

TÁI CẤU TRÚC LƯỚI PHÂN PHỐI 3 PHA ĐỀ GIẢM TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG BẰNG CÁC GIẢI THUẬT META – HEURISTIC

Trương Quang Đăng Khoa, Phan Thị Thanh Bình, Nguyễn Minh Hiếu

Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG – HCM

(Bài nhận ngày 26 tháng 01 năm 2006)

TÓM TẮT: Trong hệ thống điện, mạng điện phân phối chiếm 1 tỉ lệ tổn thất đáng kể. Nhằm giảm hao phí điện năng người ta áp dụng nhiều phương pháp như: cải tạo lưới điện, đặt tụ bù với dung lượng và vị trí thích hợp v.v... bài báo này đề cập đến một phương pháp khác để làm giảm tổn thất là phương pháp tái cấu trúc. Phương pháp tái cấu trúc là phương pháp tìm ra 1 cấu trúc lưới tối ưu của mạng điện mà có tổn thất nhỏ nhất. Việc tái cấu trúc bằng phương pháp cổ điển sẽ đòi hỏi rất nhiều thời gian đối với mạng điện có nhiều nút, và không thích hợp cho việc đáp ứng nhanh. Vì vậy, trong bài báo này sẽ đưa ra các giải thuật nhân tạo để tìm kiếm cấu trúc tối ưu của hệ thống phân phối là giải thuật Gen di truyền, giải thuật Kiến (Ant colony search), đồng thời so sánh với các giải thuật khác như Heuristic, giải thuật luyện kim (Simulated Annealing). Điểm chính của bài báo là dùng giải thuật Kiến kết hợp với kinh nghiệm của người vận hành để đưa ra hàm đánh giá khả năng đóng mở của các khóa trên mạng phân phối (membership of switches) để làm cho phương pháp tìm kiếm cấu trúc tối ưu nhanh hơn.

1. TỔNG QUAN TÁI CẤU TRÚC

Theo thống kê của điện lực Việt Nam thì tổng công suất tổn thất là **10 – 15%** điện năng sản xuất ra, trong đó tổn hao trên đường dây từ **3 – 5%**. Vì vậy lượng điện tổn thất trên đường dây phân phối có giá trị lớn so với tổng tổn thất điện năng.

Qua thống kê trên ta thấy rằng việc giảm tổn thất cho mạng phân phối là việc làm rất có ý nghĩa, vì chỉ cần giảm đi 1% tổn thất điện năng thì cũng có giá trị rất lớn. Việc giảm tổn thất điện năng góp phần làm giá thành điện năng hạ, và dẫn đến hạ giá thành các sản phẩm khác có sử dụng điện để sản xuất ra sản phẩm đó và thúc đẩy kinh tế phát triển, nhu cầu phục vụ dân sinh ngày càng cao. Tuy nhiên không phải việc giảm được tối thiểu tổn thất điện năng không phải lúc nào cũng đồng nghĩa với việc đạt được kết quả cao trong việc vận hành kinh tế mạng phân phối. Nó tùy thuộc vào các đặc điểm riêng của mạng phân phối đó. Như vậy, giảm tổn thất điện năng trong mạng phân phối là 1 phần của bài toán chung nâng cao tính kinh tế trong vận hành mạng phân phối.

