

TỔNG QUAN QUY HOẠCH MỞ RỘNG LƯỚI ĐIỆN TRUYỀN TẢI

Trần Hữu Tính^{1*}, Võ Ngọc Điều², Quyền Huy Ánh¹

¹Trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật TP Hồ Chí Minh,

²Trường Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Mục tiêu chính của quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải (LĐTT) là xác định được nơi nào cần quy hoạch và mở rộng, công suất cần phải mở rộng, xác định được tổng chi phí quy hoạch, độ tin cậy của hệ thống phải được cải thiện,... Bài toán quy hoạch mở rộng LĐTT là vấn đề quy mô lớn, phức tạp và tổ hợp số nguyên của các vấn đề phi tuyến tính hỗn hợp. Giải pháp chính xác cho vấn đề quy hoạch mở rộng LĐTT là rất quan trọng trong hệ thống điện (HTĐ). Do đó, các phương pháp tối ưu hóa đã được áp dụng đem lại nhiều hiệu quả thiết thực. Nghiên cứu này sẽ tổng quan các vấn đề quy hoạch mở rộng LĐTT từ nhiều khía cạnh khác nhau như phương pháp giải, độ tin cậy, tính không chắc chắn và an toàn, thị trường điện và từ mô hình hóa nhằm giúp các nhà nghiên cứu khác có được thuật toán khả thi về mặt học thuật và thương mại. Bài báo này mục đích chủ yếu là trình bày tổng quan các tài liệu về phương pháp quy hoạch mở rộng LĐTT.

Từ khoá: Quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải; phương pháp tối ưu hóa; thị trường điện; độ tin cậy; không chắc chắn và an toàn.

Ngày nhận bài: 02/7/2019; Ngày hoàn thiện: 12/5/2020; Ngày đăng: 20/5/2020

OVERVIEW OF TRANSMISSION EXPANSION PLANNING

Tran Huu Tinh^{1*}, Vo Ngoc Dieu², Quyen Huy Anh¹

¹Ho Chi Minh city University of technology and education,

²Ho Chi Minh city University of technology

ABSTRACT

The objective main of transmission expansion planning (TEP) decided the local to be planed and expanded, the expanded power, investment cost, the reliability index to be improved. The TEP problem is a large-scale, complex and a mixed integer non-linear problem. A good solution of TEP is very important in power system. Therefore, the optimization methods applied to bring practical effects. This study presents the overview of TEP problem from different aspects such as, solving methods, reliability, uncertainty and security, electricity market, and from the modeling prospective in order to facilitate the other researcher's works in this hot area to get a feasible algorithm academically and commercially. This paper aims essentially at presenting the literature overview of the TEP procedure.

Key words: Transmission expansion planning; optimiton methods; electricity market; reliability; uncertainty and security.

Received: 02/7/2019; Revised: 12/5/2020; Published: 20/5/2020

* Corresponding author. Email: tinhth.ncs@hcmute.edu.vn

1. Đặt vấn đề

Ngày nay nhu cầu năng lượng đang là vấn đề thời sự cho sự phát triển của nền kinh tế và sự gia tăng dân số toàn cầu, trong đó năng lượng điện đóng vai trò then chốt. Từ đó, hệ thống điện (HTĐ) cũng được liên tục mở rộng cả về nguồn phát và đường dây truyền tải. Kinh nghiệm vận hành HTĐ cho thấy tại một thời điểm trên hệ thống điện có những đường dây bị quá tải trong khi các đường dây khác non tải và ngược lại. Việc sử dụng hiệu quả và tối ưu các nguồn cung cấp là một vấn đề mà các nhà nghiên cứu rất quan tâm. Vì vậy, bài toán được đặt ra tối ưu hóa trong quy hoạch mở rộng LĐTT nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển phụ tải là vấn đề rất quan trọng trong HTĐ.

