

XÁC ĐỊNH CẤU HÌNH KHÔNG ĐỔI CỦA LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI ĐỂ TỒN THẤT ĐIỆN NĂNG BÉ NHẤT

Dương Nhật Tân
Công ty Điện lực Cà Mau

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp xác định cấu hình không đổi của lưới điện phân phối nhằm giảm tổn thất công suất. Phương pháp đề xuất được tính toán dựa vào công suất trung bình của đồ thị phụ tải và áp dụng giải thuật di truyền GA cải tiến để tính toán. Kết quả của tính toán trên lưới điện phân phối 33 nút cho thấy phương pháp đề xuất có khả năng giải bài toán xác định cấu hình không đổi của lưới điện phân phối nhằm giảm tổn thất điện năng.

Từ khóa: Lưới điện phân phối, tổn thất điện năng, giải thuật di truyền, tái cấu hình lưới điện phân phối.

ABSTRACT

This article presents the method of determining the constant configuration of the distribution grid to reduce power losses. The proposed method was calculated based on the mean load of the load graph and the application of an improved GA algorithm for computation. The results of the calculation on the 33-node distribution grid show that the proposed method is capable of solving the problem of determining the constant configuration of the distribution grid in order to reduce the power loss.

Keywords: Distributed power grid, power loss, genetic algorithm, reconfiguration of power distribution grid.

1. Giới thiệu

Nhiều lưới điện phân phối hiện nay không có khả năng đóng cắt nhiều lần trong thời gian khảo sát (trong ngày) do chi phí chuyển tải quá lớn so với mức giảm tổn thất năng lượng. Để giảm chi phí vận hành và tránh gây mất điện khi chuyển tải, các điều độ viên chỉ cho phép thay đổi cấu trúc lưới khi thật cần thiết như: chống quá tải, tái cấu trúc để khôi phục lưới sau sự cố. Vì vậy, mục tiêu điều kiện lưới điện trong trường hợp này là: Xác định cấu trúc lưới không thay đổi trong suốt thời gian khảo sát có tổn thất năng lượng bé nhất. Thời gian khảo sát có thể là trong một ngày, trong tuần, trong tháng, trong mùa... Đây chính là lý do xuất hiện bài toán 2 trong vận hành lưới điện phân phối. Đã có nhiều nghiên cứu giải quyết bài toán này [4-8] nhưng nghiên cứu của Taleski [4] được xem là đầy đủ hơn cả. Tuy nhiên, giải thuật của Taleski còn quá phức tạp trong việc cộng dồn đồ thị để tính độ giảm ΔA cho mỗi vòng lặp do sử dụng giải thuật giảm ΔP của Civanlar [5]. Về thông số phụ tải, giải thuật này đòi hỏi các giá trị moment bậc 1 và bậc 2 của đồ thị phụ tải. Để có được các thông số này cần phải tiến hành xác định đồ thị phụ tải của từng tải trên lưới điện phân phối. Đây là công việc đòi hỏi nhiều thời gian khảo sát, lắp đặt

thiết bị đo đạc, không phù hợp với điều kiện và hoàn cảnh hiện tại của lưới điện phân phối. Trong thực tế, khi vận hành lưới điện phân phối ở Việt Nam hoặc cả ở một số nước công nghiệp tiên tiến, chi phí chuyển tải (đóng và mở các khóa điện) khá lớn nên thường được chọn phương án chỉ thay đổi cấu trúc lưới khi:

- Phải cô lập sự cố và tái cấu hình lưới chống quá tải lưới, máy biến thế nguồn.
- Mức giảm tổn thất năng lượng ít nhất đủ bù đắp các chi phí chuyển tải.

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 trúc lưới của lưới điện phân phối khi thật cần thiết như: chống quá tải, tái cấu trúc để khôi phục lưới sau sự cố. Vì vậy, mục tiêu điều khiển lưới điện phân phối trong trường hợp này là: Xác định cấu trúc lưới điện không thay đổi trong suốt thời gian khảo sát nhằm để tổn thất năng lượng trên toàn lưới điện bé nhất.

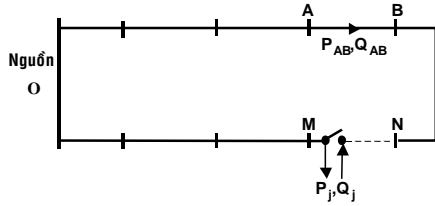
Hơn nữa khi xuất hiện thị trường điện bán lẻ, dự kiến áp dụng vào Việt Nam năm 2025 theo kế hoạch của EVN, lúc này có thể xuất hiện các máy phát điện phân tán công suất bé của các doanh nghiệp từ nguồn diesel hay năng lượng tái tạo... tham gia vào quá trình

vận hành lưới điện phân phối. Khi đó bài toán tái cấu hình lưới điện cần phải bổ sung thêm yếu tố tác động của các máy phát điện phân tán trên lưới điện phân phối.

2. Mô hình bài toán

2.1. Mô hình toán học của bài toán

Trong chương này trình bày ứng dụng phát biểu heuristic về công suất đẳng trị của phụ tải mà khi thay giá trị này vào các phụ tải trên lưới điện phân phối, bài toán xác định cấu trúc lưới điện phân phối nhằm giảm tổn thất năng lượng có thể dùng giải thuật tái cấu trúc lưới điện để giảm tổn thất công suất tác dụng để giải quyết. Ưu điểm nổi bật của phát biểu này là: Công suất đẳng trị chính là công suất trung bình của phụ tải trong thời gian khảo sát. Công suất trung bình của phụ tải có thể dễ dàng xác định được bằng các đồng hồ ghi điện tổng tại máy biến áp hạ thế hay thông qua hệ thống các hóa đơn ghi nhận về giao dịch với khách hàng. Phát biểu này phù hợp với điều kiện thực tế Việt Nam khi lưới điện phân phối không được trang bị đầy đủ các thiết bị đóng cắt có tải hiện đại và hệ thống SCADA của lưới điện phân phối chưa hoàn chỉnh [14-16].



