

Áp dụng phương pháp Backward/Forward cải tiến trong bài toán tối ưu lưới điện phân phối có kết nối nguồn điện phân tán

Tôn Ngọc Triều^{1,2,*}, Trương Việt Anh¹, Vũ Phan Tú³



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây do sự phát triển mạnh mẽ của của các nguồn điện phân tán kết nối vào trong hệ thống điện, nên bài toán tối ưu vị trí và dung lượng của các nguồn điện phân tán có xét đến tái cấu hình trên hệ thống điện phân phối được xem xét nhằm giảm thiểu tổn thất công suất trên lưới điện phân phối hình tia cũng như việc giảm thiểu tổng thời gian tính toán là một yêu cầu cần thiết cần phải giải quyết. Bài báo này đề xuất phương pháp Backward/Forward cải tiến thay thế cho phương pháp tính toán phân bố công suất truyền thống là phương pháp Newton–Graphson và phương pháp Gauss–Seidel đang được sử dụng hiện nay trong các giải thuật tối ưu. Chúng tôi đã sử dụng thuật toán tối ưu PSO với công cụ tính phân bố công suất là phương pháp Backward/Forward cải tiến để tính toán tối ưu vị trí và dung lượng của các DG có xét đến tái cấu hình lưới điện nhằm giảm thiểu thời gian tính toán của giải thuật tối ưu. Thuật toán đề xuất đã được kiểm nghiệm trên ba hệ thống điện phân phối hình tia IEEE, bao gồm: hệ thống điện phân phối 33 nút, hệ thống điện phân phối 69 nút và hệ thống điện phân phối 119 nút. Kết quả mô phỏng thử nghiệm trên ba hệ thống điện đã chứng minh rằng phương pháp đề xuất của chúng tôi đã cải tiến việc thực hiện tối ưu trên hệ thống lưới điện phân phối và hiệu quả về thời gian tính toán hơn so với các thuật toán khác.

Từ khoá: Backward/Forward, Newton-Graphson, Gauss-Seidel, nguồn điện phân tán (DG), Lưới điện phân phối, Tái cấu hình

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

²Trường Cao đẳng Công nghệ Thủ Đức TP.HCM

³Đại học Quốc gia Tp. HCM

Liên hệ

Tôn Ngọc Triều, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

Trường Cao đẳng Công nghệ Thủ Đức TP.HCM

Email: trieutn.ncs@hcmute.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 08-4-2019
- Ngày chấp nhận: 22-7-2019
- Ngày đăng: 30-8-2019

DOI:



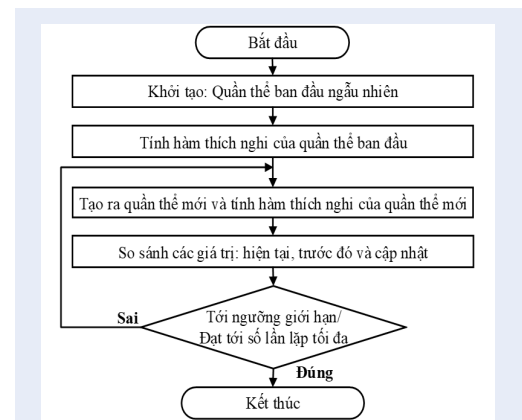
Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



GIỚI THIỆU

Lưới điện phân phối (LĐPP) hiện nay có cấu trúc mạch vòng nhưng được vận hành hình tia vì nó làm giảm dòng ngắn mạch và đảm bảo độ tin cậy cho hệ thống điện. Trong những năm gần đây LĐPP phát triển do yêu cầu của thị trường điện nên luôn có sự tham gia của các DG nhằm thực hiện tốt hơn nhiệm vụ cung cấp năng lượng điện đến hộ tiêu thụ. Do sự phát triển của các nguồn điện phân tán nên bài toán tối ưu vị trí và dung lượng của các DG có xét đến tái cấu hình LĐPP được xem xét nhằm giảm thiểu tổn thất công suất trên lưới điện cũng như việc giảm thiểu thời gian tính toán là một yêu cầu cần thiết hiện nay¹. Để giải bài toán tối ưu vị trí và dung lượng của các DG khi tham gia vào LĐPP thì hiện nay các nghiên cứu trong tài liệu tham khảo²⁻⁷ đề xuất giải bài toán này với mục tiêu chủ yếu là giảm thiểu tổn thất công suất. Trong đó tài liệu tham khảo^{2,5} giải quyết bài toán bằng việc tìm cấu hình vận hành tối ưu sau đó tìm vị trí yếu nhất của LĐPP để xác định vị trí và dung lượng của các DG, tuy nhiên kết quả chưa chính xác vì kết quả còn phụ thuộc vào vị trí và dung lượng của các DG. Nghiên cứu của Linh và cs. (2017)⁷ đề xuất áp dụng thuật toán di truyền (Genetic Algorithm- GA)



Hình 1: Lưu đồ tổng quát cho giải thuật meta heuristic.

để tối ưu vị trí và dung lượng của các DG có xét đến tái cấu hình LĐPP, phương pháp này đề xuất xác định vị trí và dung lượng của các DG trong mạch vòng kín, sau đó tìm các khóa có dòng điện bé nhất để xác định cấu hình vận hành hở của LĐPP. Điều này chỉ cho kết quả gần đúng do được suy luận từ kết quả tối ưu LĐPP kín để áp dụng cho hình tia. Các nghiên cứu của Im-

Trích dẫn bài báo này: Triều T N, Anh T V, Tú V P. **Áp dụng phương pháp Backward/Forward cải tiến trong bài toán tối ưu lưới điện phân phối có kết nối nguồn điện phân tán.** *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 2(2):105-115.

ran và cs. (2014)², Abdelaziz và cs. (2009)⁴, Rao và cs. (2012)⁵, Nguyen và cs. (2016)⁶, Nguyen và cs. (2017)⁷ đã áp dụng thuật toán tìm kiếm hài hòa (Harmony Search A lgorithm-HSA), thuật toán pháo hoa (Fireworks A lgorithm-FWA), thuật toán tìm kiếm cuckoo (Cuckoo Search A lgorithm-CSA), thuật toán tối ưu bầy đàn (Particle Swarm Optimization-PSO)... được sử dụng tái cấu hình cùng lúc với xác định vị trí và dung lượng, phương pháp này cho kết quả chính xác và tối ưu toàn cục.

