

TÁI CẤU HÌNH LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI CÓ TẢI KHÔNG CÂN BẰNG VỚI HÀM MỤC TIÊU GIẢM TỔN THẤT CÔNG SUẤT

RECONFIGURATION OF UNBLANCE DISTRIBUTION SYSTEM FOR LOAD STUDY ON IMPROVEMENT FOR LOSSE POWER MINIMIZATION

Trương Việt Anh¹, Nguyễn Tùng Linh², Tôn Ngọc Triều^{1,3}

¹Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, ²Trường Đại học Điện lực,

³Trường Cao đẳng Công nghệ Thủ Đức

Ngày nhận bài: 04/12/2018, Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2019, Phản biện: TS. Trịnh Trọng Chương

Tóm tắt:

Bài báo này trình bày thuật toán PSO để tái cấu hình lưới điện phân phối ba pha hình tia không cân bằng nhằm giảm thiểu tổn thất công suất với công cụ tính toán phân bố công suất là phương pháp Backward/Forward cải tiến. Phương pháp đề xuất sử dụng công cụ tính toán phân bố công suất Backward/Forward cải tiến thay thế cho công cụ tính phân bố công suất truyền thống khác như Newton - Raphson và Gauss - Seidel trong giải thuật PSO để tính toán cho lưới điện phân phối không cân bằng hình tia. Kết quả của phương pháp đề xuất được kiểm nghiệm trên lưới điện phân phối 33 nút - IEEE và lưới điện phân phối thị xã Tân Châu, tỉnh An Giang thông qua phần mềm MATLAB và PSS-ADEPT đã cho thấy tính hiệu quả của phương pháp đã đề xuất.

Từ khóa:

Backward – Forward, tái cấu hình, PSO, lưới điện không cân bằng, giảm tổn thất công suất.

Abstract:

This paper presents the PSO algorithm to reconfigure the unbalanced three-phase distribution grid to minimize power loss with improved power distribution tool Backward/Forward. The proposed method uses an improved Backward/Forward power distribution calculation tool to replace other traditional power distribution tools such as Newwton - Grapson and Gauss - Sdeil in PSO algorithm to calculate for the grid. unbalanced distribution. The results of the proposed method have been tested on the 33-node distribution grid - IEEE and the distribution network of Tan Chau Town, An Giang through MATLAB and PSS-ADEPT software that have shown effectiveness.

Keywords:

Backward-Forward, reconfiguration, PSO, unbalanced distribution grid, power losse.

1. GIỚI THIỆU

Lưới điện phân phối (LĐPP) có cấu trúc mạch vòng nhưng vận hành hình tia vì nó làm giảm dòng ngắn mạch và đảm bảo độ tin cậy. Nhu cầu năng lượng ngày càng tăng đang đặt ra sức ép lên hệ thống điện

phải đảm bảo cung cấp điện với chất lượng điện năng ngày càng cao. Vì vậy, việc nghiên cứu về LĐPP sẽ có ý nghĩa rất quan trọng trong thực tế vận hành và thi công, trong đó bài toán giảm tổn thất điện năng hay giảm tổn thất công suất tác

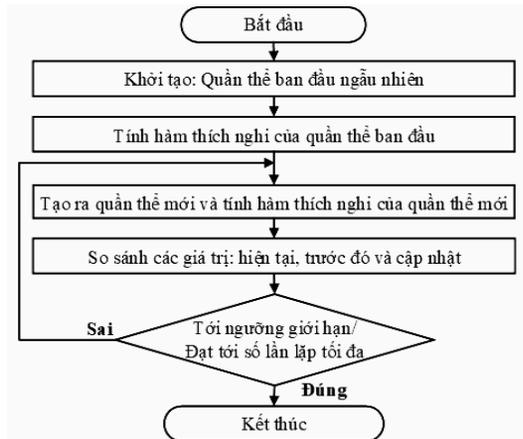
dụng được chú ý hơn cả và là chỉ tiêu hàng đầu trong ngành điện. Trong các phương pháp giảm tổn thất công suất thì tái cấu hình LĐPP (Distribution Network Reconfiguration - DNR) nhằm giảm tổn thất công suất tác dụng với hiệu quả cao vì không cần tốn chi phí đầu tư hay cải tạo. Do đó, việc nghiên cứu cải tiến DNR trong điều kiện thực tế sẽ mang lại hiệu quả kinh tế và ý nghĩa thực tế rất quan trọng, đặc biệt là trong vấn đề LĐPP không cân bằng.