Hình 1. Lưới điện phân phối một nguồn

Xét một lưới điện phân phối tổng quát như Hình 1, tổn thất công suất của lưới điện là:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n P_{im}^2 R_i + \sum_{i=1}^n Q_{im}^2 R_i$$

Với: n là số nhánh có trong hệ thống.

Đồ thị phụ tải công suất tác dụng và phản kháng trong thời gian T của tất cả các phụ tải trên lưới điện có thể chia thành M bậc mà trong thời khoảng t_m các giá trị công suất tải không đổi. Do đó, trong bậc thứ m ($m=1 \dots M$), dòng công suất nhánh thứ i có P_{im} , Q_{im} ($i=1 \dots n$) không đổi. Khi đó lưới điện có tổn thất năng lượng ΔA của lưới điện trong

thời gian khảo sát T ($T = \sum_{m=1}^M t_m$) được viết như

(2).

$$\Delta A = \sum_{m=1}^M \Delta P_m t_m = \sum_{m=1}^M \left(\sum_{i=1}^n P_{im}^2 R_i \right) t_m + \sum_{m=1}^M \left(\sum_{i=1}^n Q_{im}^2 R_i \right) t_m$$

Giả thiết rằng có thể bơm vào và rút ra các lượng công suất không thay đổi trong thời

gian khảo sát vào nhánh có khoá mở MN_j là P_j và Q_j ($j=1 \dots K$). Khi đó, bài toán xác định cấu trúc lưới điện không đổi có ΔA bé nhất trong thời gian khảo sát trở thành bài toán xác định các dòng công suất P_j và Q_j ($j=1 \dots K$) để hàm số ΔA tại (3) bé nhất.

$$\Delta A = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^n \left(P_{im} + \sum_{j=1}^K A_{ij} P_j \right)^2 R_i t_m + \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^n \left(Q_{im} + \sum_{j=1}^K A_{ij} Q_j \right)^2 R_i t_m + \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^K (P_j^2 + Q_j^2) R_{MN_j} t_m$$

Xác định giá trị các giá trị công suất P_j , Q_j bơm vào và rút ra để hàm tổn thất năng lượng ΔA đạt cực tiểu bằng cách cho các đạo hàm riêng của ΔA theo P_j, Q_j lần lượt bằng 0. Xét vòng thứ h – OMN_h có khoá mở MN_h của lưới điện. Bài toán xác định công suất P_j , Q_j để ΔA bé nhất trở thành bài toán tìm P_j , Q_j để ΔP bé nhất khi có công suất nhánh các nhánh trên lưới điện phân phối.

Xem xét biểu thức (3) và chấp nhận biểu thức công suất nhánh tính gần đúng như sau:

$$P_{i,m} = \sum_{l=1}^L P_{lm} \quad \text{và} \quad Q_{i,m} = \sum_{l=1}^L Q_{lm}$$

Với: $P_{i,m}, Q_{i,m}$: Công suất nhánh thứ i tại thời điểm thứ m; P_{lm}, Q_{lm} : Công suất phụ tải l vào thời điểm thứ m. Như vậy:

$$\bar{P}_i = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^L P_{lm} t_m}{T} = \frac{\sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M P_{lm} t_m}{T} = \sum_{l=1}^L \frac{\sum_{m=1}^M P_{lm} t_m}{T}$$

$$\bar{Q}_i = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^L Q_{lm} t_m}{T} = \frac{\sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M Q_{lm} t_m}{T} = \sum_{l=1}^L \frac{\sum_{m=1}^M Q_{lm} t_m}{T}$$

$$\text{Đặt: } \bar{P}_l = \frac{\sum_{m=1}^M P_{lm} t_m}{T} = \frac{A_l^{TT}}{T} \quad (1)$$

$$\text{và } \bar{Q}_l = \frac{\sum_{m=1}^M Q_{lm} t_m}{T}$$

P_{lm}, Q_{lm} : Công suất phụ tải l vào thời điểm thứ m;

\bar{P}_l, \bar{Q}_l : Công suất trung bình của phụ tải l trong thời gian khảo sát T.

$$\bar{P}_i = \sum_{l=1}^L \bar{P}_{lm} = \sum_{l=1}^L \frac{A_l^{TT}}{T} \quad \text{và}$$

$$\bar{Q}_i = \sum_{l=1}^L \bar{Q}_{lm} \approx \sum_{l=1}^L \frac{A_l^{TT}}{T} \text{tg} \varphi_{\text{trung bình}}$$

Như vậy, công suất trung bình trên nhánh thứ i của lưới điện phân phối có thể tính xác định bằng công suất trung bình của tải trong thời gian khảo sát. Từ đó, có thể phát biểu như sau: Có thể xác định cấu trúc lưới điện

phân phối giảm tổn thất năng lượng ΔA bằng giải thuật tái cấu trúc lưới giảm ΔP khi công suất tại các nút tải là công suất trung bình trong thời gian khảo sát. Chứng minh trên cho thấy không cần sử dụng đồ thị phụ tải $P(t)$ và $Q(t)$ trong thời gian khảo sát để xác định cấu trúc lưới điện có ΔA bé nhất mà chỉ cần sử dụng $\overline{P}_i, \overline{Q}_i$ của phụ tải là đủ. Điều này có ý nghĩa rất lớn vì các thông số $\overline{P}_i, \overline{Q}_i$ có thể xác định dễ dàng trong thực tế thông qua các đồng hồ đo hay hệ thống ghi nhận giao dịch.