Hiện nay, có 2 nhóm phương pháp để giải bài toán tối ưu vị trí và dung lượng của các DG có xét đến tái cấu hình với hàm mục tiêu là giảm thiểu tổn thất công suất: phương pháp heuristic và meta heuristic. Heuristic thường cho kết quả rơi vào cực trị địa phương, trong khi đó meta heuristic cho kết quả cực trị toàn cục nên được áp dụng rộng rãi trong các bài toán tối ưu LĐPP. Thời gian tính toán tối ưu của bài toán tối ưu được tính ở phương trình (1). Thuật toán tối ưu meta heuristic từ các tài liệu tham khảo²⁻⁷ được trình bày tổng quát như ở Hình 1, công cụ được sử dụng tính toán phân bố công suất là Newton – Graphson (NT) hoặc Gauss – Seidel (Gauss) hay các phương pháp phân bố công suất khác như phương pháp Jacobi, Dishonest, GMRES, FDPE... Tùy thuộc vào từng phương pháp tính phân bố công suất thì hiệu quả của mỗi phương pháp tính là khác nhau. Tuy nhiên, khi sử dụng công cụ tính toán phân bố công suất này thì mất khá lớn thời gian tính toán vì chúng phụ thuộc vào ma trận tổng dẫn nút có khối lượng phần tử lớn nên dẫn đến thời gian giải bài toán tối ưu cũng tăng theo.

Thời gian giải = Thời gian tính tổn thất công suất x Số cá thể x Số quần thể x Số lần lặp (1)

Trong bài toán tối ưu ngoài mục tiêu tối ưu của từng bài toán thì cần phải giảm thiểu tổng thời gian tính toán để bài toán đưa ra kết quả nhanh nhất. Để giảm thiểu thời gian tính toán tối ưu bài toán tối ưu vị trí và dung lượng của các DG có xét đến tái cấu hình lưới điện thì cần phải giảm thiểu được thời gian tính phân bố công suất trên LĐPP. Các nghiên cứu trong tài liệu tham khảo^{8,9} đã đề xuất sử dụng phương pháp Backward/Forward (BW/FW) thay thế cho NT hoặc Gauss nhằm giảm thiểu thời gian tính toán nhưng đề xuất này chỉ phù hợp với LĐPP hình tia cố định. Điều này thực sự không phù hợp cho bài toán có xét đến tái cấu hình lưới điện. Do đó, cần cải tiến phương pháp BW/FW để giảm thời gian tính toán phân bố công suất cho hình tia thay đổi phù hợp trong bài toán có xét đến tái cấu hình LĐPP.

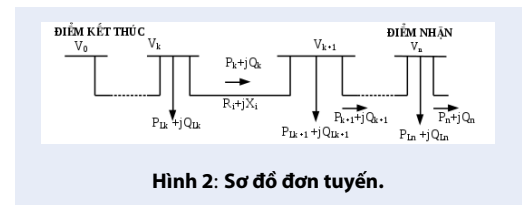
Bài báo này đề xuất áp dụng phương pháp BW/FW cải tiến làm công cụ tính toán phân bố công suất trong thuật toán meta heuristic nhằm tối ưu vị trí và dung

lượng của DG có cấu hình thay đổi. Phương pháp đề xuất phát triển dựa vào phương pháp BW/FW trước đó chỉ sử dụng cho hình tia cố định, cải tiến để thay thế cho công cụ tính bằng NT hoặc Gauss trong bài toán tối ưu vị trí và dung lượng của DG có xét đến cấu hình lưới thay đổi nhằm giảm thiểu tổng thời gian giải bài toán. Kết quả kiểm nghiệm của phương pháp đề xuất được áp dụng cho lưới điện phân phối 33 nút, 69 nút và 119 nút đã cho thấy tính hiệu quả của phương pháp.

PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

Phương pháp BW/FW cải tiến

Nguyên lý hoạt động của phương pháp BW/FW cải tiến được sử dụng thông qua việc tìm ra tất cả các điện áp nút của LĐPP. Từ các điện áp này có thể tính trực tiếp dòng điện, tổn thất và các trạng thái ổn định khác cho LĐPP hình tia thay thế cho phương pháp truyền thống nhằm giảm thời gian tính toán. BW là tính dòng điện hoặc dòng công suất với điện áp được cập nhật và được tính bắt đầu từ nút cuối cùng về nút gốc. FW là tính sụt áp với dòng điện hay dòng công suất cập nhật. Điện áp nút được cập nhật trong FW bắt đầu từ nút gốc đến nút cuối cùng, được mô tả như Hình 2^{8,9}.



Hình 2: Sơ đồ đơn tuyến.

Bước 1: Tiến hành đọc dữ liệu đường dây và tải, xác định loại nút có trong hệ thống. Với quy ước: nút nguồn đặt là nút số 2, nút tải đặt là nút số 1. Sau khi xác định xong, tiến hành tính tổn thất công suất trên đường dây liên kết với nút đó, xét nút (k+1) là nút cuối lưới theo phương trình (2).

$$P_{loss(k, k+1)} = R_{(k, k+1)} \cdot \frac{P_{Lk+1}^2 + Q_{Lk+1}^2}{V_{dm}^2}; Q_{loss(k, k+1)} = X_{(k, k+1)} \cdot \frac{P_{Lk+1} + Q_{k+1}}{V_{dm}^2} \quad (2)$$

Với $P_{loss(k, k+1)}$, $Q_{loss(k, k+1)}$ lần lượt là tổn thất công suất tác dụng và phản kháng trên đường dây đoạn từ nút k tới nút (k+1); R, X lần lượt là tổng trở và tổng dẫn của đường dây; $P_{L(k+1)}$, $Q_{L(k+1)}$ lần lượt là công suất tác dụng và phản kháng của phụ tải tại nút (k+1); V_m là điện áp nguồn.

Sau khi tính xong tổn thất công suất và tổn thất điện áp trên đường dây thì ta tiến hành cộng dồn tải và tổn thất công suất trên nhánh vừa tính vào nút đầu của nhánh đó và tiến hành xóa bỏ dữ liệu đường dây và cắt đường dây ra khỏi lưới. Quá trình này tiếp tục thực hiện cho đến khi gặp nút nguồn thì dừng lại, tức là tổng số liên kết giữa các nút bằng 0.

$$\begin{aligned} P'_{Lk} &= P_{Lk} + P_{Lk+1} + P_{loss(k,k+1)}; \\ Q'_{Lk} &= Q_{Lk} + Q_{Lk+1} + Q_{loss(k,k+1)} \end{aligned} \quad (3)$$

Bước 2: Tiến hành cập nhật lại dữ liệu đường dây và tải đã được cộng dồn từ bước 1. Xác định nút đầu lưới với điều kiện: nút đó là nút loại 2 và có số liên kết lớn hơn không. Sau đó ta tiến hành tính tổn thất điện áp trên từng nhánh đi từ nút nguồn về nút cuối lưới theo phương trình (4). Sau khi tính được tổn thất điện áp trên nhánh ta tính điện áp tại các nút theo phương trình (4), với V_k, V_{k+1} là điện áp tại nút thứ k và $(k+1); V_{(k, k+1)}$ là tổn thất điện áp nối từ nút k tới nút $(k+1)$.

$$\begin{aligned} V_{loss(k+1)} &= \frac{P'_{Lk+1} \cdot R_{k,k+1} + Q'_{Lk+1} \cdot X_{k,k+1}}{V_k}; \\ V_{k+1} &= V_k - V_{loss(k,k+1)} \end{aligned} \quad (4)$$