Trong mạng phân phối điện, tải trên mạng phân phối điện ngày càng tăng nhưng sự gia tăng tải phải nằm trong giới hạn cho phép, trong khi đó cấu trúc của mạng lại không thay đổi. Từ đó sẽ làm cho tổn thất của mạng phân phối điện tăng lên nếu cấu trúc mạng vẫn giữ nguyên. Muốn giảm tổn thất người ta sẽ dùng các phương pháp như: đặt tụ bù tại các vị trí thích hợp, cải tạo lại lưới điện... nhưng nếu làm như thế sẽ đòi hỏi phải cần đầu tư rất nhiều mà hiệu quả giảm tổn thất điện năng lại không đáng kể. Vì vậy, khi tải tăng trong giới hạn cho phép của mạng phân phối, ta có thể dùng phương pháp tái cấu trúc để làm giảm tổn thất trên đường dây. Có rất nhiều phương pháp để tái cấu trúc trên lưới phân phối để tổn thất là nhỏ nhất như: phương pháp cổ điển nhưng lại không dùng trong mạng phân phối thực tế do không gian nghiệm lớn sẽ mất nhiều thời gian cho việc tìm kiếm cấu trúc tối ưu. Gần đây người ta áp dụng các phương pháp nhân tạo như: giải thuật Heuristic[1], giải thuật mô phỏng Luyện Kim(SA)[2] đã được áp dụng

trong các luận văn trước nhưng độ tin cậy để tìm kiếm cấu trúc tối ưu không cao. Bài báo này sẽ áp dụng giải thuật **Gen di truyền (GA)** [3], [4] và **giải thuật Kiến (ACS)** [5], [6], [7] để giải bài toán tái cấu trúc cho mạng phân phối điện

2. GIỚI THIỆU MÔ HÌNH ĐẶC TRƯNG CỦA MẠNG PHÂN PHỐI

Mạng phân phối đặc trưng là mạng vòng nhưng vận hành hở có nghĩa là mạng vận hành phải là mạng hình tia. Vấn đề tiếp theo là phải đóng mở các khóa trong mỗi vòng sao cho tổn thất trên mạng phân phối đặc trưng là nhỏ nhất. Để làm được điều này ta cần phải có hàm mục tiêu để có thể tìm kiếm cấu trúc cho tổn thất nhỏ nhất.

Hàm mục tiêu của bài toán tái cấu trúc cho mạng phân phối 3 pha đặc trưng:

$$P_{loss}(k) = \sum_{b=1}^n R_b I_b^2$$

Và các điều kiện ràng buộc:

$$\text{Điện áp lớn nhất tại các nút } i: V_i - V_i^{\max} \leq 0$$

$$\text{Điện áp nhỏ nhất tại các nút } i: V_i^{\min} - V_i \leq 0$$

$$\text{Dòng điện lớn nhất trên các nhánh } b \in B: I_b - I_b^{\max} \leq 0$$

Tuy nhiên nếu chỉ có hàm mục tiêu không thì sẽ không tìm được cấu trúc tối ưu. vì vậy, ta sẽ đưa ra các giải thuật di truyền và giải thuật kiến để có thể tìm kiếm cấu trúc tối ưu trong thời gian nhanh nhất.

3. GIẢI THUẬT DI TRUYỀN (GA)

Tư tưởng chính của giải thuật di truyền là ban đầu phát sinh ra 1 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 hơn. Quá trình đó cứ tiếp diễn cho đến khi tìm được 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. Giải thuật này thích hợp cho việc tìm kiếm các bài toán có không gian nghiệm lớn như: bài toán tìm kiếm mật mã khóa có 30 chữ số... Bên cạnh đó, bài toán tái cấu trúc 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 trúc tối ưu trong thời gian nhanh nhất. Từ ý tưởng và đặc điểm của giải thuật di truyền, ta nhận xét giải thuật này rất thích hợp để giải bài toán tái cấu trúc.

Các bước quan trọng trong việc áp dụng giải thuật di truyền vào bài toán tái cấu trúc:

- Bước 1: chọn ra 1 số cấu trúc ngẫu nhiên có thể tìm được trong mạng phân phối điện.
- Bước 2: kí hiệu các khóa đóng (sectionalize switches) trong mạng phân phối là 0; các khóa thường mở (tie switches) là 1.
- Bước 3: tìm hệ số thích nghi và hàm mục tiêu cho từng cấu trúc đã được tạo ra ban đầu.
- Bước 4: chọn ra được cấu trúc tốt nhất dựa vào hàm mục tiêu (trình bày ở II), tiếp theo đem cấu trúc này thay đổi 1 số vị trí hay còn gọi là đột biến để tạo ra cấu trúc mới.