Những năm gần đây cấu hình LĐPP được xem xét rất nhiều, nhưng hầu hết các nghiên cứu tập trung cho LĐPP cân bằng nhằm hoạch định kế hoạch lâu dài và giảm tổn thất công suất tác dụng. Nhưng thực tế, LĐPP đang vận hành hầu như trong điều kiện không cân bằng, vì thế tổn thất là rất lớn [1]. Vấn đề DNR được xem xét nhằm giảm thiểu tổn thất công suất tác dụng trên LĐPP cũng như việc giảm thiểu thời gian tính toán là một yêu cầu cần thiết hiện nay. DNR được thực hiện bằng cách thay đổi đóng/mở các khóa điện để cải thiện hiệu suất của mạng điện: giảm tổn thất công suất tác dụng, cân bằng tải và giảm thiểu vi phạm ràng buộc [2]. Nhiều phương pháp đã đề xuất: tiếp cận dựa trên lập trình heuristic, meta-heuristic và toán học [3]. Các phương pháp DNR siêu hình dựa trên các thuật toán tìm kiếm thông minh như thuật toán di truyền (Genetic Algorithm GA) [4], thuật toán thần kinh nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) [5], thuật toán tối ưu hóa đàn hạt (Particle Swarm Optimization Algorithm - PSO) [6]... Trong các phương pháp tối ưu hóa toán

học, mô hình DNR thường được xây dựng dưới dạng các vấn đề lập trình tuyến tính [7], [8] lập trình bậc hai [8] hoặc lập trình phi tuyến [9]. Thực tế, LĐPP được vận hành với mức độ mất cân bằng có thể quan sát được do tải không đồng đều, cấu trúc mạng không đối xứng và sự xuất hiện của các công nghệ. Để giải quyết vấn đề này, trong [10] đề xuất thuật toán DNR không cân bằng quy mô lớn nhằm giảm thiểu tổn thất công suất tác dụng. Trong [11] phương pháp heuristic áp dụng cho cả LĐPP cân bằng và không cân bằng để giảm thiểu tổn thất công suất. Phương pháp này phù hợp hơn với các mạng cân bằng. Tuy nhiên đối với LĐPP không cân bằng, hiệu quả phụ thuộc vào mức độ mất cân bằng hệ thống. Trong [12] thuật toán cấu hình lại 2 giai đoạn cho cả cân bằng và không cân bằng nhưng thời gian tính toán lớn. Như vậy, yêu cầu cần phải có phương pháp giải bài toán DRN trong LĐPP không cân bằng tối ưu toàn cục và giảm thiểu thời gian giải.

Hiện nay, có 2 nhóm phương pháp heuristic và meta-heuristic trong tối ưu. 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. Thuật toán meta-heuristic ở hình 1, công cụ sử dụng tính toán phân bố công suất là Newton-Raphson (NT) hoặc Gauss-Seidel (Gauss) hay Jacobi, Dishonest, FDPF... Tùy vào phương pháp tính phân bố công suất thì hiệu quả là khác nhau. Tuy nhiên, khi sử dụng công cụ tính toán này mất khá lớn thời gian tính toán vì chúng phụ thuộc vào ma trận

tổng dẫn nút có khối lượng phần tử lớn. Trong [13], [14] đề xuất Backward/Forward (BW/FW) thay thế cho NT hoặc Gauss nhằm giảm thời gian tính toán nhưng đề xuất này chỉ phù hợp với LĐPP hình tia cố định. Điều này là không phù hợp cho bài toán DNR. Do đó, cần cải tiến phương pháp BW/FW để giảm thời gian tính toán phân bố công suất phù hợp trong bài toán DNR [15]. Bài báo này đề xuất phương pháp BW/FW cải tiến làm công cụ tính toán phân bố công suất trong thuật toán meta heuristic để DNR. Phương pháp đề xuất phát triển dựa vào BW/FW trước đó chỉ sử dụng cho hình tia cố định, cải tiến để thay thế cho công cụ NT hoặc Gauss trong bài toán DNR nhằm giảm thiểu tổn thất công suất và thời gian giải.