Bước 3: Sau khi có được điện áp tại các nút và công suất tại các nút tải đã được cộng dồn ở bước 1, tiến hành tính lại chính xác tổn thất công suất trên từng nhánh đi từ nút gốc đến các nút cuối như phương trình (5). Sau khi tính được tổn thất công suất chính xác trên các nhánh ta tiến hành tính tổn thất công suất trên toàn lưới điện theo phương trình (6). Trường hợp có thêm máy phát và tụ bù thì được tính như phương trình (7).

$$\begin{aligned} P'_{loss(k,k+1)} &= R_{(k,k+1)} \cdot \frac{P_{Lk+1}^2 + Q_{Lk+1}^2}{V_k^2}; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Q'_{loss(k,k+1)} &= X_{(k,k+1)} \cdot \frac{P_{Lk+1}^2 + Q_{Lk+1}^2}{V_k^2} \\ \Delta P'_{loss} &= \Delta P'_1 + \dots + \Delta P'_{k+1}; \\ \Delta Q'_{loss} &= \Delta Q'_1 + \dots + \Delta Q'_{k+1} \end{aligned} \quad (6)$$

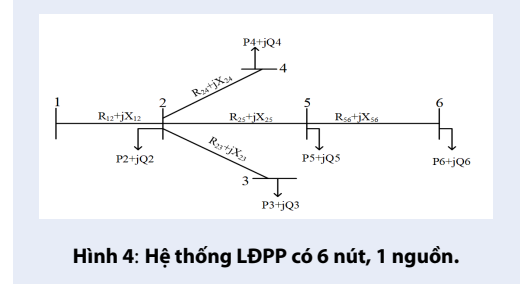
Đối với trường hợp máy phát điện, công suất tại nút:

$$P'_{nut} = P_{nit} - P_G; Q'_{nit} = Q_{nit} - Q_G \quad (7)$$

Đối với trường hợp tụ bù, công suất tại nút :

$$Q'_{nit} = Q_{nit} - Q_{bii} \left(\frac{V_{nut}}{V_{dm}} \right)^2 \quad (8)$$

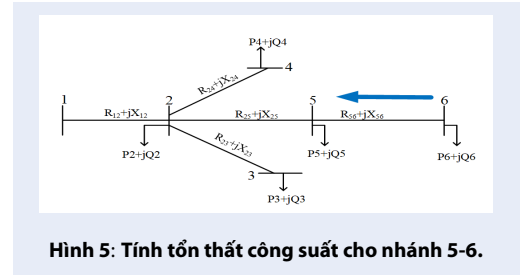
Hình 3 là lưu đồ tính toán phân bố công suất bằng phương pháp BW/FW cải tiến cho lưới điện phân



Hình 4: Hệ thống LĐPP có 6 nút, 1 nguồn.

phối hình tia có cấu hình thay đổi. Ở đây xét một LĐPP có 6 nút với nút 1 là nguồn và các nút 2, 3, 4, 5, 6 là tải được trình bày ở Hình 4. Các bước tính toán phân bố công suất trong LĐPP hình tia như sau:

Bước 1: Tính tổn thất công suất và tổn thất điện áp trên từng nhánh chạy từ các nút cuối cùng về nút gốc. Ở đây, xác định nút 1 là nút nguồn còn các nút 6, nút 4, nút 3 là nút cuối. Như vậy ở đây chọn nút 6 (có thể chọn nút 4 hoặc nút 3) để bắt đầu tính dần về nút gốc. Tính tổn thất công suất $P_{loss(5,6)}$ trên nhánh 5-6, sau khi tính xong tổn thất trên nhánh 5-6 ta tiến hành cộng dồn tải vào nút 5: $P'_5 = P_5 + P_6 + P_{loss(5,6)}$; $Q'_5 = Q_5 + Q_6 + Q_{loss(5,6)}$. Sau khi dồn tải thì tiến hành xóa dữ liệu nhánh 5-6 vừa tính. Tiếp tục tính tổn thất công suất nhánh 2-5, sau đó cộng dồn vào nút 2 và xóa dữ liệu nhánh vừa tính.

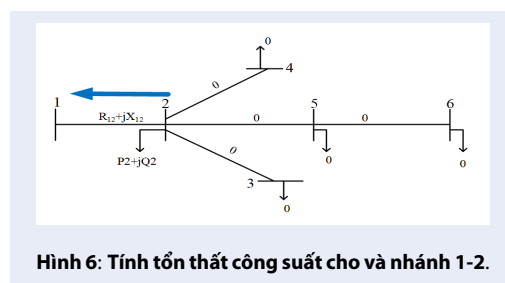
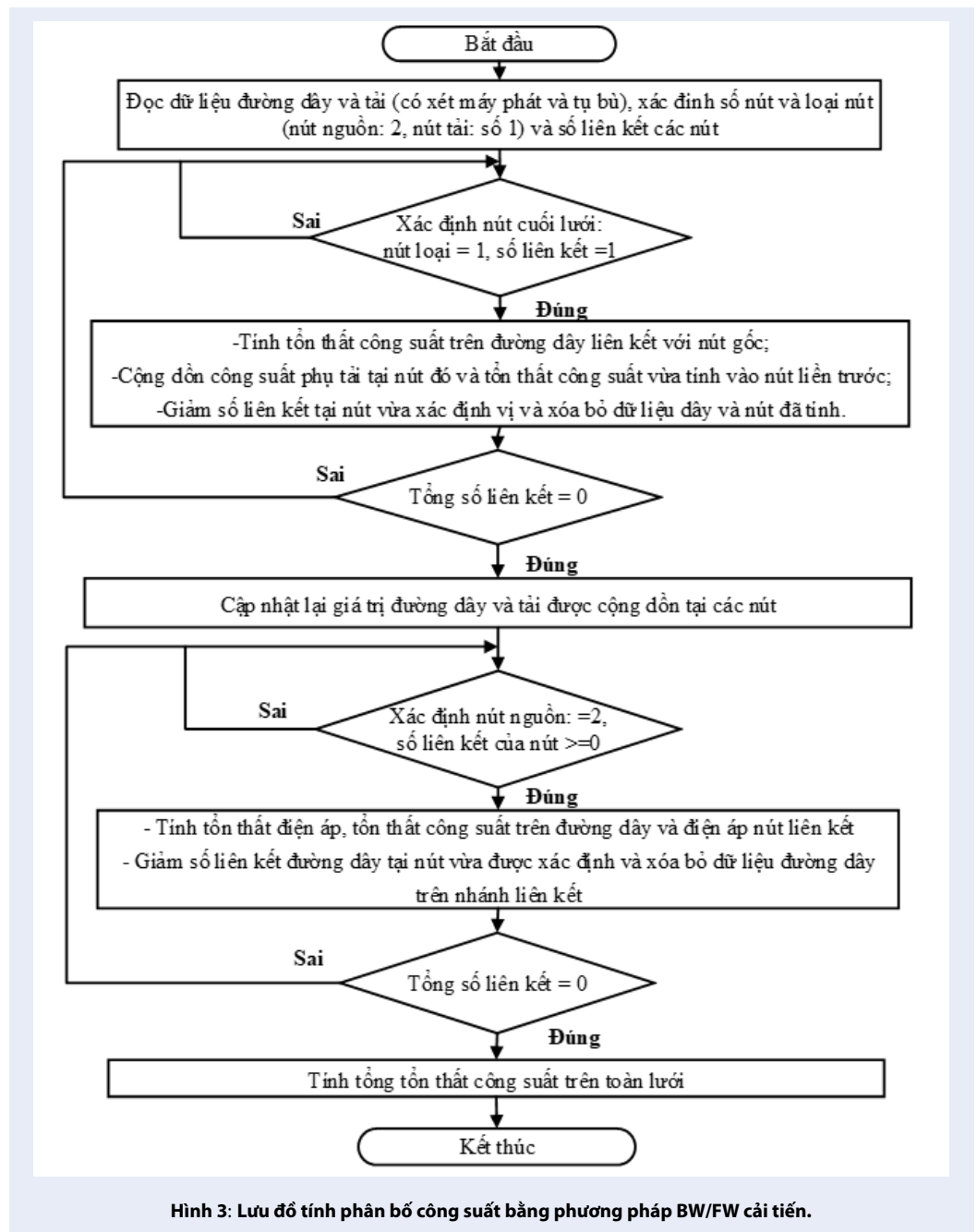