Thông thường công tác quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải (LĐTT) theo ngay sau quy hoạch hệ thống nguồn điện. Nhiệm vụ của quy hoạch mở rộng LĐTT là xác định tối ưu hoá vị trí, mở rộng công suất truyền tải và vận chuyển điện năng từ nơi sản xuất đến nơi tiêu thụ với độ tin cậy cao trong HTĐ. Trong những năm gần đây, các nghiên cứu trong lĩnh vực tổng hợp các mô hình quy hoạch mở rộng LĐTT có nhiều thử thách khi mở rộng. Nhiều bài báo và các báo cáo mô hình mới được đăng trên nhiều tài liệu nhằm cải thiện tính sẵn có của máy tính, giải thuật tối ưu mới và mức độ không chắc chắn lớn trong thị trường điện cạnh tranh. Các nhà quy hoạch mở rộng LĐTT đã thử nhiều phương pháp để giải quyết vấn đề mở rộng. Các nhà quy hoạch đã sử dụng mô hình mở rộng tự động để xác định quy hoạch mở rộng LĐTT tối ưu bằng cách tối thiểu hóa hàm mục tiêu toán học với nhiều ràng buộc. Bài báo này sẽ khảo sát các quy hoạch mở rộng LĐTT [1] được xét ở nhiều khía cạnh khác nhau.

2. Khảo sát các vấn đề quy hoạch mở rộng LĐTT

2.1. Mô hình toán trong quy hoạch mở rộng LĐTT

Vấn đề quy hoạch mở rộng LĐTT không chỉ sử dụng mô hình nguồn điện xoay chiều mà còn áp dụng ở mô hình nguồn điện một chiều.

Thực tế các nhà quy hoạch quan tâm đến mô hình nguồn điện xoay chiều dựa vào các giả thuyết như: giúp cho nhà quy hoạch tiếp tục nghiên cứu vấn đề ổn định điện áp sau khi giải quyết vấn đề quy hoạch mở rộng LĐTT, để giải quyết vấn đề quy hoạch mở rộng LĐTT có thể sử dụng phép toán phi tuyến tính [2] như điều khiển linh hoạt hệ thống truyền tải điện xoay chiều, mô hình tuyến tính được sử dụng trong quy hoạch được tăng cường hơn và cho phép giải quyết vấn đề quy hoạch mở rộng LĐTT song song vấn đề phân bố công suất phản kháng.

2.2. Các phương pháp giải bài toán trong quy hoạch mở rộng LĐTT

Mục tiêu chính quy hoạch mở rộng LĐTT là đạt được tối thiểu tổng chi phí đầu tư nhưng phải đáp ứng nhu cầu phát triển phụ tải và độ tin cậy khi vận hành. Hiện nay, quy hoạch mở rộng LĐTT được xây dựng thành bài toán đa mục tiêu. Một số thuật toán đã được đề xuất để giải quyết các vấn đề liên quan đến quy hoạch mở rộng LĐTT và được phân thành ba loại như: phương pháp toán học tối ưu, phương pháp Heuristic, phương pháp Metaheuristic [1].

- Phương pháp toán học tối ưu [3] và phương pháp heuristic [4], [5] gồm: lập trình phi tuyến tính, lập trình tuyến tính, phân tích Bender, phương pháp cận biên và nhánh, lý thuyết trò chơi, giải thuật tìm kiếm dựa vào chỉ số độ nhạy, phân tích thứ bậc, lập trình động, lập trình số nguyên hỗn hợp.

- Phương pháp Metaheuristic [6]-[9] gồm: đàn kiến, hệ thống miễn dịch nhân tạo, kết nối mạng neuron nhân tạo, giải thuật con ong và Chaos, tiến hóa đặc biệt, hệ thống chuyên gia, giải thuật bước nhảy con ếch, Fuzzy, giải thuật di truyền, giải thuật di truyền mã hóa thập phân, giải thuật lai di truyền với Fuzzy, giải thuật di truyền không phân loại, tìm kiếm ngẫu nhiên Greedy, tìm kiếm hòa điệu, PSO, giải thuật tìm kiếm Grid, tìm kiếm tabu, mô phỏng tuyến tính, liệt kê ẩn 0-1, tìm kiếm scatter [6]-[9].