Các công thức để tính toán đột biến $Bnp'(gen) = Bnp(gen) + S * k * delta$

Trong đó Bnp: chuỗi nhị phân tạo ra ngẫu nhiên

Bnp': chuỗi nhị phân tạo ra do đột biến

$S \in (-1, 1)$ với cùng xác suất GGAP đột biến; K: giá trị ngẫu nhiên $\in (1, PRECI)$

$$\text{delta} = \sum_{j=1}^n a_j * \frac{1}{2^j}$$

a_j : Từng vị trí khóa đóng mở đã được mã hóa thành chuỗi nhị phân (0 or 1)

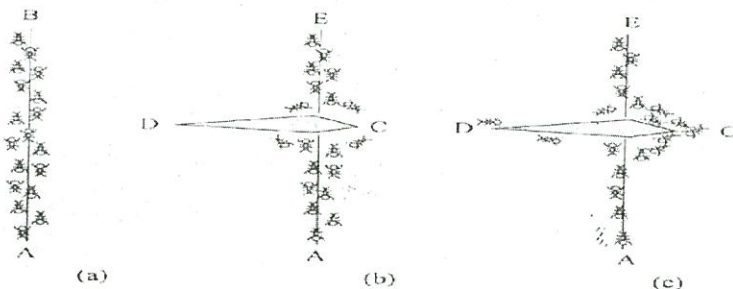
- Bước 5: tính các hệ số thích nghi và hàm mục tiêu cho các cấu trúc vừa mới tạo ra, và loại bỏ các cấu trúc có hàm mục tiêu nhỏ hơn.

- Bước 6: nếu chưa hết thời gian cho phép thì lập lại bước 4 để tìm cấu trúc mới.

- Bước 7: nếu thời gian cho phép chấm dứt thì dừng chương trình tìm kiếm và báo cáo kết quả tính được.

4. GIẢI THUẬT KIẾN

Ban đầu, số con kiến bắt đầu từ tổ kiến để đi tìm đường đến nơi có thức ăn. Từ tổ kiến sẽ có rất nhiều con đường khác nhau để đi đến nơi có thức ăn, nên 1 con kiến sẽ chọn ngẫu nhiên một con đường đi đến nơi có thức ăn. Quan sát loài kiến, người ta nhận thấy chúng tìm kiếm nhau dựa vào dấu chân mà chúng để lại trên đường đi (hay còn gọi là dấu chân kiến để lại). Sau 1 thời gian lượng dấu chân (pheromone) của mỗi chặng đường sẽ khác nhau. Do sự tích lũy dấu chân của mỗi chặng đường cũng khác nhau đồng thời với sự bay hơi của dấu chân ở đoạn đường kiến ít đi. Sự khác nhau này sẽ ảnh hưởng đến sự di chuyển của những con kiến sau đi trên mỗi đoạn đường. Nếu dấu chân để lại trên đường đi nhiều thì sẽ có khả năng thu hút các con kiến khác di chuyển trên đường đi đó, những chặng đường còn lại do không thu hút được lượng kiến di chuyển sẽ có xu hướng bay hơi dấu chân sau 1 thời gian qui định. Điều đặc biệt trong cách hành xử loài kiến là lượng dấu chân trên đường đi có sự tích lũy càng lớn thì cũng đồng nghĩa với việc đoạn đường đó là ngắn nhất từ tổ kiến đến nơi có thức ăn (xem hình 1). Từ khi Giải thuật kiến trở thành 1 lý thuyết vững chắc trong việc giải các bài toán tìm kiếm tối ưu toàn cục đã có nhiều ứng dụng thực tế cho giải thuật này như: tìm kiếm các trang web cần tìm trên mạng, kế hoạch sắp xếp thời khóa biểu cho các y tá trong bệnh viện, cách hình thành các màu khác nhau dựa vào các màu tiêu chuẩn có sẵn, tìm kiếm đường đi tối ưu cho những người lái xe hơi... nói tóm lại phương pháp này đưa ra để giải quyết các bài toán có không gian nghiệm lớn để tìm ra lời giải có nghiệm là tối ưu nhất trong không gian nghiệm đó với thời gian cho phép hay không tìm ra cấu trúc tối ưu hơn thì dừng. Phương pháp này cũng rất thích hợp để giải bài toán tái cấu trúc để có thể tìm ra trong các cấu trúc có thể của mạng phân phối có 1 cấu trúc có công suất tổn thất là nhỏ nhất.