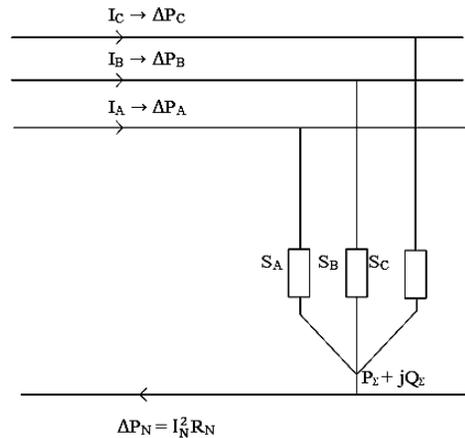
Hình 1. Lưu đồ giải thuật meta heuristic

2. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

2.1. Lưới điện ba pha không cân bằng

Lưới điện có nguồn và tải không đối xứng, thường chỉ có tải không đối xứng gọi là mạch ba pha không đối xứng. Khi tải không đối xứng thì dòng điện và điện áp trên các pha không đối xứng lúc này

trên dây trung tính sẽ có dòng điện I_N chạy qua. Khi đó, cần phải tính toán tổn thất điện áp của pha tải nặng nhất để kiểm tra chất lượng điện áp. Với những lưới điện này, để giảm chi phí vận hành và tránh gây mất điện khi chuyển tải, các điều độ viên chỉ cho phép thay đổi cấu hình lưới khi thật cần thiết để chống quá tải, khôi phục sau sự cố. Vì vậy, mục tiêu điều khiển LĐPP trong trường hợp này là cấu hình vận hành LĐPP không cân bằng.



Hình 2. LĐPP không cân bằng

Công suất tác dụng P của mạch ba pha bằng tổng công suất tác dụng của các pha. Gọi P_A, P_B, P_C tương ứng là công suất tác dụng của pha A, B, C.

$$P = P_A + P_B + P_C$$

$$= U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C \quad (1)$$

Mạch ba pha đối xứng:

$$U_A = U_B = U_C = U_p$$

$$\text{và } I_A = I_B = I_C = I_p \quad (2)$$

Với: $\cos \varphi_A = \cos \varphi_B = \cos \varphi_C = \cos \varphi$

$$P = 3U_p I_p \cos \varphi = 3I_p^2 R_p \quad (3)$$

Ta có

$$S_A = P_A + jQ_A; S_B = P_B + jQ_B; S_C = P_C + jQ_C.$$

Do tải không đối xứng, lúc này trên dây

trung tính sẽ xuất hiện dòng điện. Dựa theo giản đồ vector thể hiện mối quan hệ giữa ba pha A, B, C ta có:

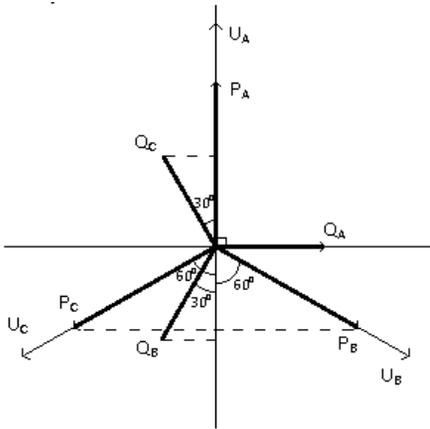
$$P_{\Sigma} = P_A - P_B \frac{1}{2} - P_C \frac{1}{2} - Q_B \frac{\sqrt{3}}{2} + Q_C \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (4)$$

$$Q_{\Sigma} = Q_A - Q_B \frac{1}{2} - Q_C \frac{1}{2} + P_B \frac{\sqrt{3}}{2} - P_C \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (5)$$

Như vậy, hàm mục tiêu là:

$$\sum \Delta P = \Delta P_A + \Delta P_B + \Delta P_C + \Delta P_N \quad (6)$$

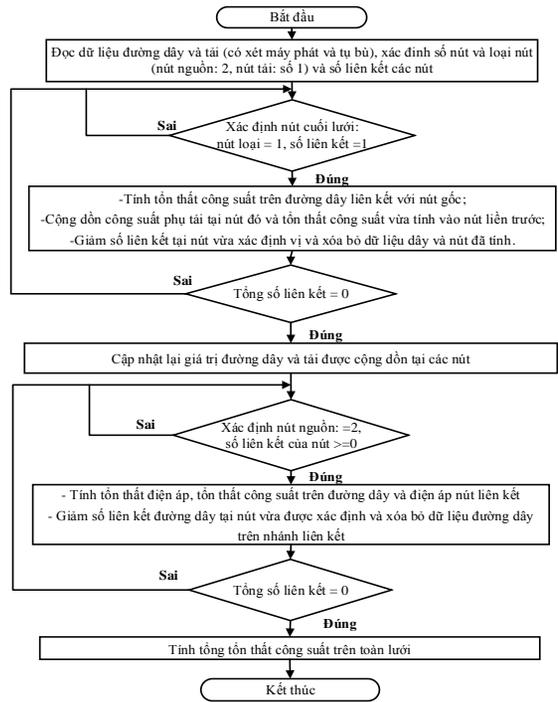
$$\text{Với } \Delta P_N = \frac{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}{U^2} R_N$$



Hình 3. Sơ đồ chuyển đổi công suất

2.2. 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 ở hình 4 [15].



