điện Microgrid các nguyên lý, cấu tạo và cách thức lưới điện Microgrid hoạt động, vận hành và điều khiển. Tổng quan về xác định cấu trúc lưới điện Microgrid và các cách thức vận hành tối ưu hệ thống.
- Các nguồn phân tán, cấu trúc đặc điểm và vai trò vị trí của nguồn phân tán trong lưới điện Microgrid.
- Thuật toán tìm kiếm thông minh: Đặc điểm, tính chất, cách thức hoạt động và cách áp dụng các thuật toán tìm kiếm thông minh trong việc tìm lời giải tối ưu cho các dạng mô hình khác nhau của lưới điện Microgrid.
- Bài toán xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện Microgrid: Các dạng bài toán, đặc điểm cấu trúc từng dạng toán và các bài toán cụ thể.

CHƯƠNG 3 MÔ HÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP LUẬN

3.1 Đặt vấn đề

3.2 Mô hình phần tử



Hình 3.1 Mô hình bài toán Microgrid

3.2.1 Tuabin gió

Công suất ngõ ra của các máy phát được biểu diễn bằng phương trình sau:

$$P_w = \begin{cases} 0 & V_{cut_in} < V, V > V_{cut_off} \\ P_{rated} \times \left(\frac{V - V_{cut_in}}{V_{rated} - V_{cut_in}} \right)^3 & V_{cut_in} < V < V_{rated} \\ P_{rated} & V_{rated} < V < V_{cut_off} \end{cases} \quad (3.5)$$

3.2.2 Năng lượng quang điện

Công suất ngõ ra được tính bằng công thức

$$P_{PV} = P_{STC} \frac{G_{ING}}{G_{STC} [1 + k(T_c - T_r)]} \quad (3.6)$$

3.2.3 Máy phát Diesel

Tổng mức tiêu hao nhiên liệu F_c (\$/h), lượng phát thải F_e (\$/h) của máy phát diesel có thể miêu tả bằng phương trình (3.7), (3.8)

$$F_c = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^N t_m [\alpha_i + b_i P_{im} + c_i P_{im}^2] \quad (3.7)$$

$$F_e = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^N t_m [\alpha_i + \beta_i P_{im} + \gamma_i P_{im}^2] \quad (3.8)$$

Đối với thiết bị máy phát xét đến valve-point effects thì

$$F_c = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^N t_m [\alpha_i + b_i P_{im} + c_i P_{im}^2 + |d_i \sin\{f_i * (P_i^{\min} - P_i)\}|] \quad (3.9)$$

$$F_e = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^N t_m [\alpha_i + \beta_i P_{im} + \gamma_i P_{im}^2 + \delta_i * \exp(\theta_i P_i)] \quad (3.10)$$

3.2.4 Máy phát đồng phát nhiệt

Tổng mức tiêu hao nhiên liệu F_c (\$/h), lượng phát thải F_e (\$/h) của máy phát CHP miêu tả bằng phương trình (3.11), (3.12)

$$F_c = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^N t_m [\alpha_i + b_i P_{im} + c_i P_{im}^2] \quad (3.11)$$

$$F_e = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^N t_m [\alpha_i + \beta_i P_{im} + \gamma_i P_{im}^2] \quad (3.12)$$

Đối với thiết bị máy phát xét đến valve-point effects thì

$$F_c = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^N t_m [\alpha_i + b_i P_{im} + c_i P_{im}^2 + |d_i \sin\{f_i * (P_i^{\min} - P_i)\}|] \quad (3.13)$$

$$F_e = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^N t_m [\alpha_i + \beta_i P_{im} + \gamma_i P_{im}^2 + \delta_i * \exp(\theta_i P_i)] \quad (3.14)$$

3.2.5 Pin lưu trữ (ắc quy)

Cường độ AH của acquy được biểu diễn bằng công thức:

$$P_- \leq \frac{0.1 \times V_{sys} \times U_{batt}}{\Delta t} \quad (3.15)$$

Thông số sạc (SOC) của ắc quy:

$$SOC = SOC_{\max} - P_- - P_+ \quad (3.16)$$

Điều kiện của chế độ SOC của ắc quy:

$$SOC_{\min} \leq SOC \leq SOC_{\max} \quad (3.17)$$

3.2.6 Thủy điện tích năng

Việc xác định công suất của nhà máy thủy điện được tính toán theo công thức:

$$N_t = 9.81 * \eta_r * Q_t * H_t \quad (3.18)$$

$$H_{t+1} = H_t + R_t - S_t - K_t \quad (3.19)$$

3.2.7 Hàm số liên quan

3.2.7.1 Phương trình cân bằng tải đối với hệ tách lưới

$$P_{DG} + P_{CHP} + P_{WT} + P_{PV} + P_{batt} + P_{HP} = P_L \quad (3.20)$$

3.2.7.2 Phương trình cân bằng tải đối với hệ nối lưới

$$P_{DG} + P_{CHP} + P_{WT} + P_{PV} + P_{batt} + P_{HP} + P_{grid} = P_L \quad (3.21)$$

3.2.7.3 Các ràng buộc

$$P_{min} \leq P_{DGi} \leq P_{max} \quad (3.22)$$

$$H_i \leq H_{max} \quad (3.23)$$

3.2.7.4 Véc tơ lời giải

Vectơ lời giải S được biểu diễn như sau:

$$P = [P_{WP,i1}, P_{PV,i2}, P_{CHP,i3}, P_{DG,i4}, P_{batt,i5}, P_{HP,i6}, P_{grid}] \quad (3.24)$$

3.2.7.5 Hàm mục tiêu

Trong luận án hàm mục tiêu được cho dưới dạng tổng quát theo phương trình dưới đây: $F = f(f_c, f_e, f_{PV}, f_{WT}, f_{batt}, f_{HP}, f_{batt})$ (3.25)

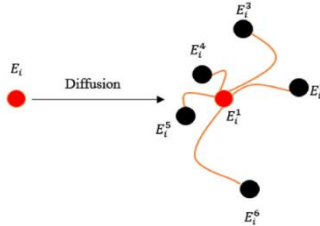
3.3 Thuật toán Tìm kiếm phân dạng ngẫu nhiên (SFSA)

3.3.1 Cơ sở thuật toán

Thuật toán SFSA bao gồm hai quá trình chính: Quá trình khuếch tán và Quá trình cập nhật.

3.3.1.1 Quá trình khuếch tán

Tăng xác suất tìm thấy cực tiểu toàn cục, tránh các bẫy cực tiểu địa phương.