Hàm mục tiêu của bài toán cực tiểu chi phí vận hành trên lưới điện phân phối thông thường gồm có tổn thất công suất:

$$C = C_a \sum_{i=1}^n \Delta P_i \times T_i \quad (8)$$

Trong đó, n là số lần thay đổi khóa điện, ΔP_i là tổn thất công suất do cấu hình i^{th} gây ra, T_i là khoảng thời gian vận hành bằng cấu hình i^{th} , C_a và C_b lần lượt là đơn giá tổn thất năng lượng và đơn giá chuyển khóa. Tuy nhiên, trên một số lưới điện phân phối thực tế, chi phí chuyển khóa điện quá cao so với chi phí tiết kiệm được từ việc giảm tổn thất. Hơn nữa, các khóa điện không thể điều khiển từ xa cũng như hệ thống giám sát điều khiển và thu thập dữ liệu chưa được phát triển. Kết quả là, quá trình thay đổi trạng thái khóa điện sẽ dẫn tới tình trạng phải ngắt điện một số phụ tải.

Vì vậy, các nhà cung cấp điện sẽ không thay đổi trạng thái khóa điện trong một khoảng thời gian dài và kết quả là cực tiểu chi phí tổn thất năng lượng trong khi phụ tải thay đổi là một mục tiêu chính của quá trình tái cấu trúc lưới điện phân phối. Bài toán cực tiểu chi phí vận hành trở thành bài toán xác định cấu trúc lưới điện phân phối không đổi trong thời gian vận hành cho trước để cực tiểu tổn thất năng lượng. Mô hình bài toán tái cấu trúc giảm tổn thất năng lượng có thể được mô tả như sau:

$$\Delta A(X) = \sum_{m=1}^M t_m \times \sum_{i=1}^{N_{br}} R_i \times \left(\frac{P_{i,m}^2 + Q_{i,m}^2}{V_i^2} \right) \quad (9)$$

Trong đó ΔA là tổn thất năng lượng do cấu trúc lưới điện phân phối X gây ra. X là tập hợp vị trí các khóa điện mở. M là số khoảng thời gian được chia nhỏ trong khoảng thời gian khảo sát T . t_m là khoảng thời gian được chia nhỏ m^{th} . N_{br} là tổng số nhánh. R_i là điện trở của nhánh i^{th} . $P_{i,m}$ và $Q_{i,m}$ lần lượt là dòng công suất tác dụng và phản kháng trên

nhánh i^{th} tại trong khoảng thời gian t_m . V_i là điện áp cuối nhánh i^{th} .

Tuy nhiên nếu nhu cầu phụ tải dao động liên tục trong thời gian khảo sát, chúng ta phải chia thành nhiều khoảng thời gian nhỏ hơn. Khi đó, việc tính toán hàm mục tiêu cho mỗi cấu hình lưới xem xét sẽ mất rất nhiều thời gian do phải giải bài toán phân bố công suất trong nhiều lần cho một cấu hình và quá trình thực hiện tái cấu trúc sẽ phải xem xét rất nhiều cấu hình lưới khác nhau. Hơn nữa, do việc trang bị các thiết bị đo đếm trên nhiều lưới điện phân phối chưa đầy đủ và đồng bộ nên không phải lưới điện phân phối nào cũng có thể thu thập được số liệu về nhu cầu phụ tải tại từng thời điểm. Vì vậy, phương pháp đề xuất sau sẽ giải quyết những vấn đề còn tồn tại trên.

3. Phương pháp đề xuất

3.1. Các bước cơ bản của thuật toán GA

Trong bài báo này, giải thuật đề nghị là giải thuật di truyền (Genetic Algorithm - GA). Lý do cho việc chọn giải thuật GA để giải quyết bài toán:

- + Do có các tính năng như lai ghép, đột biến và chọn lọc mà cấu trúc lưới điện phân phối không tốt ở các thế hệ ban đầu vẫn có thể tự bản thân sinh ra được cấu trúc tốt hơn rất nhiều cho các thế hệ sau. Vì vậy giải thuật GA có khả năng tìm ra kết quả tối ưu toàn cục, trong khi các giải thuật khác chưa có khả năng chứng minh được kết quả tìm được là tốt nhất trong mọi cấu trúc (mà thường rơi vào cực trị địa phương).

- + Giải thuật phát triển đã lâu nên sự hỗ trợ của các phần mềm lập trình là tương đối mạnh.

Ý tưởng đầu tiên về tính tiến hóa được Rechenberg giới thiệu vào năm 1960 trong công trình “Evolution Strategies” (các chiến lược tiến hóa). Ý tưởng này sau đó được nhiều nhà nghiên cứu phát triển. Năm 1975, Giải thuật Gen do John Holland phát minh và được phát triển bởi ông cùng với các đồng nghiệp và những sinh viên; tài liệu “Adaption in Natural and artificial Systems” (Sự thích nghi trong các hệ tự nhiên và nhân tạo) xuất bản năm 1975 đã tổng hợp các kết quả của quá trình nghiên cứu và phát triển đó. Đến năm 1992, John Koza đã dùng GA để xây dựng các chương trình giải quyết một số bài toán và gọi phương pháp này là “Lập trình gen”.