Hình 4. Lưu đồ tính phân bố công suất bằng phương pháp BW/FW cải tiến

2.3. Sử dụng thuật toán PSO tái cấu hình cho lưới điện 3 pha không cân bằng

Để giải bài toán tối ưu tái cấu hình LĐPP thì cần phải giải liên tục các bài toán với vị trí các khóa điện mở để đảm bảo vận hành hình tia với mục tiêu là giảm thiểu tổn thất công suất trên LĐPP. Tổn thất công suất của hệ thống bằng tổng tổn thất tác dụng trên các nhánh là nhỏ nhất:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{N_{br}} k_i \Delta P_i = \sum_{i=1}^{N_{br}} k_i \cdot R_i \cdot |I_i|^2 = \sum_{i=1}^{N_{br}} k_i R_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \quad (7)$$

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 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; k_i : trạng thái của 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 để tổn thất công suất tác dụng là bé nhất. Giới hạn dòng điện trên các nhánh và điện áp các nút:

$$|I_i| \leq I_{i,\max}, \text{ với } i = 1, 2, \dots, N_{bus} \quad (8)$$

$$V_{i,\min} \leq |V_i| \leq V_{i,\max}, \quad (9)$$

với $i = 1, 2, \dots, N_{bus}$

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 PSO [16] 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, hình 5. 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, sẽ được đánh giá bởi các hàm mục tiêu để tối ưu hóa trong mỗi thế hệ. Phương trình cập nhật vận tốc:

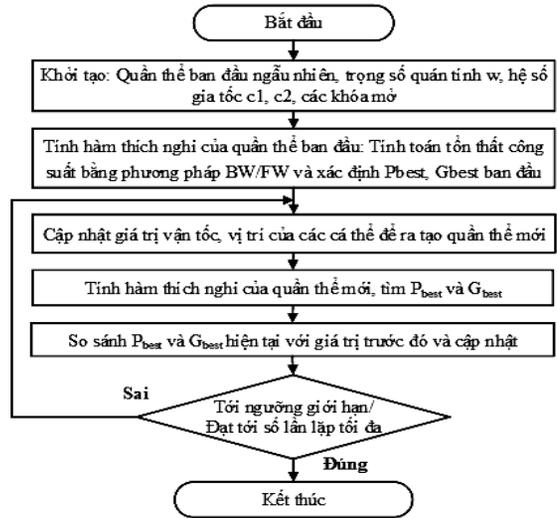
$$V_i^{k+1} = wv_i^k + c_1 \text{rand}_1(x(pbest_i - x_i^k) + c_2 \text{rand}_2(x(gbest_i - x_i^k)) \quad (10)$$

Phương trình cập nhật vị trí:

$$x_i^{k+1} = x_i^k + V_i^{k+1} \quad (11)$$

trong đó: Mỗi cá thể ở vòng lặp k với $v_i^k = (v_{i1}^k, v_{i2}^k, \dots, v_{in}^k)$; 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; $x_i^k = (x_{i1}^k, x_{i2}^k, \dots, x_{in}^k)$: 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 ;

g_{best} : 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 $k+1$.



Hình 5. Giải thuật PSO kết hợp BW/FW cải tiến

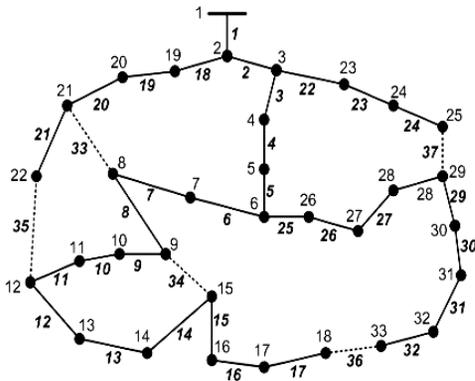
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Lưới điện 33 nút, 1 nguồn