Hình 1. Ví dụ giải thuật kiến (ACS)

Các bước để tạo ra giải thuật kiến áp dụng cho bài toán tái cấu:

Bước 1: 1 số cấu trúc của mạng phân phối sẽ được tạo ra ban đầu

Bước 2: mỗi cấu trúc trọng trung cho đoạn đường đi mà kiến đã đi này sẽ được tính toán hàm mục tiêu (xem ở phần II)

Bước 3: mỗi cấu trúc này sẽ được cập nhật vào ma trận dấu chân (ban đầu các ma trận dấu chân này sẽ bằng nhau) theo công thức 4.1

$$T_{ij}^{xy}(k+1) = T_{ij}^{xy}(k) + \frac{Q}{ploss(k)} \quad (4.1)$$

$T_{ij}^{xy}(k)$: Dấu chân của kiến trên chặng đường xy của con kiến thứ $i \in x$ và con kiến thứ $j \in y$, ở lần lặp thứ i .

Q: giá trị hằng số ; ρ : Xác suất bay hơi dấu chân của những con kiến đi qua để lại

$T_{ij}^{xy}(0)$: Dấu chân ban đầu được tạo ra cho mỗi đoạn đường.

Sau khi các cấu trúc ban đầu tạo ra đã cập nhật vào ma trận dấu chân, ta sẽ chọn ra được cấu trúc tốt nhất trong số các cấu trúc ban đầu, các cấu trúc còn lại thì ta sẽ làm bay hơi dấu chân của các cấu trúc này bằng công thức 4.2 :

$$T_{ij}^{xy}(k+1) = \rho * T_{ij}^{xy}(k) + T_{ij}^{xy}(0) \quad (4.2)$$

Bước 4: dựa vào ma trận dấu chân ta sẽ xây dựng được danh sách các cấu trúc được chọn theo các công thức 4.3

$$\phi_i^n = \frac{T_{ij}^{xy}}{T_{max}} ; i \in x; \quad (4.3)$$

T_{ij}^{xy} : Cường độ dấu chân lớn nhất của hàng thứ $i \in X$;

T_{max} : Cường độ dấu chân lớn nhất của ma trận dấu chân.

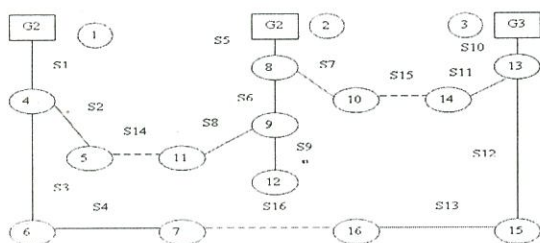
ϕ_i^n : khả năng đóng mở của các khóa trong từng vòng, giá trị này $\in [0, 1]$.

Bước 5: nếu thời gian cho phép vẫn còn và các cấu trúc chọn vẫn còn thì ta quay lại bước 2.

Bước 6: nếu thời gian cho phép chấm dứt hay cấu trúc được chọn không còn thì ta dừng chương trình và xuất ra kết quả.

4. KẾT QUẢ KHẢO SÁT

Mạng phân phối đặc trưng có 3 nguồn, 13 điểm tải và 16 dao cách ly được trình bày ở hình 2.