2.2.1. Phương pháp toán học tối ưu

Phương pháp toán học tối ưu đã được áp dụng nhiều để giải quyết bài toán quy hoạch mở rộng LĐTT. Phương pháp này có ưu nhược điểm như sau:

a. Ưu điểm phương pháp

- Giải pháp tối ưu đạt được độ chính xác và thời gian giải quyết ngắn.
- Nhiều phương pháp đạt được sự hội tụ phù hợp.

b. Nhược điểm phương pháp

- Mô hình hóa HTĐ cân bằng vào mô hình lập trình tối ưu rất phức tạp.
- Tổ hợp lại các ràng buộc mới gặp nhiều khó khăn, điều này đòi hỏi phải sắp xếp lại toàn bộ mô hình.
- Chỉ có một số ít phương pháp có thể tiến hành và thực hiện nghiên cứu động như sự ổn định.

2.2.2. Phương pháp heuristic

Tương tự như phương pháp toán học tối ưu thì phương pháp heuristic được sử dụng nhiều trong thời gian gần đây. Phương pháp này có ưu nhược điểm như sau:

a. Ưu điểm phương pháp

- Các phương pháp này dễ sử dụng và không phức tạp.
- Không cần phải chuyển đổi HTĐ thành mô hình lập trình tối ưu.
- Các nghiên cứu động có thể thực hiện bằng các phương pháp này.

b. Nhược điểm phương pháp

- Giải pháp tối ưu có thể được kết hợp sự xấp xỉ và thời gian mô phỏng sẽ nhiều hơn.
- Có thể rơi vào cực tiểu vị trí thay vì cực tiểu toàn bộ.
- Các phương pháp heuristic có một vấn đề đó là, chúng không đủ mạnh, đặc biệt là từ phía toán học và kết quả của chúng không thể hiệu quả đối với các mạng phức tạp.

2.2.3. Phương pháp Metaheuristic

Phương pháp Metaheuristic kết hợp các đặc điểm nổi bật của hai phương pháp trên. Khi

áp dụng phương pháp Metaheuristic luôn đạt được giải pháp tốt cho HTĐ lớn với thời gian tính toán ngắn. Nhưng trong phương pháp này có ưu nhược điểm như sau:

a. Ưu điểm phương pháp

- Phương pháp này đơn giản và dễ sử dụng.
- Không cần phải chuyển đổi HTĐ thành mô hình lập trình tối ưu.
- Sử dụng cho nghiên cứu tĩnh và động. Công cụ của phương pháp này thì nghiên cứu dễ dàng và linh hoạt được thực hiện.

b. Nhược điểm phương pháp

- Để đạt được giải pháp tối ưu cần nhiều thời gian.
- Có thể rơi vào cực tiểu từng vị trí thay vì cực tiểu toàn bộ.
- Đã cải thiện được khả năng hội tụ nhưng còn thấp hơn so với phương pháp toán học tối ưu.

2.3. Quy hoạch mở rộng LĐTT ràng buộc an toàn

Quy hoạch mở rộng LĐTT là vấn đề hết sức quan trọng không những cần phải có chi phí đầu tư lớn mà còn kết hợp với vấn đề an toàn. Có rất nhiều sự nghiên cứu quy hoạch mở rộng LĐTT có ràng buộc an toàn [10]. Các ràng buộc khác nhau về an toàn trong quy hoạch mở rộng LĐTT được quan tâm như sau: biên độ ổn định điện áp, đặc tính điện áp an toàn và chỉ số an toàn (N-1), dòng điện đường dây và giới hạn nguồn phát.

2.4. Quy hoạch mở rộng LĐTT được kết hợp với đường dây tác nghẽn

Ở thị trường điện cạnh tranh thì LĐTT tác nghẽn là vấn đề quan trọng điều này cần thiết để hợp nhất trong vận hành HTĐ và quy hoạch mở rộng hệ thống kết nối. Quy hoạch mở rộng LĐTT được kết hợp với đường dây tác nghẽn [11] được vận dụng ở nhiều mục tiêu khác nhau như: xét đến chi phí vận hành do tác nghẽn, xét đến giá trị vận chuyển, xét đến khả năng truyền tải dư thừa, xét đến khả năng tải đường dây, xét đến quản lý tác nghẽn trong nghiên cứu quy hoạch mở rộng LĐTT thực và được giảm nhẹ tác nghẽn trong quy hoạch mở rộng LĐTT.