Để kiểm tra khả năng áp dụng của phương pháp đề nghị áp dụng giải thuật PSO nhằm để giảm tổn thất công suất tác dụng thông qua tái cấu hình LĐPP, mạng điện được kiểm tra là LĐPP 33 nút mẫu của IEEE như hình 6. LĐPP có 1 nguồn, 33 nút có 37 nhánh, 32 phân đoạn chuyển mạch và 5 khóa điện mở là s33, s34, s35, s36 và s37. Tổng công suất tác dụng và phản kháng của hệ thống là 3,72 MW và 2,3 MVar. Ở điều kiện vận hành bình thường không có đường dây nào bị quá tải $\text{Max}(I/I_{\max}) = 0,82496$ và điện áp thấp nhất trong hệ thống là 0,91308 p.u. Tổng tổn thất công suất tác dụng và phản kháng ban đầu là 402,68 kW và 145,14 kVar [17].

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 Matlab trên máy tính cá nhân với CPU Intel Core i3 4160 @ 3,6 GHz, 1 CPU, 8GB, Windows 7 SP1 (64-bit).



Hình 6. Lưới điện phân phối 33 nút [17]

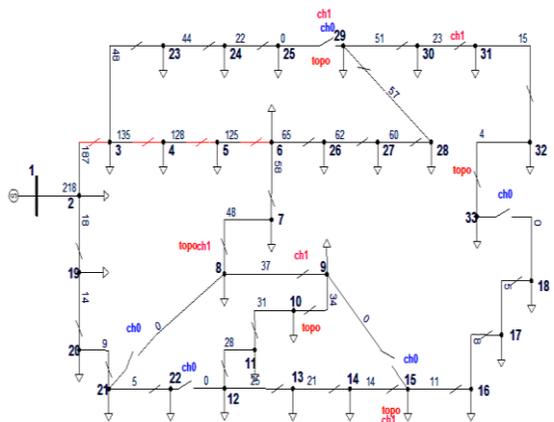
Bảng 1. Kết quả 3 phương pháp tính phân bố công suất

Phương pháp	BW/FW	NT	Gauss
Số lần lặp	3	3	548
Thời gian (s)	0,3987	0,5703	1,1394
ΔP (kW)	154,8	155	151

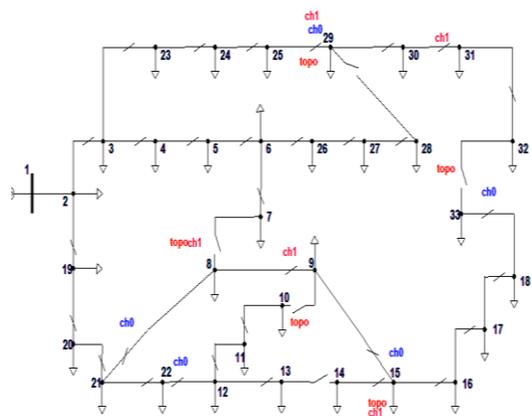
Từ kết quả tính toán từ ba phương pháp BW/FW, NT và Gauss cho LĐPP 33 nút được trình bày như ở bảng 1. Tổng tổn thất công suất tác dụng toàn LĐPP của phương pháp có kết quả tương đương với phương pháp NT và được kiểm tra trên phần mềm PSS- ADEPT cũng cho kết quả tương tự. Với kết quả tính toán cho thấy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

Khi áp dụng giải thuật PSO kết hợp với công cụ tính toán phân bố công suất

BW/FW cải tiến, cho thấy kết quả các khóa điện mở: s28; s32; s7; s13; s9 với tổn thất công suất là 284 kW. Khi thực hiện trên phần mềm PSS-ADEPT với lưới điện 33 nút. Hình 7 là LĐPP 33 nút ban đầu và Hình 8 là LĐPP 33 nút sau khi tái cấu hình sử dụng phương pháp đề xuất. Kết quả tính toán tối ưu cho thấy khi sử dụng giải thuật PSO với công cụ BW/FW đã được đề xuất cũng cho kết quả tương tự như khi tính toán trên phần mềm PSS/ADEPT.