Hình 5: Tính tổn thất công suất cho nhánh 5-6.

Tương tự tính cho các nhánh 2-4, 2-3 và 1-2 còn lại cho đến nút gốc. Hình 5 và Hình 6 biểu diễn áp dụng BW trong tính tổn thất công suất và tổn thất điện áp tính từ nút 6 (nút cuối) về nút 1 (nút đầu). Từ kết quả này tính được tổn thất điện áp trên đoạn lưới 1-2.

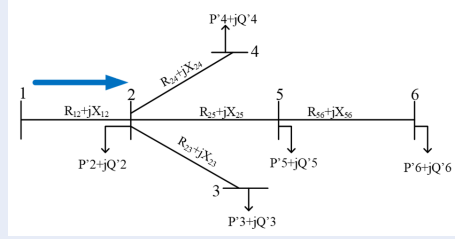
Bước 2: Tiến hành cập nhật lại giá trị đường dây và công suất tại các nút phụ tải đã được cộng dồn, như Hình 7. Sau khi cập nhật lại giá trị đường dây ta tiến hành tính tổn thất điện áp trên các nhánh và điện áp tại các nút của lưới. Từ tổn thất điện áp đoạn lưới 1-2, 2-3, 2-4, 2-5, 5-6 ta có được điện áp nút 2, nút 3, nút 4, nút 5, nút 6.

Bước 3: Sau khi có được điện áp tại các nút và công suất tại các nút tải đã được cộng dồn ở bước 1, tiến hành tính lại chính xác tổn thất công suất trên từng



nhánh đi từ nút gốc đến các nút cuối như Hình 7. Tương tự tính tổn thất công suất trên nhánh 2-4, 2-3, 2-5, 5-6. Từ các kết quả này tính tổng tổn thất công suất của toàn LĐPP.

Việc tính toán từ nút cuối về nút nguồn nhằm tìm được giá trị ban đầu của tổn thất công suất trên các đoạn lưới, tuy nhiên giá trị này chưa chính xác vì chưa xác định được điện áp chính xác tại các nút. Để tìm chính xác các giá trị điện áp tại các nút và tổn thất trên các lưới cần phải tính lại giá trị cập nhật từ nút nguồn

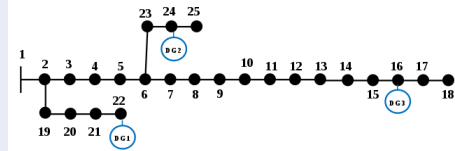


Hình 7: Cập nhật lại giá trị của LĐPP và tính tổn thất điện áp trên nhánh 1-2.

đến nút cuối.

Áp dụng BW/FW cải tiến vào thuật toán PSO để tối ưu vị trí và dung lượng các DG trong LĐPP

Để giải bài toán tối ưu vị trí và dung lượng của các DG có xét đến tái cấu hình LĐPP thì cần phải giải liên tục các bài toán với các biến: vị trí, dung lượng của các DG, các khóa điện mở để đảm bảo vận hành hình tia với mục tiêu là giảm thiểu tổn thất công suất trên LĐPP, Hình 8 trình bày một LĐPP hình tia khi có sự tham gia của các DG.



Hình 8: LĐPP hình tia khi có sự tham gia của các DG.

- Tổn thất công suất của hệ thống bằng tổng tổn thất trên các nhánh là bé nhất:

$$\begin{aligned}
 P_{loss} &= \sum_{i=1}^{Nbr} k_i \Delta P_i \\
 &= \sum_{i=1}^{Nbr} k_i R_i \cdot |I_i|^2 \\
 &= \sum_{i=1}^{Nbr} k_i R_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \quad (9)
 \end{aligned}$$

Trong đó: ΔP_i : tổn thất công suất tác dụng trên nhánh thứ i ; N_{br} : tổng số nhánh; P_i, Q_i : công suất tác dụng và công suất phản kháng trên nhánh thứ i ; V_i, I_i : điện áp nút kết nối của nhánh và dòng điện trên nhánh thứ i ; P_{loss} : tổn thất công suất tác dụng của hệ thống; k_i : trạng thái của của các khóa điện, nếu $k_i = 0$, khóa điện thứ i mở và ngược lại.

- Điều kiện ràng buộc: xác định các vị trí khóa mở, vị trí, dung lượng để tổn thất công suất là bé nhất
- + Giới hạn công suất phát của DG:

$$\begin{aligned}
 P_{Dqi,min} \leq P_{DG,i} \leq P_{Dqi,max} \\
 \text{với } i = 1, 2, \dots, N_{DG} \quad (10)
 \end{aligned}$$

Trong đó: $P_{Dqi,min}$ và $P_{Dqi,max}$ lần lượt là giới hạn công suất nhỏ nhất và lớn nhất của DG thứ i ; $P_{DG,i}$ là công suất phát của DG thứ i ; N_{DG} là số lượng DG kết nối trên LĐPP.

- + Giới hạn dòng điện trên các nhánh và điện áp các nút:

$$|I_i| \leq I_{i,max}, \text{ với } i = 1, 2, \dots, N_{bus} \quad (11)$$

$$V_{(i,min)} \leq V_i \leq V_{(i,max)}, \text{ với } i = 1, 2, \dots, N_{bus} \quad (12)$$

Trong đó: N_{bus} là số nút trong lưới điện; $I_{i,max}$ là giới hạn dòng điện trên nhánh thứ i ; $V_{i,min}$ và $V_{i,max}$ lần lượt là giới hạn điện áp nút nhỏ nhất và lớn nhất cho phép.