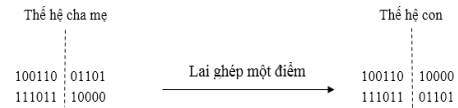
Ngày nay, giải thuật di truyền càng trở nên quan trọng, đặc biệt là trong lĩnh vực tối ưu hóa, một lĩnh vực có nhiều bài toán hay, được ứng dụng nhiều trong thực tiễn nhưng thường khó và chưa có giải thuật hiệu quả để giải. Đây là thuật toán hình thành từ việc nhận xét thế giới tự nhiên: quá trình tiến hóa tự nhiên là quá trình tối ưu nhất, hoàn hảo nhất. Đây được xem như một tiên đề đúng, không chứng minh được nhưng phù hợp với thực tế khách quan. Tư tưởng chính của giải thuật di truyền là ban đầu là phát sinh ra một lúc nhiều lời giải khác nhau song song. Sau đó những lời giải được tạo ra, chọn những lời giải tốt nhất để làm cơ sở phát sinh ra những lời giải sau với nguyên tắc càng về sau càng tốt. Quá trình đó cứ tiếp diễn cho đến khi tìm ra lời giải tối ưu trong thời gian cho phép. Mục tiêu chính của giải thuật di truyền không nhằm đưa ra lời giải chính xác mà đưa ra lời giải tương đối chính xác trong thời gian cho phép. Giải thuật di truyền tuy dựa trên tính ngẫu nhiên nhưng ngẫu nhiên có sự điều khiển. Tính tối ưu của quá trình tiến hóa thể hiện ở chỗ thế hệ sau bao giờ cũng tốt hơn (phát triển hơn, hoàn thiện hơn và phù hợp với môi trường hơn) thế hệ trước. Giải thuật này thích hợp cho việc tìm kiếm các bài toán có không gian nghiệm lớn trong khoảng 30 đến 200 biến. Bên cạnh đó, bài toán tái cấu trúc hình mạng phân phối điện với số lượng khóa vô cùng lớn nên không gian nghiệm của bài toán này rất lớn, bài toán này đòi hỏi phải tìm ra được cấu hình tối ưu trong thời gian nhanh nhất.

(1) Khởi tạo: Với các biến điều khiển cho trước X , chọn ngẫu nhiên một quần thể biến $\{X_0^1, X_0^2, \dots, X_0^p\}$ trong đó mỗi cá thể X_0^i được thể hiện bởi một chuỗi mã nhị phân. Mỗi chuỗi bao gồm một số mã nhị phân, và mỗi mã là 0 hoặc 1. Khi đó, mỗi cá thể tương ứng với một giá trị hàm mục tiêu $f(X_0^i)$, và quần thể tương ứng với tập giá trị hàm mục tiêu $\{f(X_0^1), f(X_0^2), \dots, f(X_0^p)\}$. Đặt thế hệ $k = 0$, di chuyển đến bước tiếp theo.

(2) Lựa chọn: Chọn một cặp cá thể từ quần thể như là một cha mẹ. Thông thường, cá thể với độ thích nghi lớn hơn có một xác suất lớn hơn được lựa chọn.

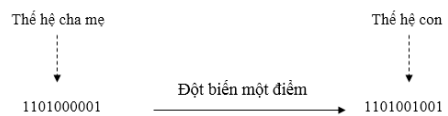
(3) Ghép chéo: Ghép chéo là một hoạt động quan trọng trong thuật toán di truyền. Mục đích của ghép chéo, là để trao đổi thông

tin hoàn toàn giữa các cá thể. Có rất nhiều phương pháp ghép chéo, như ghép chéo một điểm và ghép chéo đa điểm.



Hình 2. Ghép chéo một điểm

(4) Đột biến: Đột biến là một hoạt động quan trọng khác trong thuật toán di truyền. Các đột biến tốt sẽ được giữ lại, và đột biến xấu sẽ được loại bỏ. Thông thường, các cá thể với độ thích nghi kém thì có xác suất đột biến lớn. Tương tự như ghép chéo, có đột biến một điểm và đa điểm.



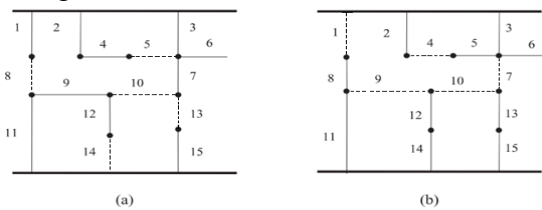
Hình 3. Đột biến một điểm

(5) Thực hiện xong bước (2)-(4), một quần thể mới được sinh ra. Thay thế cho thế hệ cha mẹ với một quần thể mới và loại bỏ một số cá thể xấu. Bằng cách này, một quần thể cha mẹ mới được hình thành. Tính toán sẽ được ngừng lại nếu các điều kiện hội tụ được thỏa mãn. Nếu không, trở lại bước (2).

3.2. Áp dụng thuật toán GA cải tiến cho bài toán tái cấu trúc hình cho lưới điện phân phối

Giải thuật di truyền (GA) được áp dụng cho bài toán tái cấu trúc hình cho lưới điện phân phối bằng giải thuật tái cấu trúc thực tế đến nay, qua các bài báo của nhiều nhà nghiên cứu, cho thấy đây là giải thuật mạnh, áp dụng được trên lưới điện lớn, có nhiều ưu điểm so với các giải thuật khác nhờ vào tính năng như lai ghép, đột biến và chọn lọc mà cấu trúc lưới điện ở thế hệ sau luôn tốt hơn thế hệ trước và tránh được bẫy cực trị địa phương. Trong quá trình phát triển, giải thuật GA đã có cải tiến trong việc biểu diễn các nhiễm sắc thể:

+ Chuỗi gen: Trước đây, khi mới ứng dụng giải thuật di truyền vào bài toán tái cấu hình lưới điện phân phối, mỗi một cấu hình vận hành hình tia của lưới điện phân phối sẽ được thể hiện dưới dạng cấu trúc chuỗi: "Arc No.(i)" và "SW. No.(i)". Trong đó, "Arc No.(i)" xác định số nhánh thứ i có chứa khóa mở, và "SW. No.(i)" xác định khóa điện mở trên nhánh No.(i). Đối với lưới điện phân phối lớn, nó không hiệu quả để biểu diễn mỗi nhánh trong chuỗi, bởi vì nó sẽ rất dài. Trong thực tế, số lượng khóa điện mở là giống nhau để giữ cho hệ thống hình tia trên một cấu trúc liên kết lưới điện phân phối cố định, ngay cả khi các vị trí mở khóa điện được thay đổi. Vì vậy, để ghi nhớ cấu hình hình tia, chỉ cần lưu ý đến các vị trí khóa mở. Hình 4 cho thấy lưới điện phân phối đơn giản với 5 khóa điện thường mở.