Hình 2. Mạng phân phối đặc trưng 3 PHA

Vòng	Thứ tự của các khóa
1	{1, 2, 14, 8, 6, 5}
2	{7, 15, 11, 10}
3	{3, 4, 16, 13, 12}

Bảng 1. Kết quả khảo sát Giải thuật GA:

Chạy lần	1	2	3	4
Tồn thất(MW)	3.9913	3.8653	3.8653	3.8653
Số lần lập	60	60	60	60

Chạy chương trình giải thuật di truyền với MAXGEN = 60, tồn thất cực tiểu là 3.8653(MW) là nghiệm của bài toán tối ưu.

Bảng 2. Kết quả khảo sát giải thuật ACS

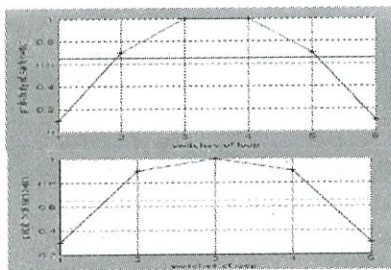
Lần	1	2	3
CS tồn thất (MW)	3.8653	3.8653	3.8653
Số lần lập	40	38	32

Kết quả công suất tồn thất trong 3 lần chạy là 3.8653 (MW). Chương trình giải thuật kiến tìm kiếm tổ hợp tối ưu có dựa vào ma trận dấu chân chạy tương đối ổn định.

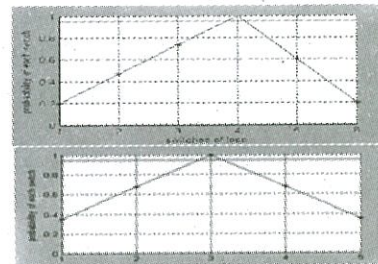
Do chương trình ACS phụ thuộc vào số cấu trúc tạo ra ban đầu để có thể xác định được danh sách các cấu trúc được chọn. Nên sẽ mất nhiều thời gian để chạy chương trình tìm hàm mục tiêu cho các cấu trúc ban đầu được tạo ra. Trong khi đó trong mạng phân phối điện người vận hành có thể xác định được các vị trí khóa ở đầu nguồn thường có khả năng đóng mở rất nhỏ vì khi bình thường các khóa đầu nguồn mở ra sẽ làm cho tồn thất trên mạng phân phối tăng lên chỉ trừ khi có sự cố thì các khóa này mới mở. Từ suy luận như vậy, ta tự hỏi tại sao không tạo ra 1 hàm đánh giá khả năng đóng mở của các khóa trong từng vòng như đã trình bày ở phần II để có thể làm cho thời gian tìm kiếm cấu trúc tối ưu nhanh hơn mà không cần phải tạo ra số cấu trúc ban đầu. Từ đó ta có thể xây dựng khả năng tham gia đóng mở của các khóa hay còn gọi là **hàm membership of switches** dựa vào kinh nghiệm của người vận hành. Dẫn đến có thể xác định được danh sách cấu trúc được chọn làm cho thời gian tìm kiếm sẽ nhanh hơn. Các hàm membership of switches có thể có rất nhiều hình khác nhau như hình tam giác, hình thang...

Khảo sát kết quả:

Hình thang



Hình tam giác



Bảng 3. Kết quả khảo sát giải thuật ACS cải tiến

Lần	1	2
CS tồn thất (MW)	3.8653	3.8653
Số lần lập	14	2

Trong chương trình giải thuật Kiến cải tiến tìm tổ hợp tối ưu thì kết quả có membership hình tam giác tụ chậm hơn so với membership hình tam giác nhưng cả hai đều có công suất tổn thất là 3.8653(MW) xem bảng 4.2. Vậy chương trình xây dựng membership of switches hình thang và hình tam giác dựa vào kinh nghiệm người vận hành chạy ổn định.