Phương pháp đề xuất áp dụng BW/FW cải tiến là công cụ tính tổn thất công suất trong thuật toán PSO¹⁰ nhằm giảm thiểu thời gian tính toán và sử dụng vòng lặp tìm kiếm cấu hình tính toán khi có sự thay đổi về cấu hình LĐPP, như ở Hình 9.

Thuật toán PSO trong một tập hợp các giải pháp tiềm năng được gọi là các cá thể được khởi tạo ngẫu nhiên, mỗi cá thể sẽ có 1 giá trị fitness (mục tiêu), sẽ được đánh giá bởi các hàm mục tiêu để tối ưu hóa trong mỗi thế hệ.

Phương trình cập nhật vận tốc :

$$\begin{aligned}
 V_i^{k+1} &= wV_i^k + c_1 \text{rand}_1 \times (pbest_i - x_i^k) \\
 &+ c_2 \text{rand}_2 \times (gbest_i - x_i^k) \quad (13)
 \end{aligned}$$

Phương trình cập nhật vị trí :

$$x_i^{k+1} = x_i^k + V_i^{k+1} \quad (14)$$

Trong đó:

Mỗi cá thể ở vòng lặp k với $iv_i^k = (v_i^{k1}, v_i^{k2}, \dots, v_i^{kN})$;

V_i^{k+1} : vận tốc cá thể i ở vòng lặp $k+1$;

w : trọng lượng quán tính ảnh hưởng nhiều đến độ hội tụ của PSO, được sử dụng để kiểm soát các tác động của vận tốc cũ và hiện tại của mỗi cá thể;

c_j là hệ số gia tốc, $j=1,2$;

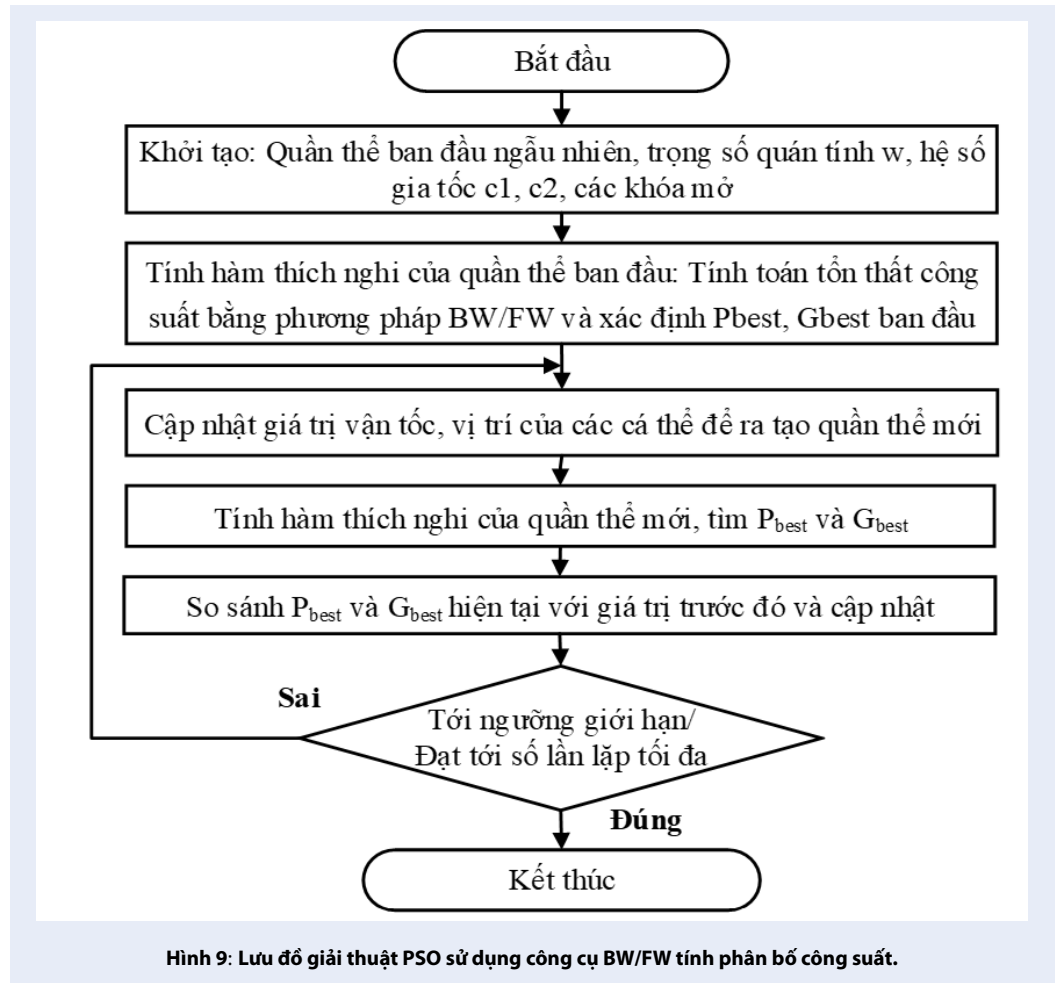
rand_j : số ngẫu nhiên giữa 0 và 1;

$x_i^k = (x_i^{k1}, x_i^{k2}, \dots, x_i^{kN})$: vị trí hiện tại cá thể i ở vòng lặp k

$P^{k_{besti}} = (P^{k_{besti1}}, P^{k_{besti2}}, \dots, P^{k_{bestiN}})$: giải pháp tốt nhất cá thể i ở vòng lặp hiện tại k

$gbest$: Vị trí của cá thể tốt nhất trong toàn bộ quần thể

x_i^{k+1} : vị trí của cá thể i ở vòng lặp $k+1$

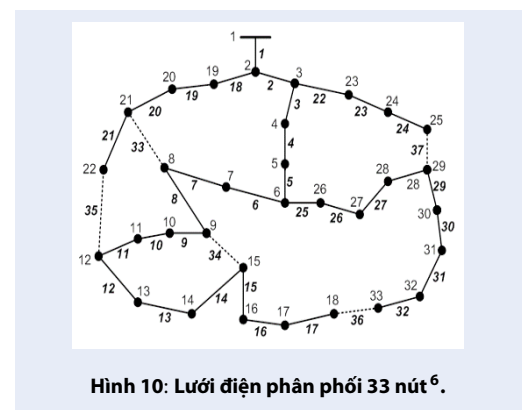


KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Lưới điện phân phối 33 nút, 1 nguồn

LĐPP 33 nút, bao gồm 37 nhánh, 32 khóa điện thường đóng và 5 khóa mở: 33; 34; 35; 36; 37 như Hình 10, tổng công suất $P=3715$ kW và $Q=1800$ kVar⁶. Kết quả điện áp của hệ thống sau khi mô phỏng các phương pháp tính phân bố công suất: BW/FW, NT và Gauss được trình bày ở Bảng 1. Phương pháp đề xuất được triển khai trong phần mềm Matlab trên máy tính cá nhân với CPU Intel Core i3 4160 @ 3.6GHz, 1 CPU, 8GB, Windows 7 SP1 (64-bit).