Hình 4. Lưới điện phân phối đơn giản

Trong hình 4 (a), vị trí của 5 khóa điện mở ban đầu là 5, 8, 10, 13, và 14 xác định một cấu trúc hình hình tia. Trong hình 4 (b), vị trí của 5 khóa điện ban đầu mở 1, 4, 7, 9 và 10 xác định một cấu trúc hình hình tia. Vì vậy, để đại diện cho một cấu trúc mạng, chỉ những vị trí của các khóa điện mở trong - lưới điện phân phối cần phải được biết. Giả sử số lượng các khóa điện thường mở là N_o , chiều dài của một chuỗi gen phụ thuộc vào số lượng các khóa điện mở N_o . Chuỗi gen cho hình 4(a) và (b) được biểu diễn tương ứng như sau:

0101	1000	1010	1101	1110
Khóa 5;	Khóa 8;	Khóa 10;	Khóa 13;	Khóa 14;

Hình 5. Chuỗi gen

Rõ ràng số gen trong mỗi nhiễm sắc thể đã được giảm đáng kể khi sử dụng phương pháp chỉ thể hiện các khóa mở. Tuy nhiên, do sử dụng phương pháp mã hóa nhị phân, nên số lượng gen trong mỗi nhiễm sắc thể vẫn còn cao do phải sử dụng nhiều gen để thể hiện một khóa mở (như chuỗi gen ở trên, sử dụng gen/khóa mở). Do đó, trong bài báo này sử dụng phương pháp mã hóa thập phân để biểu diễn khóa mở, nghĩa là mỗi

khóa mở sẽ tương ứng với một gen trong nhiễm sắc thể.

3.3. Tái cấu hình lưới điện phân phối nhằm giảm tổn thất năng lượng sử dụng GA

Các bước thực hiện áp dụng giải thuật di truyền vào bài toán tái cấu hình cho lưới điện phân phối bằng biện pháp tái cấu hình:

Bước 1: Nhập thông số lưới điện.

Bước 2: Khởi tạo quần thể nhiễm sắc thể (NST) ban đầu. Lưu ý, ở bước này sau khi khởi tạo quần thể NST ban đầu, cần chỉnh sửa quần thể NST bằng cách gán một gen trong mỗi NST bằng với nhánh sự cố.

Bước 3: Đánh giá quần thể NST bằng cách giải bài toán phân bố công suất, tính toán hàm mục tiêu.

Bước 4: Thực hiện quá trình chọn lọc tự nhiên để loại bớt các NST xấu và giữ lại các NST tốt với tỉ lệ giữ lại là $X_{keep} = 50\%$ được lựa chọn bằng phương pháp xếp hạng.

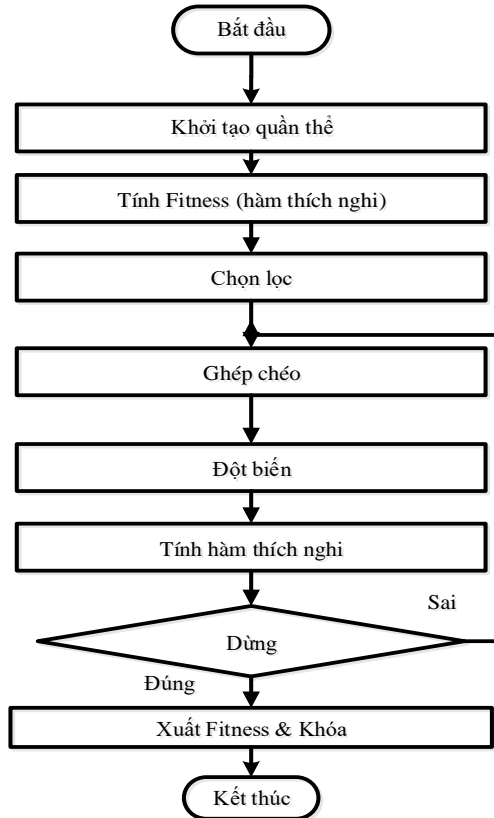
Bước 5: Thực hiện cơ chế ghép chéo đơn điểm thông qua việc ghép chéo các NST tốt được giữ lại sau bước 4 để tạo ra các NST mới lấp đầy vào các vị trí NST xấu đã được loại khỏi quần thể ở bước 4.

Bước 6: Thực hiện quá trình đột biến thông qua quá trình chỉnh sửa ngẫu nhiên một số gen trong các NST của quần thể mới với xác suất chỉnh sửa là $X_m = 0.2$ (20% tổng số gen trong quần thể NST). Chỉnh sửa quần thể NST mới bằng cách gán một gen trong mỗi NST bằng với nhánh sự cố.

Bước 7: Đánh giá quần thể NST bằng cách giải bài toán phân bố công suất, tính toán hàm mục tiêu.

Bước 8: Lặp lại bước 4 cho đến khi số vòng lặp xác định đạt được.

Bước 9: Xuất kết quả thực hiện là NST (hay cấu hình) có thể thực hiện tái cấu hình lưới.



Hình 6. Lưu đồ giải thuật GA của bài toán

4. Kết quả tính toán

Để kiểm tra khả năng áp dụng của phương pháp đề nghị áp dụng giải thuật GA nhằm để giảm tổn thất năng lượng thông qua tái cấu hình lưới điện phân phối, mạng điện được kiểm tra là một lưới điện phân phối mạng 1 nguồn, 33 nút mẫu của IEEE được trình bày như Hình 7. Hệ thống phân phối 1 nguồn, 33 nút mẫu của IEEE, bao gồm: 37 nhánh, 32 phân đoạn chuyển mạch và 5 khóa điện. Thông số của lưới điện được trình bày ở Bảng 1 và sơ đồ đơn tuyến được trình bày trong Hình 7.