Nói tóm lại, giải thuật ACS và ACS cải tiến tốt hơn giải thuật di truyền về không gian nghiệm trong bài toán tìm kiếm tổ hợp tối ưu của mạng phân phối 3 PHA đặc trưng. Đồng thời 2 giải thuật này số lần lặp và thời gian, độ tin cậy để tìm kiếm các tổ hợp tối ưu của mạng phân phối đặc trưng có khả thi. Vì vậy 2 giải thuật này có thể ứng dụng để tìm kiếm tổ hợp tối ưu cho mạng phân phối lớn hơn.

Một kết quả khác của chương trình ứng dụng cho 1 phát tuyến của Điện Lực TpHCM:

Bảng 4. So sánh kết quả của các giải thuật khác nhau

Giải thuật	ACS cải tiến	ACS	GA	Heuristic	Luyện kim(SA)
Số lần lặp (max)	3	6	18	3	52
CS tổn thất(MW)	0.0284	0.0284	0.0284	0.0298	0.0284
Độ tin cậy tìm kiếm (%)	100	95	90	70	80

5. KẾT LUẬN CHUNG

Giải thuật Kiến (ACS) kết hợp với kinh nghiệm người vận hành xây dựng hàm membership of switches để giải quyết bài toán tái cấu trúc cho mạng phân phối điện tìm kiếm ra cấu trúc tối ưu trong thời gian nhanh hơn và có độ tin cậy tìm kiếm cao hơn so với các giải thuật GA, SA, HERISTIC. Tuy nhiên, do thời gian làm luận văn có giới hạn nên giải thuật này còn rất nhiều hạn chế chỉ có thể áp dụng vào mạng điện phân phối có số nút và có dao cách ly từ 100 trở lại. Vì vậy, các luận văn sau có thể phát triển tiếp và cải tiến giải thuật này cho hoàn chỉnh để có thể áp dụng vào mạng điện thực tế với số lượng nút và dao cách ly lớn.

RECONFIGURATION OF DISTRIBUTION NETWORKS BY META-HEURISTICS ALGORITHMS

Truong Quang Dang Khoa, Phan Thi Thanh Binh, Nguyen Minh Hieu
University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT: In Power Systems, distribution networks really spend amount of power loss. To reduce the power loss there are some solutions such as upgrading networks, setting capacitors at some places in networks, etc. This paper is concentrated on re-configuring networks to reduce power loss. This means looking for a optimal configuration to operate the distribution system. Some Heuristics search methods for optimization problems were proposed such as Heuristics, Genetics, Simulated Annealing. We proposed Ant Colony Search (ACS) and Hybrid ACS combining membership functions to achieve both the globe optimization and the

fastest computing time. Results are examined on a typical distribution network and a feeder of Hochiminh Power Company.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. T. P Wagner, A.Y. Chikhanni and R. Hackam, *Feeder reconfiguration for loss reduction an application of distribution automation*, IEEE transactions on power Delivery, vol 6, no. 4, October (1994).
- [2]. Young Jae Jeon and Jae Chul Kim, *Network reconfiguration in radial distribution systems using simulated annealing and Tabu search*, IEEE (2000).
- [3]. Bhoomesh Radha, Robert T.F.Ah King and Harry C.S. Rughooputh, *A modified genetic algorithm for optimal electrical distribution network reconfiguration*, IEEE (2003).
- [4]. Jen-Hao Teng and Chan Nan Lu, *Feeder-switches relocation for customer interruption cost minimization*, IEEE transactions on power delivery, vol. 17, No. 1, January (2002)
- [5]. Haibao Zhai, Haozhong Cheng And Xuwang, *Using ant colony system algorithm to solve dynamic transmission network expansion plainning*, Singapore, 27-29 November (2003).
- [6]. Enrico Carpaneto and Gianfranco chicco, *Ant colony search based minimum losses reconfiguration of distribution systems*, IEEE MELECON 2004, Dubrovnik, croaria, May 12-15, (2004).
- [7]. Jen-Hao Teng and Yi-Hwa Lui, *A novel ACS based optimum switch relocation method*, IEEE transactions on power systems, Vol 18, No, 1 February (2003).