2.5. Quy hoạch mở rộng LĐT trong thị trường điện cạnh tranh

Phương pháp truyền thống quy hoạch mở rộng LĐT không còn khả thi trong việc tái cấu trúc lại hệ thống điện. Tối ưu hóa LĐT đòi hỏi cần phải có công cụ và phương pháp mới để giải quyết vấn đề này. Thị trường điện (TTĐ) đòi hỏi đường dây truyền tải mới phải đạt tối thiểu chi phí đầu tư và vận hành hệ thống phải đạt được sự hài lòng. Tuy nhiên, trong TTĐ cạnh tranh mục tiêu chính của quy hoạch mở rộng LĐT là cung cấp điện không phân biệt khách hàng và các nhà đầu tư cạnh tranh nhau về độ tin cậy hệ thống cung cấp. Vấn đề quy hoạch mở rộng LĐT trong môi trường cạnh tranh [12], [13] được xem xét theo nhiều quan điểm khác nhau như xem xét giá trị nút, chi phí cắt giảm tải, chi phí tắc nghẽn truyền tải, lợi nhuận xã hội và rủi ro thấp nhất. Ngoài ra, sự ảnh hưởng của quy hoạch mở rộng LĐT trong môi trường cạnh tranh đã được dự báo đến khu vực nguồn phát điện cạnh tranh.

2.6. Độ tin cậy trong quy hoạch mở rộng LĐT

Đề quy hoạch HTĐ phù hợp được đánh giá ở hai giai đoạn: giai đoạn vĩ mô và giai đoạn vi mô. Nghiên cứu quy hoạch trong giai đoạn vĩ mô phải được xuất phát từ quan điểm chính sách chiến lược, nhưng đối với nghiên cứu quy hoạch trong giai đoạn vi mô chỉ cần xét đến lợi ích nguồn năng lượng. Phân tích thích hợp, chắc chắn và độ tin cậy thì liên quan đến giai đoạn vĩ mô và phân tích kỹ thuật về lỗi và ổn định thì liên quan đến giai đoạn vi mô. Thông thường quy hoạch mở rộng LĐT thì cần phải thực hiện phân tích độ tin cậy và thích hợp trước khi phân tích lỗi và ổn định. Quy hoạch HTĐ nói chung cũng như quy hoạch mở rộng LĐT nói riêng cần phải phân tích độ an toàn [14], [15] hoặc tin cậy [16], [17]. Do đó, quy hoạch mở rộng LĐT dài hạn cần phải đánh giá độ tin cậy sau khi quy hoạch.

2.7. Sự không chắc chắn trong quy hoạch mở rộng LĐT

Theo điều kiện không chắc chắn của HTĐ thì quy hoạch mở rộng LĐT trong được phân thành hai phương pháp là phương pháp xác định và phương pháp không xác định. Trong phương pháp xác định thì quy hoạch mở rộng LĐT trong được xét ở điều kiện xấu nhất và không tính đến xác suất xuất hiện [18]. Đối với phương pháp không xác định thì quy hoạch mở rộng LĐT sẽ xét đến các trường hợp các khả năng xảy ra trong tương lai. Ngoài ra, phương pháp không xác định còn xét đến kinh nghiệm vận hành HTĐ và dự đoán điều kiện không chắc chắn có thể xảy ra trong tương lai.

2.8. Quy hoạch mở rộng LĐT được kết hợp với quy hoạch công suất phản kháng

Trong HTĐ thực thi công suất phản kháng (CSPK) của tải được cung cấp thông qua nguồn phát. Trong trường hợp này CSPK được vận chuyển thông qua đường dây truyền tải, sự vận chuyển như thế có thể làm giảm khả năng truyền tải và điều này có thể dẫn đến xây dựng thêm nhiều đường dây mới. Tuy nhiên, để cải thiện vấn đề trên bằng cách cung cấp nguồn CSPK gần trung tâm phụ tải có thể cung cấp nhu cầu CSPK làm cho công suất đường dây truyền tải tăng lên và giảm tổn thất công suất. Vì vậy, quy hoạch mở rộng LĐT cần kết hợp với quy hoạch CSPK; Trường hợp không có sự kết hợp này thì quy hoạch mở rộng LĐT sẽ dẫn đến xây dựng thêm nhiều đường dây mới [18].