Kết quả tính toán từ ba phương pháp BW/FW, NT và Gauss cho lưới điện phân phối 33 nút được trình bày ở Bảng 1. Tổng tổn thất công suất toàn lưới điện của phương pháp đề xuất có kết quả tương đương với phương pháp NT và được kiểm tra trên phần mềm PSS – ADEPT cũng cho kết quả tương tự. Kết quả cho thấy phương pháp đề xuất có độ chính xác cao, hội tụ nhanh cho thấy phương pháp BW/FW cải tiến là phù hợp và có khả năng ứng dụng cao.



Lưới điện ban đầu với các khóa mở là 33; 34; 35; 36; 37 có tổn thất là 202,68 kW, điện áp thấp nhất là tại nút 18 có điện áp là 0,9108 pu. Sau khi sử dụng giải thuật PSO để tiến hành tối ưu vị trí và dung lượng cũng như các khóa mở của lưới điện trong quá trình tái cấu hình. Chương trình sẽ cập nhật lại dữ liệu mà

Bảng 1: So sánh 3 phương pháp tính phân bố công suất

Phương pháp	BW/FW	NT	Gauss
Số lần lặp	3	3	548
Thời gian (s)	0,3987	0,5703	1,1394
Tổng tổn thất công suất (kVA)	154,8+ 103j	155+ 103j	151+ 100j
Công suất nguồn (kVA)	3869,8+1903j	3870+1903j	3866+1900j

Bảng 2: So sánh kết quả thực hiện với các phương pháp trên LDPP 33 nút

Phương pháp	Phương pháp đề xuất	GA ³	HSA ⁵	FWA ²	CSA ⁶
Vị trí DG (nút)	18; 25; 7	32; 8; 25	32; 31; 33	32; 29; 18	18; 25; 7
PDG(MW)	0,8968; 1,4381, 0,9646; P Σ =3,299	0,8234; 1,1047; 1,1074; P Σ =3,036	0,5258, 0,5586; 0,5840; P Σ =1,6684	0,5367; 0,6158; 0,5315; P Σ =1,68 4	0,8968; 1,4381; 0,9646; P Σ =3,299
Khóa mở	33; 34; 11; 31; 28	33; 34; 11; 30; 28	7; 14; 10; 32; 28	7; 14; 11; 32; 28	33; 34; 11; 31; 28
ΔP (kW)	53,22	53,56	73,05	67,11	53,21
Umin (p.u.)	0,9805	0,9685	0,9700	0,9713	0,9806
Thời gian (s)	28	52,5	46	48	45

trận đường dây, sau đó đưa vào giải thuật để tiến hành tính phân bố công suất. Từ đó, thuật toán sẽ so sánh và lọc dữ liệu của ma trận đường dây để tạo ra một ma trận mới với toàn các khóa đóng với cấu trúc lưới hình tia.

Kết quả so sánh với một số phương pháp được trình bày trong Bảng 2 cho thấy thành phần tổn thất công suất, phương pháp đề xuất có cấu hình lưới với tổn thất công suất 53,22 kW tương đương với 2 phương pháp CSA và GA nhưng thấp hơn so với HSA và FWA lần lượt là 73,05 kW và 67,11 kW. Trong khi, điện áp nhỏ nhất tại các nút trong hệ thống là tương đương. Đối với thời gian tính toán trên cùng một cấu hình máy tính thì phương pháp đề xuất cho kết quả tổng thời gian tính toán là 28 giây thấp nhất so với phương pháp khác.

Lưới điện phân phối 69 nút, 1 nguồn

LDPP 69 nút có 73 nhánh, 5 khóa điện mở và tổng công suất P= 3,802 MW và Q = 3,696 Mvar. Sơ đồ đơn tuyến ở Hình 11. Trong điều kiện vận hành bình thường các khóa điện 69; 70; 71; 72 và 73 được mở có tổn thất là 224,89 kW, điện áp thấp nhất là tại nút 18 có điện áp là 0,9092 pu⁶.

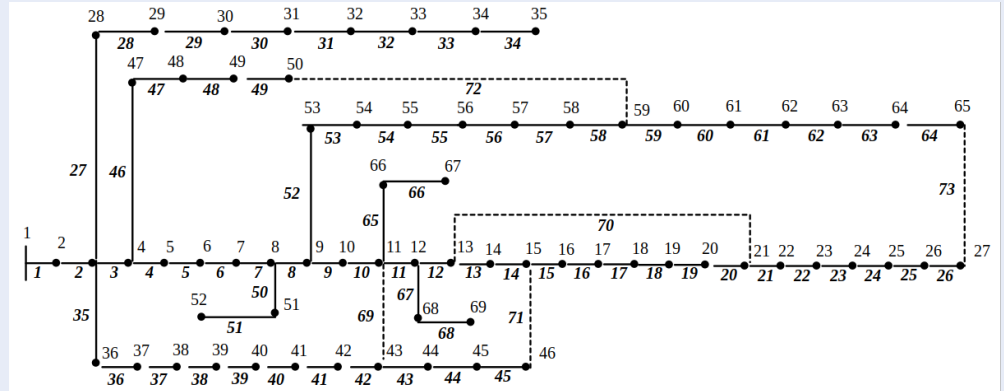
Kết quả tính toán được trình bày ở Bảng 3, sau khi thực hiện tối ưu vị trí và công suất DG và cấu hình vận hành hồ tối ưu thì kết quả tổn thất công suất đã giảm

từ cấu hình ban đầu 224,89 kW xuống còn 40,47kW và biên độ điện áp nút thấp nhất đã được cải thiện từ 0,9092 đến 0,9872 p.u. Phương pháp đề xuất cho thấy có cùng các kết quả với phương pháp CSA về vị trí, dung lượng của các DG và các khóa mở. Kết quả tính toán cho thấy tổn thất công suất thu được của các phương pháp là tương đương khác nhưng thời gian tính toán cho phương pháp đề xuất là 68 giây nhỏ hơn so với các phương pháp khác khi tính toán trên cùng một cấu hình máy tính.

Lưới điện phân phối 119 nút, 1 nguồn

LDPP 119 nút có 118 khóa điện, 119 nút và 15 khóa mở s118; s 119; s 120; s 121; s 122; s 123; s 124; s 125; s 126; s 127; s 128; s 129; s130; s 131; s132 được trình bày ở Hình 12 với tổng công suất là 22709,7 kW và 17041,1 kVar⁶.

Kết quả tính toán và so sánh với phương pháp CSA được trình bày ở Bảng 4 cho thấy phương pháp đề xuất có cùng các kết quả về vị trí, dung lượng của các DG cũng như các khóa mở và tổn thất công suất là tương đương với phương pháp CSA. Thời gian tính toán trên cùng một cấu hình máy tính thì phương pháp đề xuất là thấp hơn so với phương pháp CSA, phương pháp đề xuất cho kết quả tính toán với thời gian là 156 giây còn CSA cho kết quả tính toán với thời gian là 2478 giây.