Hình 3.2 Quá trình khuếch tán

3.3.1.2 Quá trình cập nhật

Trong quá trình cập nhật, thuật toán mô phỏng cách một điểm cập nhật vị trí của mình dựa trên vị trí các điểm khác trong nhóm. Có 2 quá trình cập nhật.

3.3.2 Các bước thực hiện áp dụng giải thuật SFSA vào bài toán tính toán xác định cấu trúc và vận hành tối ưu Microgrid.

Bước 1: Khởi tạo ban đầu:

Bước 2: Xác định các vòng lặp.

Bước 3: Thực hiện khởi tạo tập N_{pop} vector biến. Kiểm tra điều kiện biên.

Bước 4: Thực hiện quá trình khuếch tán:

Bước 5: Thực hiện quá trình cập nhật cho tập điểm N_{pop} vừa khuếch tán..

Bước 6: Thực hiện lại bước 4 cho tới vòng lặp tối đa.

Bước 7: Xuất thông số hệ thống có chi phí phát thải và kinh tế là bé nhất.

3.4 Thuật toán Tìm kiếm sinh vật cộng sinh (SOSA)

3.4.1 Cơ sở thuật toán

Thuật toán SOSA chia làm ba giai đoạn sau: mutualism (hỗ sinh), commensalism phase (hội sinh), và parasitism phase (ký sinh).

3.4.1.1 Giai đoạn hỗ sinh (Mutual phase)

SOSA mô phỏng quá trình này với mô hình sau:

$$X_{i_{new}} = X_i + \text{rand}(0,1) * (X_{best} - \text{Mutual}_{vector} * \text{BF1}) \quad (3.34)$$

$$X_{j_{new}} = X_j + \text{rand}(0,1) * (X_{best} - \text{Mutual}_{vector} * \text{BF2}) \quad (3.35)$$

$$\text{Mutual}_{vector} = \frac{X_i + X_j}{2} \quad (3.36)$$

3.4.1.2 Giai đoạn hội sinh (Commensal phase)

Giá trị thích nghi mới X_i được tính dựa vào nguyên lý hội sinh trên, được mô hình hóa như phương trình dưới đây:

$$X_{i_{new}} = X_i + \text{rand}(-1,1) * (X_{best} - X_j) \quad (3.38)$$

Cá thể chỉ thay đổi nếu như hình thái thích ứng mới của nó tốt hơn với trước khi tương tác hội sinh.

3.4.1.3 Giai đoạn ký sinh (Parasite phase)

Chọn cá thể X_i bất kỳ thông qua đó ta tạo cá thể ký sinh “parasite_vector” (X_{PV}), bằng cách thay thế một cách ngẫu nhiên vài phần tử của cá thể.

$$X_j = \begin{cases} X_{PV} & \text{nếu } f(X_{PV}) < f(X_j) \\ X_j & \text{nếu } f(X_{PV}) \geq f(X_j) \end{cases} \quad (3.40)$$

3.4.2 Các bước thực hiện áp dụng giải thuật SOSA vào bài toán tính toán xác định cấu trúc và vận hành tối ưu Microgrid.

Bước 1: Khởi tạo ban đầu:

Bước 2: Xác định các vòng lặp độc lập.

Bước 3: Khởi tạo ngẫu nhiên quần thể X .

Bước 4: Kiểm tra điều kiện biên, điều kiện ràng buộc.

Bước 5: Bắt đầu vòng lặp chính, $Iter = Iter + 1$:

Bước 6: Xác định cá thể tốt nhất X_{best} , có giá trị hàm mục tiêu thấp nhất/cao nhất

Bước 7: Thực hiện giai đoạn hỗ sinh (mutualism phase)

Bước 8: Thực hiện giai đoạn hội sinh (commensalism phase).

Bước 9: Thực hiện giai đoạn ký sinh (parasitism phase).

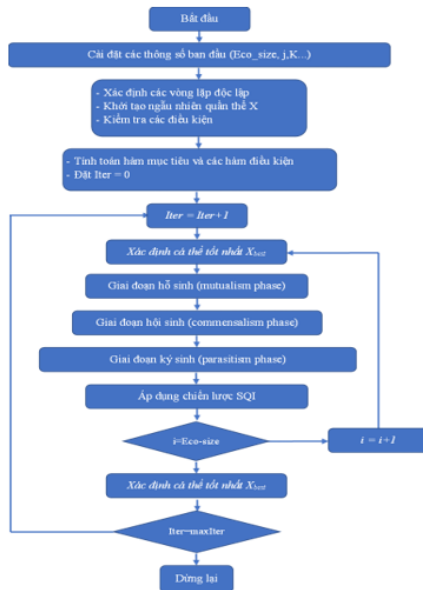
Bước 10: Thực hiện lại bước 6 cho tới vòng lặp tối đa.

3.5 Thuật toán tìm kiếm sinh vật cộng sinh cải tiến (ISOSA)

3.5.1 Cơ sở thuật toán

Phương pháp chiến lược nội suy bậc hai (SQI) được tích hợp để nâng cao chức năng tìm kiếm của SOSA. SQI 3 điểm có thể được sử dụng để xác định chiều thứ d của một cá thể mới được tạo ra sau giai đoạn ký sinh

3.5.2 Các bước thực hiện áp dụng giải thuật ISOSA vào bài toán tính toán xác định cấu trúc và vận hành tối ưu Microgrid.



Hình 3.3: Lưu đồ ISOSA áp dụng vào bài toán tính toán xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện Microgrid.

CHƯƠNG 4 TỐI ƯU THIẾT KẾ VÀ DỰ TRỮ NĂNG LƯỢNG

4.1 Giới thiệu

Trong chương này SFSA SOSA được sử dụng để giải quyết bài toán tối ưu phù hợp với các tình huống có thể xảy ra trong hệ Microgrid nối lưới và tách lưới.

4.2 Mô hình bài toán

4.2.1 Xác định cấu trúc bài toán

Mô hình bài toán sẽ xây dựng các thiết bị DER và lưu trữ hoạt động trong 1 ngày cung cấp năng lượng cho tải theo biểu đồ 24 giờ hoạt động của tải.