Hình 7. LĐPP 33 nút khi vận hành bình thường



Hình 8. Mô phỏng bằng PSS/ADEPT

3.2. Lưới điện 1 khu vực của thị xã Tân Châu, tỉnh An Giang

LĐPP Tân Châu có dữ liệu ở bảng 2 và sơ

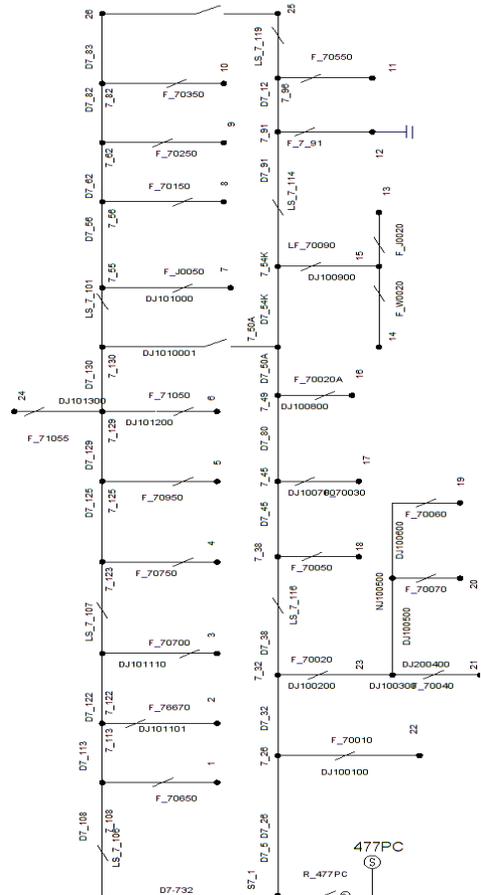
đồ như hình 9 có 33 khóa điện, 26 phụ tải. Trong đó có 2 khóa điện mở ban đầu là khóa điện mở LS-7-109 và LS-7-112 với điện trở nhánh tương ứng là $R=0,15 \Omega$; $X=0,12 \Omega$ với tổn thất công suất ban đầu của toàn hệ thống LĐPP Tân Châu tương ứng là 73,5 kW.

Bảng 2. Dữ liệu của lưới 15 nút Tân Châu

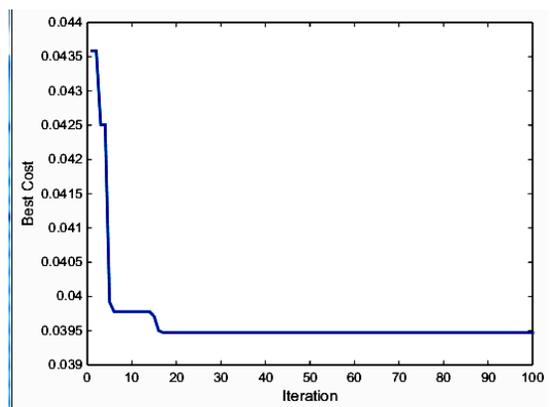
Tải	P_A	Q_A	P_B	Q_B	P_C	Q_C
	kW	kVar	kW	kVar	kW	kVar
1	14	10,5	19	12	20	15
2	12,5	8,5	7	8,5	11	8,5
3	16	12,5	8,5	6,5	13	11
4	13,5	7	13,5	9	5	4
5	17,5	10	11	8	12,5	10
6	10	6	9	6	10	7,5
7	16,5	7	8,5	7	11	8
8	12,5	8	11	8	7,5	8
9	14	12	10	7	9	8
10	6	5,5	7,5	4,5	9,5	6,5
11	7	5	11,5	8,5	13,5	11
12	10	6	19	6	22	6
13	13	10,5	14	11	10	8
14	17,5	13	9	7	16	10
15	12	10	12	9	7	6
16	11	10	13	14	12	10
17	7	6	6	6	10	6
18	8,5	7,5	8,5	6	11	8,5
19	12,5	8	11	8	7,5	8
20	14	12	3	12	9	8
21	6	4,5	16	4,5	5	4,5
22	7,5	6	14	10	14	10,5
23	11,5	8,5	18	11	14,5	9
24	11	6,5	12	8	12	9,5
25	22	14,5	13,5	10,5	13	8,5
26	13,5	7	16,5	9	5	3
27	17,5	10	11	10	7,5	10
28	10	7,5	6	5	10	6

Kết quả tính toán khi áp dụng giải thuật PSO với công cụ BW/FW cải tiến sử dụng để phân bố công suất trên LĐPP không cân bằng cho LĐPP Tân Châu thu được các khóa mở là 2 khóa điện LS-7-109 và LS-7-114 với tổn thất công suất