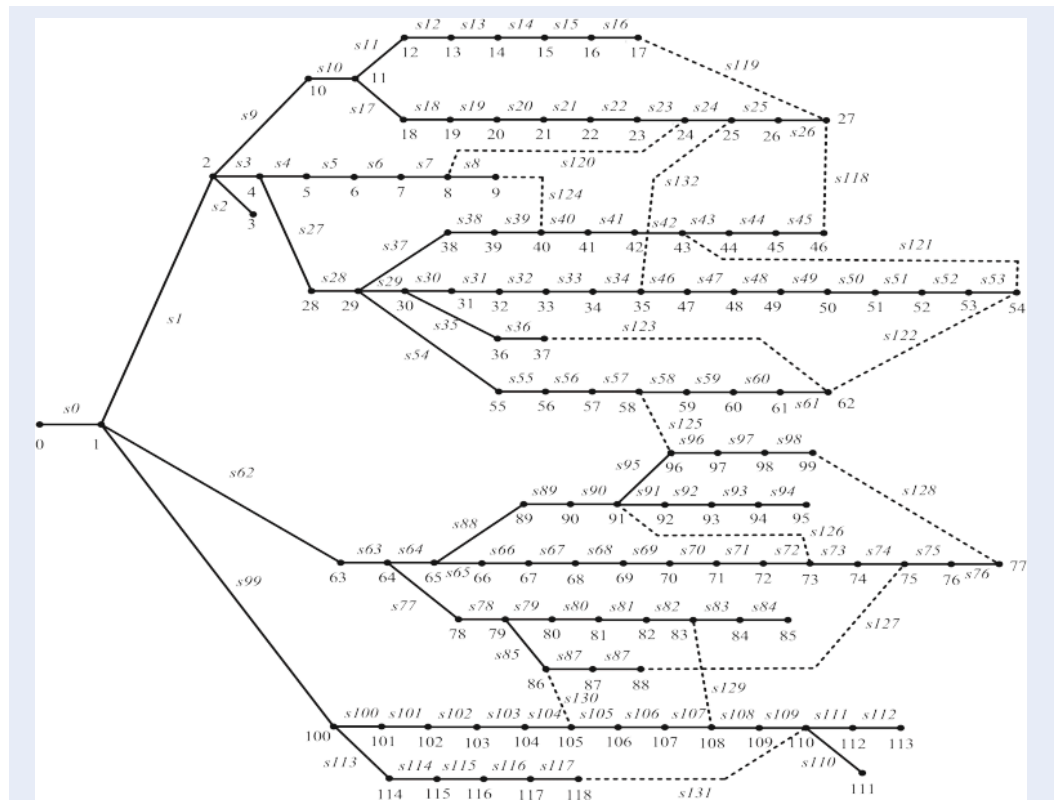
Hình 11: Lưới điện phân phối 69 nút⁶.

Bảng 3: So sánh kết quả thực hiện với các phương pháp trên LĐPP 69 nút

	Phương pháp đề xuất	GA ³	HSA ⁵	FWA ²	CSA ⁶
Vị trí DG (nút)	61; 62; 65	50; 21; 61	61; 60; 62	61; 62 ; 65	6 1; 62; 65
P_{DG} (MW)	1,752; 0,1566; 0,4092 $P_{\Sigma} = 2,3152$	0,7431; 0,6778; 1,6224 $P_{\Sigma} = 3,0433$	1,0666; 0,3525; 0,4257 $P_{\Sigma} = 1,8448$	1,1272; 0,2750; 0,4159 $P_{\Sigma} = 1,8181$	1,7496; 0,1566; 0,4090 $P_{\Sigma} = 2,3152$
Khóa mở	69; 70; 12; 58; 61	69; 70; 12; 55; 62	69; 17; 13; 58; 61	69; 70; 13; 55; 63	69; 70; 12; 58; 61
ΔP (kW)	40,47	39,332	40,3	39,25	40,49
U_{min} (p.u.)	0,9872	0,9841	0,9736	0,9796	0,9873
Thời gian (s)	68	1021,42	1005,6	988	978,5

Bảng 4: So sánh kết quả thực hiện với các phương pháp trên LĐPP 119 nút

	Phương pháp đề xuất	GA ³	HSA ⁵	FWA ²	CSA ⁶
Vị trí DG (nút)	50; 109; 73	52; 106; 70	50; 106; 70	52; 109; 71	50; 109; 73
P_{DG} (MW)	2,5321; 3,6818; 3,6043; $P_{\Sigma} = 9,8182$	2,6613; 3,5943; 3,7683; $P_{\Sigma} = 10,0241$	2,0241; 3,0572; 3,2154; $P_{\Sigma} = 8,2967$	2,1322; 3,1073; 3,0542; $P_{\Sigma} = 8,2937$	2,5331; 3,6819; 3,7043; $P_{\Sigma} = 9,9193$
Khóa mở	42; 25; 22; 121; 122; 58; 39; 125; 70; 127; 128; 81; 130; 131; 33	42; 25; 21 ; 121; 122; 58; 41; 125; 71; 127; 128; 80; 130; 131; 33	42; 25; 22; 121; 122; 59; 40; 125; 71; 127; 128; 81; 130; 131; 32	42; 25; 22; 121; 122; 58; 41; 125; 70; 127; 128; 81; 130; 131; 33	42; 25; 22; 121; 122; 58; 39; 125; 70; 127; 128; 81; 130; 131; 33
ΔP (kW)	590,12	588,54	596,26	578,45	586,24
U_{min} (p.u.)	0,9766	0,9742	0,9604	0,9652	0,9644
Thời gian (s)	156	2526	2496	2484	2478



Hình 12: Lưới điện phân phối 119 nút⁶.

THẢO LUẬN

Từ các kết quả thử nghiệm trên lưới điện 33 nút, 69 nút và 119 nút đã cho thấy thời gian tính khi sử dụng công cụ tính phân bố công suất là BW/FW cải tiến đã giảm xuống đáng kể so với công cụ tính phân bố công suất là NT hay Gauss trong thuật toán meta heuristic. Thời gian tính của phương pháp đề xuất so với phương pháp CSA được trình bày ở Hình 13 đã cho thấy tính hiệu quả của phương pháp đề xuất.

KẾT LUẬN

Từ các kết quả so sánh giữa phương pháp đề xuất với một số giải thuật tối ưu khác có thể thấy rằng phương pháp đề nghị thực hiện tối ưu vị trí và công suất của các DG kết hợp với xác định cấu trúc vận hành LĐPP bằng giải thuật PSO với công cụ tính phân bố công suất là phương pháp BW/FW cải tiến là một phương pháp khả thi để thực hiện tối ưu lưới điện liên quan đến DG và cấu trúc vận hành LĐPP. Phương pháp BW/FW cải tiến tính toán phân bố công suất có nguyên lý hoạt động đơn giản, độ chính xác cao và thời gian hội tụ nhanh hơn so với các phương pháp truyền thống khác. Vì vậy, trong tương lai phương pháp BW/FW cải tiến có thể thay thế phương pháp

NT hoặc Gauss trong việc tính phân bố công suất để rút ngắn thời gian tính phân bố công suất và giảm thời gian tính toán của bài toán tối ưu trong LĐPP hình tia có cấu hình thay đổi.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Tôn Ngọc Triều: xây dựng giải thuật, chạy phần mềm, viết bản thảo, viết bài đánh giá và chỉnh sửa.