4.2.2 Các phương trình hàm mục tiêu và ràng buộc

4.2.2.1 Phương trình cân bằng tải đối với hệ tách lưới

$$P_{DG} + P_{CHP} + P_{WT} + P_{PV} + P_{HP} + P_{batt} = P_L \quad (4.1)$$

4.2.2.2 Phương trình mất cân bằng cung cấp điện

$$LPS = P_L - (P_{WT} + P_{PV} + P_{batt}) * n_{inv} \quad (4.2)$$

$$LPSP = \frac{\sum_{t=0}^T LPS(t)}{\sum_{t=0}^T P_L(t)} = \frac{\sum_{t=0}^T PTF}{T} \quad (4.3)$$

4.2.2.3 Các ràng buộc

$$P_{\min} \leq P_{Fi} \leq P_{\max} \quad (4.4)$$

$$P_{R\min} \leq P_{Ri} \leq P_{R\max} \quad (4.5)$$

$$E_{batt \min} \leq E_{batt} \leq E_{batt \max} \quad (4.6)$$

$$H_i \leq H_{\max} \quad (4.7)$$

$$LPSP \leq LPSP_{\text{set}} \quad (4.8)$$

$$E_{batt \min} = (1 - DOD) * E_{batt \max} \quad (4.9)$$

$$E_{batt}^d(t) = E_{batt}(t-1) - P_{batt}^d(t) * \frac{\Delta t}{n_d} \quad (4.10)$$

$$E_{batt}^c(t) = E_{batt}(t-1) + P_{batt}^c(t) * \Delta t * n_c \quad (4.11)$$

$$P_{batt}^d(t) = P_L(t) - P_{WT}(t) - P_{PV}(t) \quad (4.12)$$

$$P_{batt}^c(t) = P_{PV}(t) + P_{WT}(t) - P_L(t) \quad (4.13)$$

$$P_{batt \max}^d = \min\{E_{batt \max} * n_d, (E_{batt}(t-1) - E_{batt \min}) * n_d\} \quad (4.14)$$

$$P_{batt \max}^c = \min\{E_{batt \max}/n_c, (E_{batt \max} - E_{batt}(t-1))/n_c\} \quad (4.15)$$

$$0 \leq P_{batt}^d(t) \leq P_{batt \max}^d \quad (4.16)$$

$$0 \leq P_{batt}^c(t) \leq P_{batt \max}^c \quad (4.17)$$

$$E_{batt}(0) = E_{batt}(T) = E_{battref} \quad (4.18)$$

4.2.2.4 Hàm mục tiêu

$$F = n_c * F_c + n_e * F_e + n_p * F_{PV} + n_w * F_{WT} \quad (4.19)$$

Đối với trường hợp xác định cấu trúc lưới điện microgrid gồm PV, WT và ắc quy lưu trữ.

$$f(N_{PV}, N_{WT}, E_{batt}) = C_{PV} * N_{PV} + C_{WT} * N_{WT} + C_{batt} * E_{batt} \quad (4.20)$$

$$\begin{cases} C_{PV} = (C_{cap}^{PV} + 20 * C_{op}^{PV}) * P_{PV} \quad (\$) \\ C_{WT} = (C_{cap}^{WT} + 20 * C_{op}^{WT}) * P_{WT} \quad (\$) \\ C_{batt} = C_{cap}^{batt} + y_{batt} * C_{cap}^{batt} + (20 - y_{batt} - 1) * C_{op}^{batt} \quad (\$/Wh) \end{cases} \quad (4.21)$$

4.3 Các bài toán phục vụ cho quá trình đánh giá hiệu quả thuật toán và mô hình

4.3.1 *Bài toán cho hệ 5 máy phát DG hoạt động liên tục trong 3 tuần thỏa mãn nhu cầu phụ tải của hệ thống*

4.3.2 *Bài toán cho hệ 6 máy phát DG hoạt động liên tục trong 3 tuần thỏa mãn nhu cầu từng phụ tải*

4.4 Bài toán phục vụ đánh giá thuật toán (hệ 5 máy phát DG hoạt động liên tục trong 3 tuần thỏa mãn nhu cầu phụ tải của hệ thống)

4.4.1 Mô tả bài toán

Bài toán được tính toán mô phỏng trong 3 trường hợp: tối ưu kinh tế, tối ưu phát thải và tối ưu kinh tế phát thải.

4.4.2 Đánh giá thuật toán

4.4.2.1 *Tối ưu chi phí nhiên liệu*

4.4.2.2 *Tối ưu chi phí phát thải*

4.4.2.3 *Tối ưu chi phí phát thải nhiên liệu*

4.4.2.4 *Cải tiến thuật toán*

Sử dụng công thức (3.25) và (3.26) phù hợp sẽ giúp tăng tính hội tụ của lời giải đồng thời tìm kiếm nhanh chóng các kết quả tối ưu.

4.4.3 Kết quả và phân tích đánh giá

4.4.3.1 *Tối ưu chi phí nhiên liệu*

Bảng 4.1: So sánh kết quả tối ưu của SFSA và RCGA [97] cho bài toán tối ưu kinh tế

Tài	Tổng sản lượng phát (MWh)	
	RCGA [97]	SFSA
Chi phí (\$)	$F_c = 1.057.760$	$F_c = 1.057.633$
	$F_c = 847.189$	$F_c = 853.868$

4.4.3.2 Tối ưu chi phí phát thải

Bảng 4.2: So sánh kết quả tối ưu của SFSA và RCGA [97] cho bài toán tối ưu chi phí phát thải

Tải	Tổng sản lượng phát (MWh)	
	RCGA [97]	SFSA
Chi phí (\$)	$F_c = 1.127.095$ $F_e = 561.342$	$F_c = 1.127.535$ $F_e = 561.219$

4.4.3.3 Tối ưu chi phí phát thải kinh tế

Tải	Tổng sản lượng phát (MWh)		
	NSGA-II [97]	SPEA 2 [97]	SFSA
Chi phí (\$)	$F_c = 1.087.943$ $F_e = 624.113$	$F_c = 1.086,006$ $F_e = 624.565$	$F_c = 1,078.303$ $F_e = 648.584$

4.5 Bài toán phục vụ cho đánh giá mô hình bài toán (hệ 6 máy phát DG hoạt động liên tục trong 3 tuần thỏa mãn nhu cầu từng phụ tải

4.5.1 Mô tả bài toán

4.5.2 Kết quả và phân tích

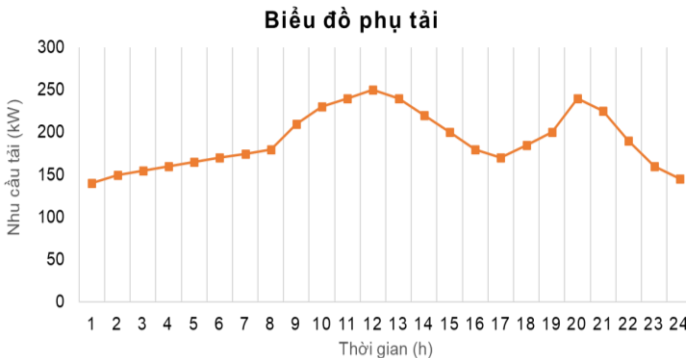
4.5.3 Đánh giá nhận xét và cải tiến

Giữa F_c và F_e sẽ có 1 hệ số k tương quan theo công thức sau

$$h = \frac{f_c(P)}{f_e(P)}$$

4.6 Bài toán thiết kế (tối ưu phân bố công suất)

4.6.1 Mô tả bài toán



Hình 4.33: Biểu đồ nhu cầu phụ tải theo giờ trong 1 ngày.