Lưới gồm có 5 mạch vòng bao gồm:

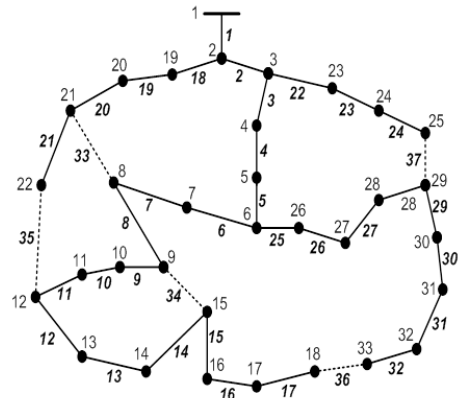
Vòng 1 = [2 3 4 5 6 7 18 19 20 33]; Vòng 2 = [9 10 11 12 13 14 34]; Vòng 3 = [2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 18 19 20 21 35]; Vòng 4 = [6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 25 26 27 28 29 30 31 32 36]; Vòng 5 = [3 4 5 22 23 24 25 26 27 28 37];

Tổng công suất tác dụng và công suất phản kháng của hệ thống tương ứng là 3,72 MW và 2,3 MVAR. Ở điều kiện vận hành bình thường các khóa mở là S33, S34, S35, S36 và S37 và không có đường dây nào bị quá tải $\text{Max}(I/I_{\text{max}}) = 0.82496$ và điện áp thấp nhất trong hệ thống là 0.91308 pu. Tổng tổn thất công suất tác dụng và công suất phản kháng đối với các trường hợp ban đầu tính từ phân

bố công suất tương ứng là 202.68 kW và 135.14 kVAr.

Bảng 1. Thông số mạng 33 nút

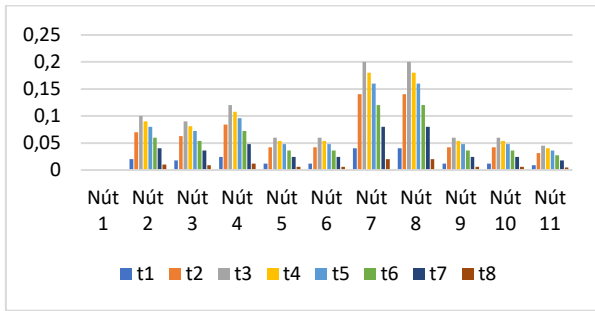
Nhánh	Nút đầu	Nút cuối	R (Ω)	X (Ω)	Nút	P (MW)	Q (MVar)
1	1	2	0.0922	0.0477	1	0	0
2	2	3	0.4930	0.2511	2	0.1	0.06
3	3	4	0.3660	0.1840	3	0.09	0.04
4	4	5	0.3811	0.1941	4	0.12	0.08
5	5	6	0.8190	0.0700	5	0.06	0.03
6	6	7	0.1872	0.6188	6	0.06	0.02
7	7	8	1.7114	1.2351	7	0.2	0.1
8	8	9	1.0300	0.7400	8	0.2	0.1
9	9	10	1.0400	0.7400	9	0.06	0.02
10	10	11	0.1966	0.0650	10	0.06	0.02
11	11	12	0.3744	0.1238	11	0.045	0.03
12	12	13	1.4680	1.1550	12	0.06	0.035
13	13	14	0.5416	0.7129	13	0.06	0.035
14	14	15	0.5910	0.5260	14	0.12	0.08
15	15	16	0.7463	0.5450	15	0.06	0.01
16	16	17	1.2890	1.7210	16	0.06	0.02
17	17	18	0.7320	0.5740	17	0.06	0.02
18	2	19	0.1640	0.1565	18	0.09	0.04
19	19	20	1.5042	1.3554	19	0.09	0.04
20	20	21	0.4095	0.4784	20	0.09	0.04
21	21	22	0.7089	0.9373	21	0.09	0.04
22	3	23	0.4512	0.3083	22	0.09	0.04
23	23	24	0.8980	0.7091	23	0.09	0.05
24	24	25	0.8960	0.7011	24	0.42	0.2
25	6	26	0.2030	0.1034	25	0.42	0.2
26	26	27	0.2842	0.1447	26	0.06	0.025
27	27	28	1.0590	0.9337	27	0.06	0.025
28	28	29	0.8042	0.7006	28	0.06	0.02
29	29	30	0.5075	0.2585	29	0.12	0.07
30	30	31	0.9744	0.9630	30	0.2	0.6
31	31	32	0.3105	0.3619	31	0.15	0.07
32	32	33	0.3410	0.5302	32	0.21	0.1
33	21	8	2.0000	2.0000	33	0.06	0.04
34	9	15	2.0000	2.0000	-	-	-
35	12	22	2.0000	2.0000	-	-	-
36	18	33	0.5000	0.5000	-	-	-
37	25	29	0.5000	0.5000	-	-	-