Trương Việt Anh: đề xuất ý tưởng, viết bài đánh giá và chỉnh sửa.

Vũ Phan Tú: đề xuất ý tưởng, viết bài đánh giá và chỉnh sửa.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả của bài báo không có sự xung đột về lợi ích.

TỪ VIẾT TẮT

DG: Nguồn điện phân tán (Distributed Generations)

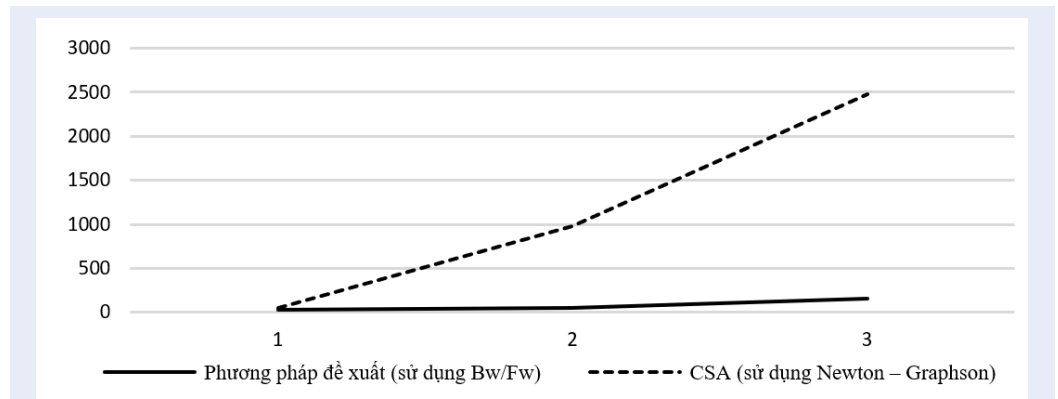
BW/FW: Phương pháp Backward/Forward

NT: Phương pháp Newton – Graphson

Gauss: Phương pháp Gauss – Seidel

LĐPP: Lưới điện phân phối

GA: Thuật toán di truyền (Genetic Algorithm)



Hình 13: Thời gian tính toán của phương pháp đề xuất và CSA.

HSA: Thuật toán tìm kiếm hài hòa (Harmony Search Algorithm)

PSO: Thuật toán tối ưu bầy đàn (Particle Swarm Optimization)

CSA: Thuật toán tìm kiếm cuckoo (Cuckoo Search Algorithm)

FWA: Thuật toán pháo hoa (Fireworks Algorithm)

FDPF: Phương pháp p hân tích nhanh dòng công suất (Fast Decoupled Power Flow)

GMRES: Phương pháp dư lượng tối thiểu tổng quát (Generalized Minimal Residual)

IEEE: Viện kỹ nghệ Điện và Điện Tử (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Siano P, Sarno D. Assessing the benefits of residential demand response in a real time distribution energy market. *Appl Energy*. 2016;161:533–551.
2. Imran AM, Kowsalya M, Kothari DP. Electrical Power and Energy Systems A novel integration technique for optimal network reconfiguration and distributed generation placement in power distribution networks. *Int J Electr POWER ENERGY Syst*. 2014;63:461–472.
3. Linh NT, Thuận NT, Triều TN. Tối ưu vị trí và công suất nguồn điện phân tán có xét đến tải hình cấu hình lưới điện phân phối. 2017;p. 5–14.
4. Abdelaziz AY, Mohammed FM, Mekhamer SF, Badr MAL. Distribution Systems Reconfiguration using a modified particle swarm optimization algorithm. *Electr Power Syst Res*. 2009;79:1521–1530.
5. Rao RS, Ravindra K, Satish K, Narasimham SVL. Power Loss Minimization in Distribution System Using Network Reconfiguration in the Presence of Distributed Generation. *IEEE Trans Power Syst*. 2012;28(1):1–9.
6. Nguyen TT, Truong AV, Phung TA. A novel method based on adaptive cuckoo search for optimal network reconfiguration and distributed generation allocation in distribution network. *Int J Electr Power Energy Syst*. 2016;78:801–815.
7. Nguyen TT, Nguyen TT, Truong AV, Nguyen QT, Phung TA. Multi-objective electric distribution network reconfiguration solution using runner-root algorithm. *Appl Soft Comput J*. 2017;52:93–108.
8. Rupa JAM, Ganesh S. Power Flow Analysis for Radial Distribution System Using Backward / Forward Sweep Method. 2014;8(10):1628–1632.
9. Augugliaro A, Dusonchet L, Favuzza S, Ippolito MG, Sanseverino ER. A backward sweep method for power flow solution in distribution networks. *Int J Electr Power Energy Syst*. 2010;32(4):271–280.
10. Zhou Y, Li Z, Zhou H, Li R. The application of PSO in the power grid : A review The Application of PSO in the Power Grid : A Review, no. July; 2016.

Applying improved Backward/Forward method in optimizing power distribution connected DG

Trieu Ngoc Ton^{1,2}, Anh Viet Truong¹, Tu Phan Vu³



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

In recent years, there is robust development of distributed generations (DG) connected into the electrical system. Thus, The issues such as the optimization problem of the position and capacity of power distribution sources has taken into account the re-configuration on the electricity distribution system to minimize the total Power loss on the ray distribution grid as well as minimizing the total calculation time which is an essential requirement. This paper proposes enhancement Backward/Forward method which is change for Newton - Graphson and Gauss - Seidel methods are being used. We used PSO optimization algorithm accompanied by power distribution calculation tool which is Backward/Forward method to calculate the power distribution in the optimize location and capacitance of Distributed Generations considering the re-configuration of the electrolytic grid. The algorithm has been simulated on three IEEE ray power distribution systems which includes 3 types of power grids: 33-node power distribution system, 69 nodes and 119 nodes. Simulation result presents that our proposal improves the performance of distribution grid system and better than some other algorithms.

Key words: Backward/Forward, Newton-Graphson, Gauss-Seidel, Distributed generations (DG), Power distribution system, Re-configuration

¹HCMC University of Technology and Education, Ho Chi Minh City

²Thu Duc College Of Technology, Ho Chi Minh City

³Vietnam National University, Ho Chi Minh City

Correspondence

Trieu Ngoc Ton, HCMC University of Technology and Education, Ho Chi Minh City

Thu Duc College Of Technology, Ho Chi Minh City

History

- Received: 08-4-2019
- Accepted: 22-7-2019
- Published: 30-8-2019

DOI :



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Ngoc Ton T, Viet Truong A, Phan Vu T. **Applying improved Backward/Forward method in optimizing power distribution connected DG.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology;* 2(2):105-115.