4.6.2 Áp dụng các thuật toán SFSA và SOSA vào giải bài toán tối ưu thiết kế (phân bố công suất)

4.6.2.1 Thuật toán SFSA

4.6.2.2 Thuật toán SOSA

4.6.3 Kết quả áp dụng SFSA và SOSA vào giải bài toán tối ưu thiết kế

4.6.3.1 Trường hợp chỉ có các máy phát DG

Tổng chi phí được tính toán bởi các thuật toán RGM, ACO, CSA, ISA, MHS thấp hơn so với SFSA lần lượt là 19.11%, 15.28%, 4.00%, 3.97%, 2.03%, so với SOSA lần lượt là 18.74%, 14.89%, 3.55%, 3.52%, 1.58%.

4.6.3.2 Trường hợp hệ DG và mặt trời

Tổng chi phí được tính toán bởi các thuật toán RGM, ACO, CSA, ISA, MHSA thấp hơn so với SFSA lần lượt là 18.98%, 15.21%, 4.01%, 3.98%, 2.02%, so với SOSA lần lượt là 18.61%, 14.83%, 3.57%, 3.54%, 1.57%.

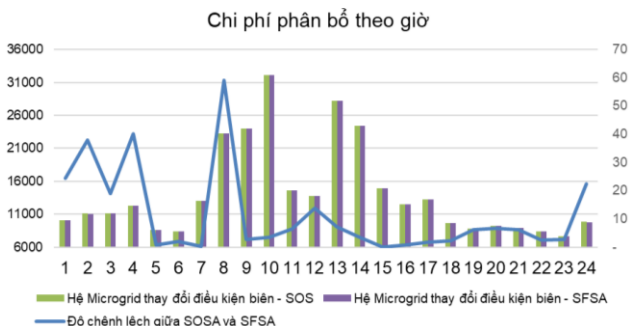
4.6.3.3 Trường hợp hệ DG và gió

Tổng chi phí tính toán bởi các thuật toán CSA, ISA, MHS thấp hơn so với SFSA lần lượt là 3.7%, 3.69%, 1.65%, so với SOSA lần lượt là 3.7%, 3.69%, 1.65%.

4.6.3.4 Trường hợp hệ DG, gió và mặt trời.

Tổng chi phí được tính toán bởi các thuật toán RGM, ACO, CSA, ISA, HIS, IAHS, MHS thấp hơn so với SFSA lần lượt là 20.48%, 15.21%, 4.04%, 4.06%, 3.13%, 2.85%, 1.92%, so với SOSA lần lượt là 19.96%, 14.67%, 3.42%, 3.44%, 2.51%, 2.22%, 1.29%.

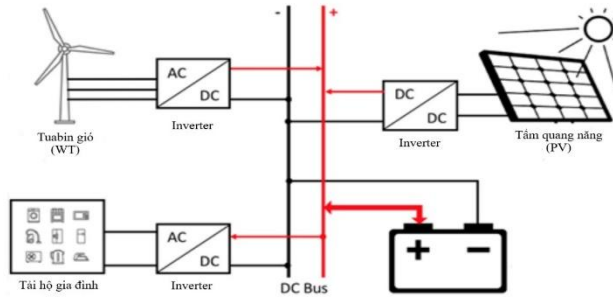
4.6.3.5 Trường hợp hệ microgrid thay đổi điều kiện biên



Hình 4.1: Biểu đồ phân bổ tổng chi phí phát điện trong 1 ngày

4.7 Bài toán xác định cấu trúc tối ưu

4.7.1 Mô tả bài toán



Hình 4.1 Kiến trúc microgrid bao gồm PV/gió/ắc quy và bộ chuyển đổi

4.7.2 Áp dụng các thuật toán SFSA và SOSA vào giải bài toán xác định cấu trúc tối ưu

4.7.2.1 Thuật toán SFSA

4.7.2.2 Thuật toán SOS

4.7.3 Kết quả áp dụng SFSA và SOSA giải bài toán xác định cấu trúc tối ưu

Bảng 4.3: Bảng giá trị chi phí tối ưu của các thuật toán

Thuật toán	DOD	N_{PV}	N_{WT}	P_{PV} (kW)	P_{WT} (kW)	E_{batt} (kWh)	Tổng chi phí
EGA	0,50	176	5	44,88	7,50	200	259.908
	0,60	168	5	42,84	7,50	200	256.644
	0,70	166	5	42,33	7,50	200	255.828
	0,80	164	5	41,82	7,50	200	255.012
SFS	0,50	182	4	46,41	6,00	201	259.176
	0,60	175	4	44,63	6,00	201	256.320
	0,70	172	4	43,86	6,00	201	255.096
	0,80	170	4	43,35	6,00	201	254.280
SOS	0,50	181	4	46,16	6,00	202	259.608
	0,60	173	4	44,12	6,00	202	256.344
	0,70	171	4	43,61	6,00	202	255.528
	0,80	169	4	43,10	6,00	202	254.712

4.8 Bài toán tối ưu dự trữ năng lượng

4.8.1 Mô tả bài toán



Hình 4.2: Biểu đồ nhu cầu phụ tải theo giờ trong 1 ngày.