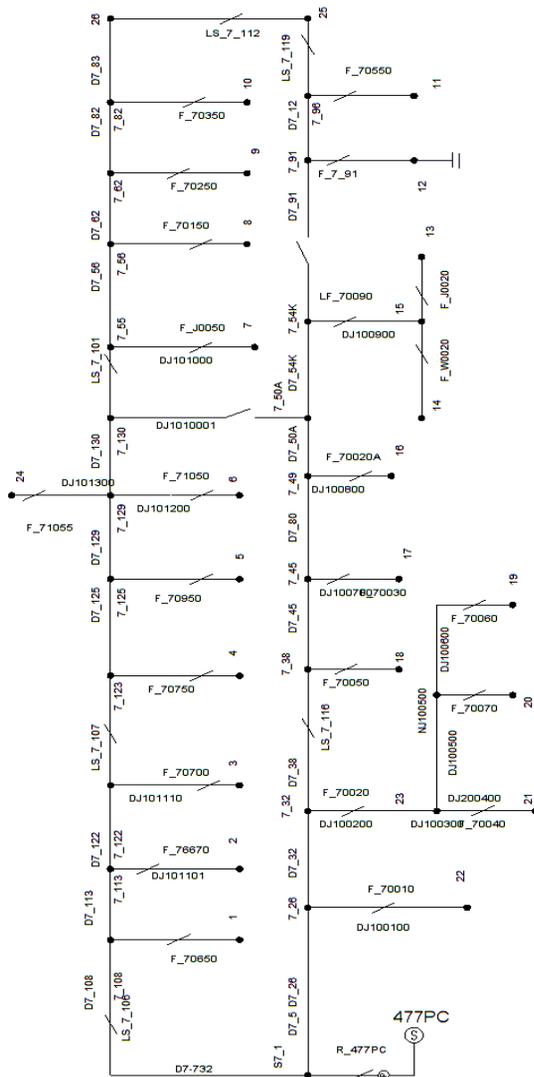
với cấu hình đề xuất là 54,4 kW, như hình 11. Khi thực hiện tính toán kiểm chứng lại trên phần mềm PSS - ADEPT cũng cho thấy kết quả tương tự như phương pháp đã đề xuất.



Hình 9. LĐPP thị xã Tân Châu ban đầu



Hình 10. Độ hội tụ của giải thuật



Hình 11. LĐPP Tân Châu sau khi tái cấu hình

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất phương pháp PSO nhằm DRN cho LĐPP không cân bằng với công cụ tính toán phân bố công suất BW/FW cải tiến. Phương pháp đề xuất được kiểm nghiệm trên LĐPP 33 nút và LĐPP Tân Châu đã cho kết quả tương tự như PSS - ADEPT. Như vậy, việc DNR nhằm giảm thiểu tổn thất công suất tác dụng trong điều kiện tải không đối xứng như là một modul để giải quyết các bài toán khác trong LĐPP có phụ tải không đối xứng hình tia; số lần tính toán của giải thuật là rất ít điều này rất có lợi trong tính toán các LĐPP lớn. Về mặt thực tiễn, việc tái cấu hình LĐPP trong điều kiện tải không đối xứng cho một khu vực LĐPP của Tân Châu, tỉnh An Giang là thực tế, điều này mang lại rất nhiều lợi ích trong quá trình vận hành LĐPP nhằm mang lại hiệu quả cao về mặt kinh tế. Minh chứng được sự khác nhau giữa việc tái cấu hình cho vấn đề tải cân bằng và tải không cân bằng là hoàn toàn khác nhau vì thế không thể áp dụng các nghiên cứu và đề nghị chuyển tải trong điều kiện chuyển tải cân bằng cho trường hợp không cân bằng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M.E. Baran and F.F. Wu, "Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing", Power Deliv. IEEE Trans., vol. 4, no. 2, pp. 1401–1407, 1989.
- [2] P. Siano and D. Sarno, "Assessing the benefits of residential demand response in a real time distribution energy market", Appl. Energy, vol. 161, pp. 533–551, 2016.
- [3] H.F. Zhai, M. Yang, B. Chen, and N. Kang, "Electrical Power and Energy Systems Dynamic reconfiguration of three-phase unbalanced distribution networks", Electr. Power Energy Syst., vol. 99, no. December 2017, pp. 1–10, 2018.
- [4] N. Gupta, A. Swarnkar, and K.R. Niazi, "Distribution network reconfiguration for power quality and reliability improvement using Genetic Algorithms", Int. J. Electr. Power Energy Syst., vol. 54, pp. 664–671, 2014.
- [5] M.A. Kashem, G.B. Jasmon, A. Mohamed, and M. Moghavvemi, "Artificial neural network approach to network reconfiguration for loss minimization in distribution networks", Int. J. Electr. Power Energy Syst., vol. 20, no. 4, pp. 247–258, 1998.
- [6] W.C. Wu and M.S. Tsai, "Application of enhanced integer coded particle swarm optimization for distribution system feeder reconfiguration", IEEE Trans. Power Syst., vol. 26, no. 3, pp. 1591–1599, 2011.