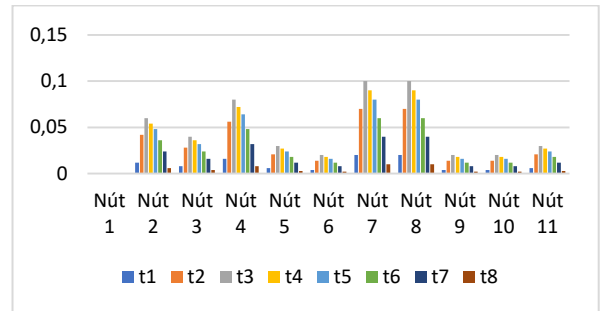
Hình 7. Lưới điện 33 nút

Với hàm mục tiêu: $\sum_{i=1}^Z P_{\text{loss}_i} \times t_i$

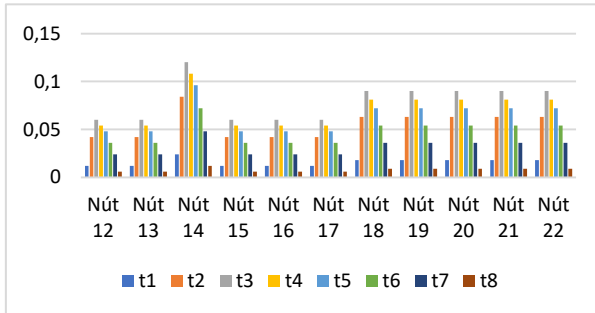
Giả sử phụ tải của lưới điện ở trong một ngày có 24 giờ và có 8 mức tải khác nhau: Phụ tải công suất tác dụng (MW) tại các nút được mô tả: Hình 8 (nút 1 đến nút 11); Hình 9 (nút 12 đến nút 22) và Hình 10 (nút 23 đến nút 33).



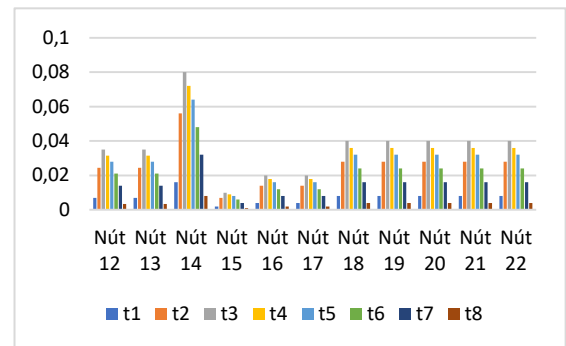
Hình 8. Công suất P tại các nút 1-11



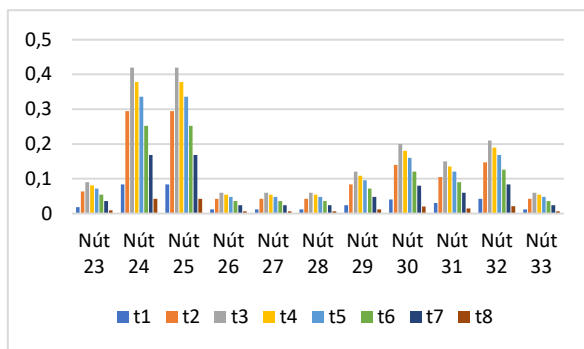
Hình 12. Công suất Q tại các nút 1-11



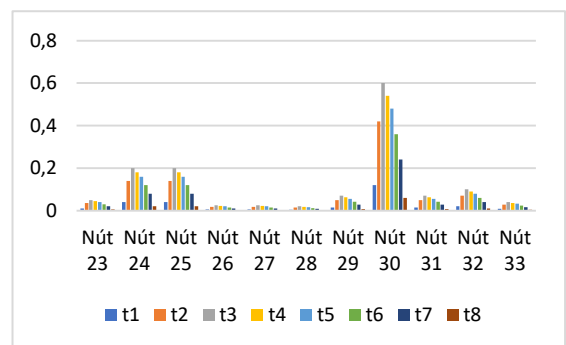
Hình 9. Công suất P tại các nút 12-22



Hình 13. Công suất Q tại các nút 12-22

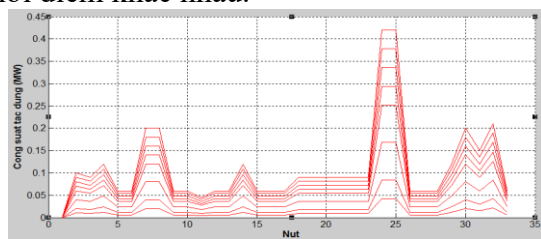


Hình 10. Công suất P tại các nút 23-33



Hình 14. Công suất Q tại các nút 23-33

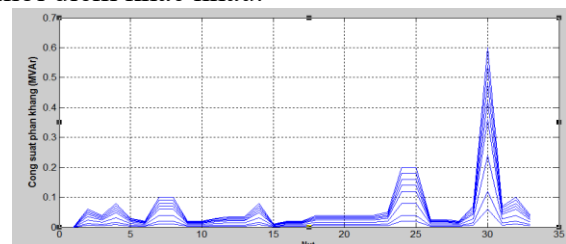
Hình 11 thể hiện công suất tác dụng P của các phụ tải tại các nút tương ứng ở các thời điểm khác nhau.



Hình 11. Công suất P các nút ở các thời điểm

Phụ tải công suất phản kháng (MVar) tại các nút được mô tả như trong Hình 12 (nút 1 đến nút 11); Hình 13 (nút 12 đến nút 22) và Hình 14 (nút 23 đến nút 33).

Hình 15 thể hiện công suất tác dụng P của các phụ tải tại các nút tương ứng ở các thời điểm khác nhau.



Hình 15. Công suất Q các nút ở các thời điểm

Đối với lưới điện 33 nút như ở Hình 7 với các khóa điện mở ban đầu là các khóa: s33; s34; s35; s36; s37 thì có tổn thất năng lượng trên lưới điện phân phối 33 nút là 2077.6 kWh, Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả với các khóa mở ban đầu của lưới điện phân phối 33 nút

Khóa mở ban đầu	33	34	35	36	37
Tổn thất điện năng	2077.6 kWh				

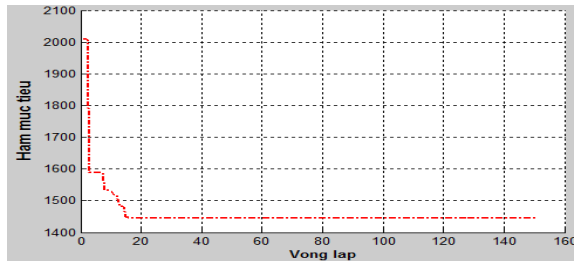
Áp dụng giải thuật di truyền (GA) chạy trên phần mềm MATLAB. Kết quả sau

khi tính toán, có được kết quả trên lưới điện phân phối 33 nút như ở Bảng 3:

Bảng 2. Kết quả sau khi áp dụng giải thuật GA của lưới điện phân phối 33 nút

Vòng lặp:	150
Quần thể:	20
Đột biến:	20%
Khóa mở:	7 14 9 32 37
Tồn thất điện năng	1444.3 kWh

Đặc tính hội tụ:



Hình 15. Đặc tính hội tụ lần chạy 4

Như vậy, sau khi tái cấu hình lưới điện phân phối bằng giải thuật GA thì ta thấy ứng dụng công suất trung bình vào trong tính toán đã cho thấy tồn thất điện năng giảm đi từ 2077.6 kWh còn 1444.3 kWh. Điều này cho thấy tính hiệu quả của phương pháp đề xuất đã mang lại hiệu quả đáng kể cho lưới điện phân phối thông qua việc tái cấu hình lưới điện phân phối. Tuy nhiên, phương pháp này cũng còn hạn chế là: chưa kiểm soát được dòng quá tải trên các nhánh và chất lượng điện áp.

5. Kết luận

Bài báo đã đưa ra đề xuất xác định cấu hình không đổi của lưới điện phân phối nhằm để giảm thiểu tồn thất điện năng với mục đích nghiên cứu, áp dụng thuật toán GA cải tiến. Sau khi áp dụng giải thuật GA để tính toán tái cấu hình cho lưới điện thì kết quả cho thấy tồn thất điện năng trên lưới điện phân phối vận hành với tồn thất điện năng là bé nhất khi dựa vào công suất trung bình của đồ thị phụ tải. Điều này cho thấy kết quả tính toán mang lại lợi ích rất lớn cho công ty quản lý lưới điện nói riêng và ngành điện nói chung khi lựa chọn cấu hình lưới điện không đổi. Bài báo đã đề xuất cho thấy kết quả thử nghiệm trên lưới điện 33 nút – IEEE đã đạt được kết quả và cho thấy khả năng của giải thuật đề xuất có thể áp dụng vào trong lưới điện thực tế nhằm kiểm tra cùng với các giải thuật khác để đánh giá về độ chính xác của các phương pháp áp dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Sarfi R. J. , Salama M. M. A. , Chakani A. Y. , "A survey of the state of the art in distribution system reconfiguration for system loss reduction", Electric Power System Research 31 - 1994.
- [2]. Shirmohammadi, Q. Zhou D. and Liu W.H. E, "Distribution Feeder Reconfiguration For Operation Cost Reduction", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 12, No. 2, May 1997.
- [3]. Shirmohammadi, Q. Zhou D. and Liu W.H. E, "Distribution Feeder Reconfiguration For Service Restoration And Load Balancing", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 12, No. 2, May 1997.
- [4]. Taleski R. and Rajicic D. " Distribution Network Reconfiguration For Energy Loss Reduction", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 12, No. 1, February 1997.
- [5]. Civanlar, S., J. J. Grainger, Y. Yin and S. S. Lee, "Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction", IEEE Transactions on Power Delivery, 3-3, July 1988, pp. 1217-1223.
- [6]. Broadwater, R. P., A. H. Khan, H. E. Shaalan and R. E. Lee, "Time Varying Load Analysis to Reduce Distribution Losses Through Reconfiguration", IEEE Transactions on Power Delivery, 8- I, January 1993.
- [7]. Chen C. S. , and Cho M. Y. "Energy Loss Reduction by Critical Switches", IEEE Trans. on PWRD, Vol. 8, No. 3, pp. 1246-1253, July 1993.
- [8]. Shenkman A. L. "Energy Loss Computation By Using Statistical Techniques", IEEE Trans. On PWRD, Vol.5, No.1, January 1990, pp. 254-258.
- [9]. Baran, M. E. and F. F. Wu, "Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing", IEEE Transactions on Power Delivery, 4-2, April 1989, pp. 1401- 1407.
- [10]. Chen, C. S. and NI. Y. Cho, "Determination of Critical Switches in Distribution System," PWRD-7-3, July 1992, pp. 1443-1449.
- [11]. C. Y. Teo, A computer aided system to automate the restoration of electrical power supply, Electr. Power Syst. Res., 24 (1992) 119-125
- [12]. D. Shirmohammadi, Service restoration in distribution networks via network reconfiguration IEEE Trans. Power Delivery, 7 (2) (1992) 952 958.
- [13]. J.S. Wu, K.L. Tomsovic and C.S. Chen, A heuristic approach to feeder switching operations for overload, faults, unbalanced flow and maintenance, IEEE Trans. Power Deliver), 6 (4) (1991) 1579-1585.

[14]. Hồ Văn Hiến, Truyền tải và Phân phối Hệ Thống Điện, Nhà Xuất Bản Đại Học Quốc Gia Tp. Hồ Chí Minh - 2010

[15]. Trương Việt Anh, Các giải thuật tái cấu hình lưới điện phân phối - Nhà Xuất Bản Đại Học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh - 2014

[16]. Nguyễn Lâm Tráng, Quy hoạch phát triển hệ thống điện - Nhà Xuất Bản Khoa học & Kỹ thuật - Hà Nội, 2016

[17]. Dương Nhật Tàn, Luận văn thạc sĩ “Xác định cấu hình không đổi của lưới điện phân phối để tổn thất điện năng bé nhất”, Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM, 2018

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên: Dương Nhật Tàn

Đơn vị: Công ty Điện lực Cà Mau

Điện thoại: 0913 893 385

Email: nhattandlcm@gmail.com

Xác nhận của Giảng viên hướng dẫn

PGS.TS Trương Việt Anh

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SĨ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn



Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.