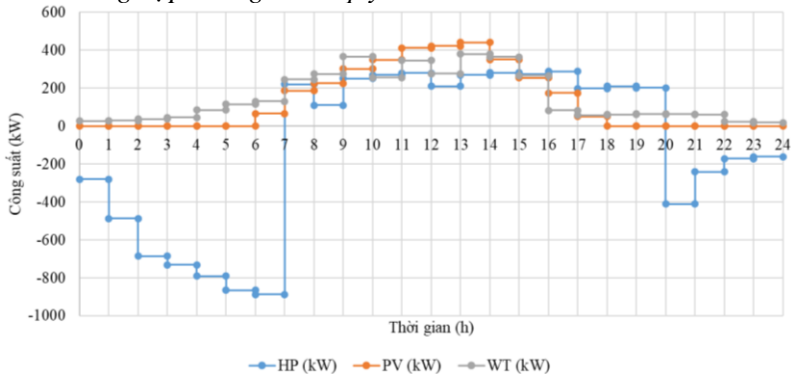
4.8.2 Áp dụng các thuật toán SFSA và SOSA vào giải bài toán tối ưu dự trữ năng lượng

4.8.2.1 Thuật toán SFS

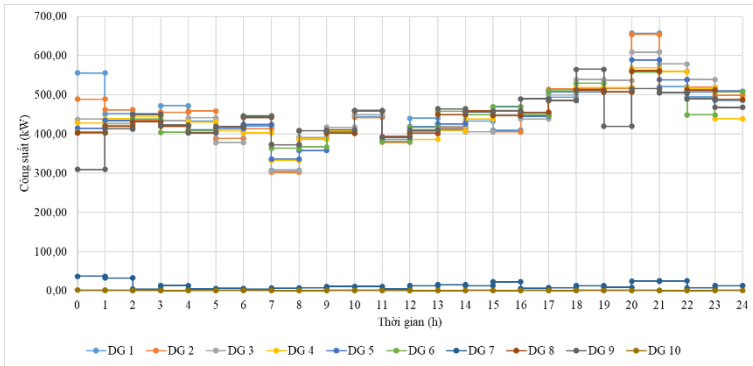
4.8.2.2 Thuật toán SOS

4.8.3 Kết quả áp dụng SFSA và SOSA giải bài toán tối ưu dự trữ năng lượng

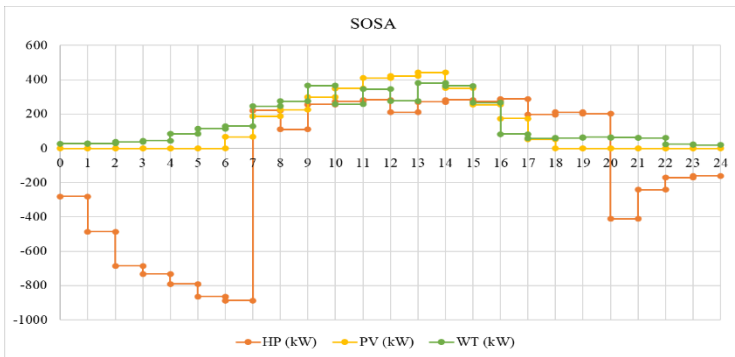
4.8.3.1 Trường hợp không có ắc quy lưu trữ



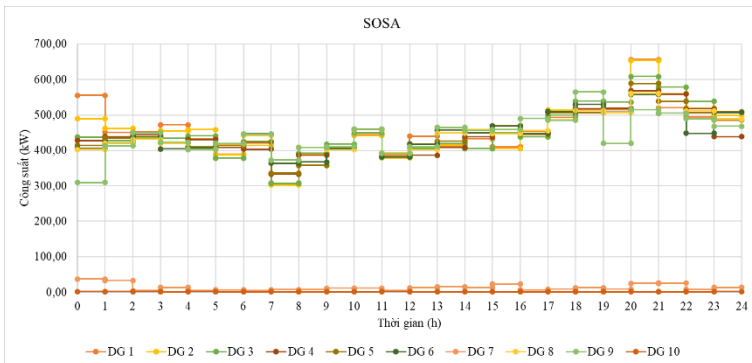
Hình 4.3: Biểu đồ công suất phát điện trong 1 ngày của SFSA



Hình 4.4: Biểu đồ công suất phát điện của DGs trong 1 ngày của SFSA

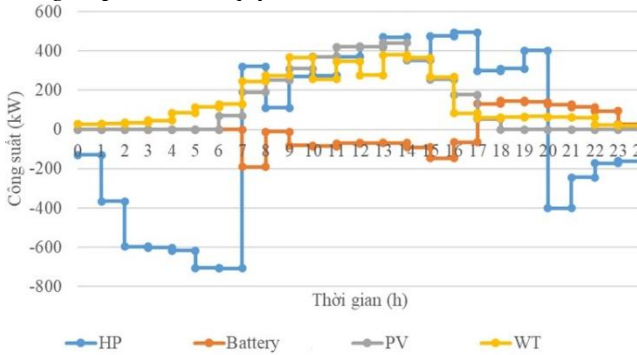


Hình 4.5: Biểu đồ công suất phát điện trong 1 ngày của SOSA.