- [7] R.A. Jabr, R. Singh, and B.C. Pal, "Minimum loss network reconfiguration using mixed-integer convex programming", IEEE Trans. Power Syst., vol. 27, no. 2, pp. 1106–1115, 2012.
- [8] J.A. Taylor and F.S. Hover, "Convex models of distribution system reconfiguration", IEEE Trans. Power Syst., vol. 27, no. 3, pp. 1407–1413, 2012.
- [9] M. Lavorato, S. Member, J.F. Franco, S. Member, and M.J. Rider, "Imposing Radiality Constraints in Distribution System Optimization Problems", vol. 27, no. 1, pp. 172–180, 2012.
- [10] J. Wang, H. Chiang, and G.R. Darling, "An Efficient Algorithm for Real-Time Network Reconfiguration in Large Scale Unbalanced Distribution Systems", vol. 11, no. 1, pp. 511–517, 1996.
- [11] V. Borozan, "Minimum loss reconfiguration of unbalanced distribution networks", IEEE Power Eng. Rev., vol. 17, no. 1, p. 64, 1997.
- [12] X. Wei and H. Bai, "Semi-definite programming-based method for security-constrained unit commitment with operational and optimal power flow constraints", Gener. Transm. Distrib. IET, vol. 1, no. 2, pp. 182–197, 2007.
- [13] J.A.M. Rupa and S. Ganesh, 'Power Flow Analysis for Radial Distribution System Using Backward/Forward Sweep Method', vol. 8, no. 10, pp. 1628–1632, 2014.
- [14] A. Augugliaro, L. Dusonchet, S. Favuzza, M.G. Ippolito, and E.R. Sanseverino, "A backward sweep method for power flow solution in distribution networks", Int. J. Electr. Power Energy Syst., vol. 32, no. 4, pp. 271–280, 2010.
- [15] T.N. Triều, T.V. Anh, and V.P. Tú, "Áp dụng phương pháp Backward/Forward cải tiến trong bài toán tối ưu lưới điện phân phối có kết nối nguồn điện phân tán", Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, vol. 2, no. 2, pp. 1–10, 2019.
- [16] Y. Zhou, Z. Li, H. Zhou, and R. Li, "The application of PSO in the power grid: A review The Application of PSO in the Power Grid : A Review", no. July, 2016.
- [17] T.T. Nguyen, A.V. Truong, and T.A. Phung, "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., vol. 78, pp. 801–815, 2016.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Trương Việt Anh tốt nghiệp Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh chuyên ngành hệ thống điện năm 1994, nhận bằng Thạc sĩ năm 1999 và Tiến sĩ năm 2004. Tác giả được phong học hàm Phó giáo sư chuyên ngành kỹ thuật điện năm 2014. Hiện nay tác giả công tác tại khoa Kỹ thuật điện - Điện tử, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh.

Lĩnh vực nghiên cứu: ổn định hệ thống điện, FACTS, tái cấu trúc lưới điện, phân tích chế độ hệ thống điện, thị trường điện, tự động hóa lưới điện.



Tác giả Nguyễn Tùng Linh tốt nghiệp Trường Đại học Bách khoa Hà Nội ngành hệ thống điện năm 2005, nhận bằng Thạc sĩ năm 2010, bằng Tiến sĩ ngành kỹ thuật điều khiển tự động hóa năm 2018 tại Viện Hàn lâm Khoa học Công nghệ Việt Nam. Hiện tác giả là giảng viên Khoa Điều khiển và Tự động hóa, Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: hệ thống điện, ứng dụng AI cho hệ thống điện, lưới điện phân phối, tự động hóa hệ thống điện.



Tác giả Tôn Ngọc Triều tốt nghiệp đại học và nhận bằng Thạc sĩ tại Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh năm 2005 và năm 2010. Hiện nay tác giả là giảng viên Trường Cao đẳng Công nghệ Thủ Đức, và là nghiên cứu sinh tại Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh.

Lĩnh vực nghiên cứu: tối ưu hóa thiết kế và vận hành lưới điện phân phối, năng lượng tái tạo.