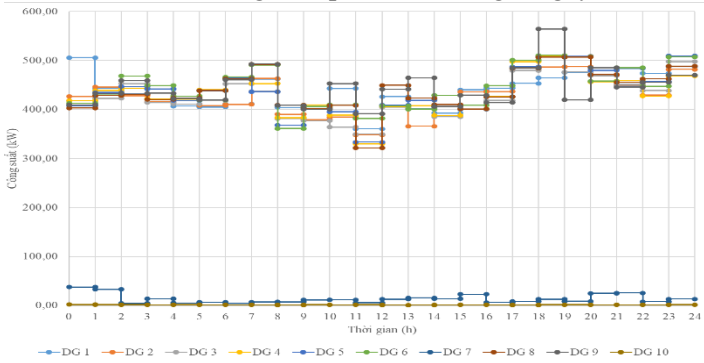


Hình 4.6: Biểu đồ phân bố công suất phát điện của DGs trong 1 ngày của SOSA

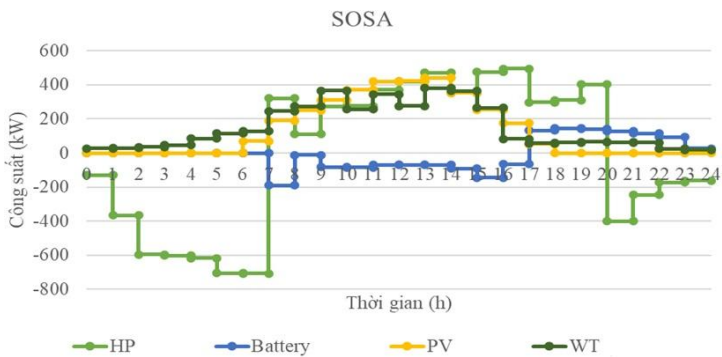
4.8.3.2 Trường hợp có hệ ắc quy lưu trữ



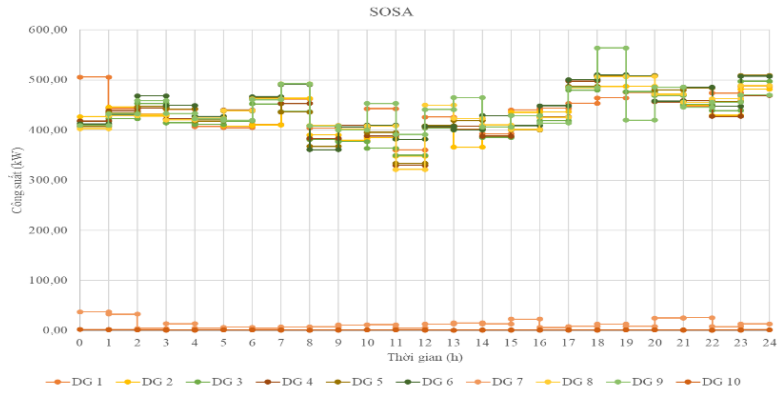
Hình 4.7: Biểu đồ công suất phát điện trong 1 ngày của SFSA.



Hình 4.8: Biểu đồ công suất phát điện của DGs trong 1 ngày của SFSA.



Hình 4.9: Biểu đồ công suất phát điện theo từng giờ trong 1 ngày của SFSA



Hình 4.10: Biểu đồ công suất phát điện của DGs trong 1 ngày của SOSA

4.8.3.3 Thảo luận và đánh giá kết quả

Dựa trên kết quả tính toán trong cả hai trường hợp có ắc quy lưu trữ và không có ắc quy lưu trữ thì ta có được kết quả trong bảng 5.16

Bảng 4.4: Kết quả tính toán chi phí của SFSA và SOSA cho các trường hợp

	Trường hợp	SOSA	SFSA	Chênh lệch giữa SOSA và SFSA
1	Không có ắc quy lưu trữ	72.636.901	71.900.572	1,024%
2	Có ắc quy lưu trữ	64.570.126	64.566.981	0,005%
	Tỷ lệ thay đổi (%)	11,11%	10,20%	

CHƯƠNG 5 BÀI TOÁN PHÂN PHỐI VÀ QUẢN LÝ NĂNG LƯỢNG

5.1 Giới thiệu

Áp dụng SFSA và SOSA để giải các bài toán xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện microgrid với 2 dạng toán đã đề cập trong mục 2.4.1

5.2 Mô hình bài toán

5.2.1 Xác định cấu trúc bài toán

Mô hình bài toán các thiết bị DER kết hợp nối lưới hoặc độc lập hoạt động trong 1 ngày cung cấp năng lượng cho tải theo biểu đồ 24 giờ hoạt động của tải.

5.2.2 Các phương trình hàm mục tiêu và ràng buộc

5.2.2.1 Phương trình cân bằng tải đối với hệ tách lưới

$$P_{DG} + P_{CHP} + P_{WT} + P_{PV} = P_L \quad (5.1)$$

5.2.2.2 Phương trình cân bằng tải đối với hệ nối lưới

$$P_{DG} + P_{CHP} + P_{WT} + P_{PV} + P_{grid} = P_L \quad (5.2)$$

5.2.2.3 Các ràng buộc

$$P_{min} \leq P_{Fi} \leq P_{max} \quad (5.3)$$

$$P_{Ri} \leq P_{Rimax} \quad (5.4)$$

$$\frac{P_{grid} * k_{at}}{pf} \leq S_{MBA} \quad (5.5)$$

5.2.2.4 Hàm mục tiêu

$$F = n * F_c + m * F_e \quad (5.6)$$

5.3 Bài toán Phân phối năng lượng.

5.3.1 Mô tả bài toán

Bài toán được thực hiện với hệ 6 máy phát kết nối 20 tuabin gió

5.3.2 Áp dụng các thuật toán SFSA và SOSA vào giải bài toán tối ưu phân phối năng lượng

5.3.2.1 Thuật toán SFSA

5.3.2.2 Thuật toán SOSA

5.3.3 Kết quả áp dụng SFSA và SOSA giải bài toán tối ưu phân phối năng lượng

5.3.3.1 Tối ưu kinh tế

Bảng 5.1: So sánh kết quả tối ưu của SFSA và SMODE [70], NSGA-II [70], LP [102], MOSST [103], NSGA [89], NPGA [104], SPEA [105], FCPSO [106] cho bài toán điều độ kinh tế

Máy phát	SMODE	NSGA-II	LP	MOSST	NSGA	NPGA	SPEA	FCPSO	SFS
F_c	600,11	600,12	606,31	605,89	600,57	600,26	600,15	600,13	600,11
F_e	0,2221	0,222	0,2233	0,2222	0,2228	0,2212	0,2215	0,2223	0,2221
F_{ec}	300,17	300,17	303,26	303,06	300,39	300,24	300,19	300,18	300,17

5.3.3.2 Tối ưu chi phí phát thải

Bảng 5.2: So sánh kết quả tối ưu của SFSA và SMODE [70], NSGA-II [70], LP [102], MOSST [103], NSGA [89], NPGA [104], SPEA [105], FCPSO [106] cho bài toán điều độ phát thải

Máy phát	SMODE	NSGA-II	LP	MOSST	NSGA	NPGA	SPEA	FCPSO	SFS
F_c	635,99	638,27	639,6	644,11	639,23	639,18	638,51	638,27	638,27
F_e	0,1942	0,1942	0,1942	0,1942	0,1944	0,1943	0,1942	0,1942	0,1942
F_{ec}	318,09	319,23	319,90	322,15	319,71	319,69	319,35	319,23	317,73

5.3.3.3 Tối ưu chi phí kinh tế phát thải

Bảng 5.3: So sánh kết quả tối ưu của SFSA và MODE [98], MOPSO [98], NSGA [98], NPGA [98], SPEA [98] and NSCA [98] cho bài toán điều độ phát thải kinh tế xem xét chi phí

Máy phát	MODE	MOPSO	NSGA	NPGA	SPEA	NSCA	SFS
F_c	610,2122	611,9517	612,1049	612,1944	612,0052	607,1496	602,5283
F_e	0,219444	0,21927	0,21906	0,22069	0,21761	0,22083	0,22215
F_{ec}	305,2158	306,0855	306,162	306,2075	306,1114	303,6852	301,3753

5.3.3.4 Tối ưu kinh tế xét đến ảnh hưởng của tuabin gió

Bảng 5.4: So sánh kết quả tối ưu của SFSA, SOSA và SMODE, NSGA-II, MOEA/D và FMOEP cho bài toán điều độ kinh tế

Máy phát	SMODE	NSGA-II	MOEA/D	FMOEP	SFSA	SOSA
P_w	0,0785	0,0776	0,0773	0,0743	0,0792	0,0775
F_c	583,2	585,15	583,92	584,53	582,6	582,97
F_e	0,2235	0,2218	0,2195	0,2156	0,2221	0,2221

5.3.3.5 Tối ưu phát thải xét đến ảnh hưởng của tuabin gió

Bảng 5.5: So sánh kết quả tối ưu của SFSA và SMODE, NSGA-II, MOEA/D và FMOEP cho bài toán điều độ phát thải

Máy phát	SMODE	NSGA-II	MOEA/D	FMOEP	SFSA	SOSA
P_w	0,0487	0,0412	0,0492	0,051	0,0493	0,047
F_c	628,49	628,64	627,11	627,37	627,27	627,78
F_e	0,19428	0,19427	0,19432	0,1945	0,19427	0,19427

5.4 Bài toán quản lý năng lượng

5.4.1 Mô tả bài toán

Bài toán được thực hiện với hệ CHP kết hợp hệ PV, WT nối lưới.

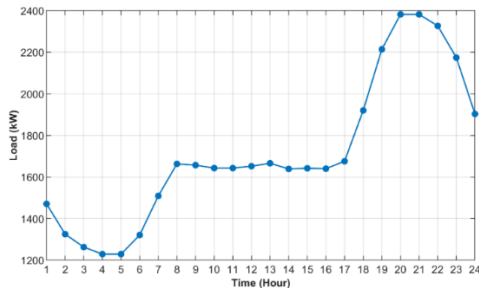
5.4.2 Áp dụng các thuật toán SFSA và SOSA vào giải bài toán tối ưu quản lý năng lượng

5.4.2.1 Thuật toán SFSA

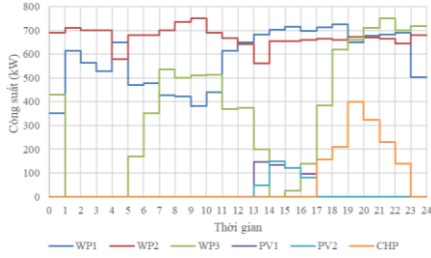
5.4.2.2 Thuật toán SOSA

5.4.3 Kết quả áp dụng thuật toán SFSA và SOSA giải bài toán tối ưu quản lý năng lượng

5.4.3.1 Trường hợp hệ máy phát DG và CHP kết hợp PV và WT hoạt động tách lưới

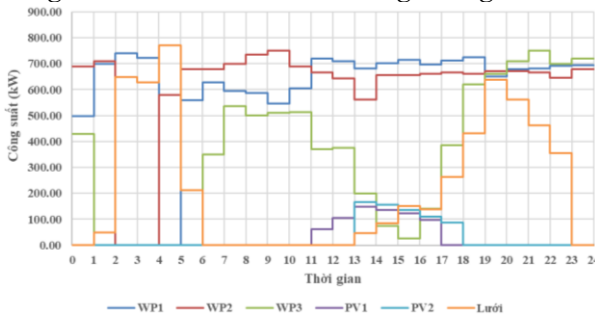


Hình 5.1: Biểu đồ nhu cầu phụ tải theo giờ trong 1 ngày.



Hình 5.2 Biểu đồ công suất phân bố theo giờ trong 1 ngày theo ISOSA

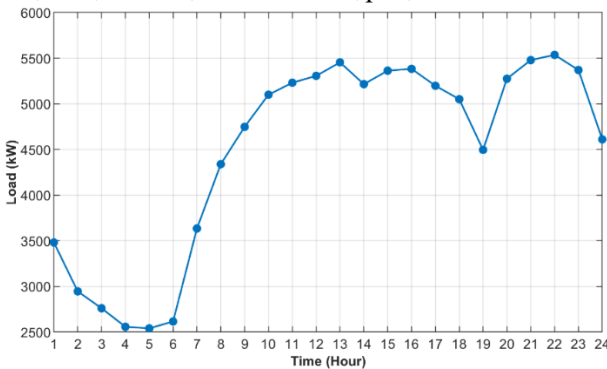
5.4.3.2 Trường hợp hệ DG kết hợp PV và WT hoạt động nối lưới có sử dụng điện năng mua từ lưới khi nhu cầu tải gia tăng.



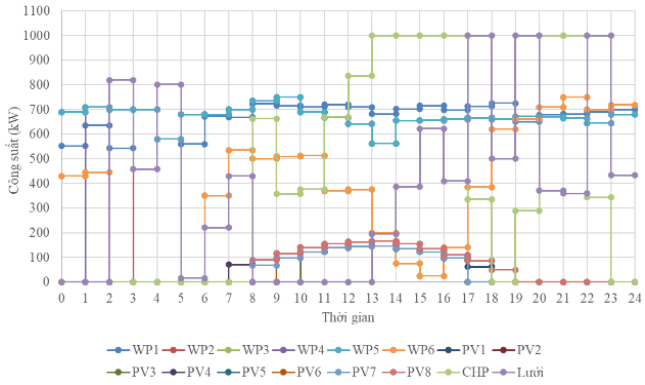
Hình 5.3 Biểu đồ công suất phân bố theo giờ trong 1 ngày theo ISOSA

5.4.3.3 Trường hợp hệ máy phát DG, CHP kết hợp PV và WT hoạt động nối lưới có sử dụng điện năng mua từ lưới

Bài toán được thực hiện với hệ 1 CHP kết hợp hệ 8 PV, 6 WT nối lưới



Hình 5.4 Biểu đồ nhu cầu phụ tải theo giờ trong 1 ngày.



Hình 5.5 Biểu đồ công suất phân bố theo giờ trong 1 ngày theo ISOSA

CHƯƠNG 6 KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

6.1 Kết luận

Luận án đã đi trình bày từ những nội dung sơ khai về hệ thống microgrid cho đến các nội dung phức tạp về các bài toán microgrid cần phải giải quyết. Mô hình các bài toán liên quan đến xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện microgrid gồm 5 dạng toán. Với 7 bài toán cụ thể xoay quanh 4 dạng toán với việc áp dụng các thuật toán tìm kiếm thông minh để tìm kiếm lời giải tối ưu cho từng dạng toán. Các thuật toán chính được sử dụng xuyên suốt là SFSA, SOSA. Xen lẫn đó là các thuật toán tối ưu khác hỗ trợ và cung cấp các kết quả để thực hiện đánh giá và phân tích.

Luận án đi theo hướng tiếp cận từ bài toán đơn giản nhất để định hình lại hệ thống cách thức tiếp cận với đề tài đặt ra cho đến các bài toán phức tạp. Mỗi cải tiến của bài toán trước đó về thuật toán hoặc mô hình toán sẽ là nền tảng và cơ sở để thực hiện các bài toán tiếp theo. Từ kết quả của các bài toán tác giả thực hiện các phân tích chỉnh sửa các giải thuật và các biến giá trị trong hàm mục tiêu.

Với những nội dung trình bày luận án có thể khẳng định các thuật toán đề xuất có đủ sức mạnh để giải các dạng toán liên quan đến xác định cấu trúc và vận hành tối ưu lưới điện microgrid.

6.2 Các đóng góp của luận án

Như đã phân tích trong các chương 4 và 5. Việc có mặt hệ số điều chỉnh giúp giải quyết được vấn đề hội tụ của thuật toán nhanh chóng hơn. Với việc áp dụng hệ số điều chỉnh này vào các bài toán trong chương 4 và chương 5 các thuật toán SFS, SOS, ISOS đều cho độ hội tụ nhanh và kết quả tối ưu tốt hơn so với các thuật toán khác. Hệ số điều chỉnh này phát huy tác dụng rất tốt đối với những bài toán có nguồn dữ liệu đầu vào không lờ. Cụ thể với bài toán ở mục 4.7 chương 4 thì hệ số điều chỉnh là nhân tố chính giúp thuật toán SOS và SFS có được kết quả tối ưu hơn so với các thuật toán khác. Đồng thời nó cũng giúp nhanh chóng tìm được các kết quả tối ưu hiệu quả trong việc giải các bài toán phức tạp về dữ liệu và cấu trúc toán học.

Không chỉ sử dụng hệ số điều chỉnh thuật toán SOS cũng được cải tiến thông qua việc sử dụng phương pháp chiến lược nội suy bậc hai (SQI) đã được tích hợp vào nó để nâng cao chức năng tìm kiếm của SOSA. Giải thuật SQI tạo ra các vectơ nghiệm mới trên một điểm của đường cong bậc hai cực tiểu đi qua ba vectơ nghiệm được chọn ngẫu nhiên (SQI 3 điểm). Với việc áp dụng các cải tiến trong giải thuật vào các bài toán đã cho kết quả tốt hơn so với các thuật toán khác. Theo đó tất cả các lời giải đều cho kết quả tối ưu toàn cục. Các thuật toán được giải liên tục ít nhất 30 lần và đều cho kết quả có độ lệch chuẩn thấp xoay quanh khoảng 5%. Lời giải của các thuật toán đều cho kết quả tối ưu hơn từ vài % cho đến trên 10% khi so sánh kết quả với các thuật toán khác. Không chỉ vậy với những bài toán phức tạp hoặc các bài toán có dữ liệu đầu vào giá trị lớn thì tốc độ hội tụ của các thuật toán sẽ sụt giảm do không gian các điểm tối ưu phân bố rộng lớn. Tuy nhiên với các chỉnh sửa điều chỉnh cải tiến trong thuật toán tốc độ hội tụ của các thuật toán đề xuất vẫn đảm bảo và luôn nằm trong ngưỡng dưới 70 vòng lặp.

Song song đó luận án đã đưa ra công thức tính hệ số tương quan. Đây là yếu tố giúp cho việc hội tụ của giá trị hàm mục tiêu đối với các bài toán hàm đa mục tiêu. Trong luận án này hai hàm mục tiêu chi phí phát thải và chi phí vận hành được kết hợp với nhau để tạo ra một hàm mục tiêu mới. Việc lựa chọn mối quan hệ của hai hàm này thế nào để đảm bảo rằng chúng luôn được đối xử công bằng khi xem xét mức độ ảnh hưởng của chúng đến quá trình vận hành các hệ thống là điều cần quan tâm. Thông qua tính toán và đánh giá dựa trên các bài toán cụ thể thì hệ số tương quan này đã được xây dựng theo một công thức phù hợp để từ đó dễ dàng áp dụng vào mọi bài toán cụ thể có cùng đặc tính.

Một đóng góp khác của luận án là đã áp dụng thành công 3 thuật toán để giải tất cả 7 bài toán của 4 nhóm bài toán lớn. Các bài toán được thực hiện đa dạng các tình huống từ hệ thống đơn giản vài thiết bị cho đến các hệ thống vài chục thiết bị. Các mô hình hoạt động của các bài toán cũng đa dạng từ hệ thống microgrid tách lưới cho đến hệ nối lưới. Từ việc hoạt động theo biểu đồ rời rạc theo thời gian cho đến hoạt động theo biểu đồ phụ tải ngày. Từ việc giải các bài toán theo biểu đồ 24 tiếng đến bài toán hoạt động liên tục trong 1 năm (8760 giờ). Các

thuật toán cũng áp dụng hiệu quả để giải các bài toán với hàm mục tiêu đơn giản cho đến các hàm mục tiêu phức tạp. Đối với các bài toán với lượng dữ liệu đầu vào lớn các thuật toán SFS, SOS cũng phát huy được hiệu quả của mình trong việc tìm kiếm lời giải tối ưu.

6.3 Hướng phát triển

Luận án tiếp tục phát triển theo hướng

- Cải tiến thuật toán SFSA, SOSA để giải được các bài toán phức tạp hơn với các biến số đầu vào bị giới hạn bởi nhiều yếu tố.
- Thực hiện nghiên cứu để giải bài toán điều khiển tối ưu lưới điện microgrid Nghiên cứu các bài toán tối ưu hóa trong microgrid mới và áp dụng các thuật toán để giải các bài toán mới.
- Kết hợp các thuật toán để tận dụng các điểm tối ưu của thuật toán để giải các bài toán tối ưu trong microgrid.
- Nghiên cứu áp dụng giải các bài toán tối ưu trong hệ microgrid nối lưới xét đến các vấn đề đảm bảo chất lượng lưới điện và tổn hao trong quá trình hoạt động.