2.9. Quy hoạch mở rộng LĐT từ thiết bị điều khiển linh hoạt xoay chiều (FACTS)

Trong quy hoạch mở rộng LĐT thì sự mở rộng mạng điện luôn gặp theo cách bổ sung các đường dây mới vào mạng điện để tăng công suất lưới điện truyền tải. Mặt khác, có thể sử dụng thiết bị điều khiển linh hoạt LĐT xoay chiều [19], [20] để tăng thêm công suất cho hệ thống đang vận hành.

3. Các nhược điểm và kiến nghị

Các vấn đề ở trên đều giải quyết được bài toán quy hoạch mở rộng LĐT nhưng vẫn

chưa tìm ra được tối ưu để giải quyết tất cả các vấn đề trong quy hoạch mở rộng LĐT. Một số nhược điểm đã được nêu trong các phương pháp trên khi quy hoạch mở rộng LĐT. Nói chung, các phương pháp đã được đề xuất áp dụng trong quy hoạch mở rộng LĐT có một số nhược điểm như sau:

- Các nhà nghiên cứu ít quan tâm đến vấn đề quy hoạch CSPK khi giải quyết vấn đề quy hoạch mở rộng LĐT, mặc dù điều đó rất quan trọng.

- Điều kiện không chắc chắn khi thay đổi kích thước nguồn phát ít được quan tâm đến. Vấn đề này nên được xét một cách linh hoạt ở bất kỳ tình huống nào khi quy hoạch mở rộng LĐT.

- Các phương pháp quy hoạch mở rộng LĐT được mô phỏng trong mô hình HTĐ một chiều chiếm phần đa số. Tuy nhiên, đã có một số mô hình HTĐ xoay chiều được xét đến.

- Các ràng buộc về chuẩn độ tin cậy và chuẩn an toàn đã được xét đến trong các phương pháp Metaheuristic.

- Các nghiên cứu trước đây thì vấn đề quy hoạch mở rộng LĐT chỉ xem xét nghiên cứu quy hoạch ngắn hạn và vấn đề quy hoạch dài hạn đã được quan tâm đến nhưng chưa nhiều. Trong LĐT điện nếu được quan tâm nhiều thì quy hoạch dài hạn tốt sẽ tiết kiệm được thời gian và tối thiểu chi phí đầu tư.

- Thiết bị điều khiển linh hoạt hệ thống điện xoay chiều (FACTS) trong quy hoạch mở rộng LĐT không được xem xét phù hợp.

- Quy hoạch mở rộng LĐT kết hợp với quy hoạch nguồn phát điện cần được quan tâm đến các ràng buộc.

4. Kết luận

Quy hoạch mở rộng LĐT đã được tổng quan lại ở nhiều khía cạnh khác nhau trong bài báo này. Cụ thể là các bài báo được công bố gần đây được đánh giá từ nhiều quan điểm khác nhau. Các dẫn chứng trong bài báo cho thấy rằng vấn đề quy hoạch mở rộng LĐT được

yêu cầu đáp ứng sự phát triển phụ tải trong tương lai. Bên cạnh đó, các nghiên cứu vấn đề quy hoạch mở rộng LĐT được quy hoạch tốt hơn và linh hoạt được xét ở nhiều khía cạnh khác: mô hình toán, phương pháp giải, độ tin cậy, TĐ cạnh tranh, sự không chắc chắn, ràng buộc an toàn, đường dây tắc nghẽn, và công suất phản kháng. Nghiên cứu vấn đề quy hoạch mở rộng LĐT trong bài báo này mở ra cánh cửa cho các công việc tiếp theo trong lĩnh vực này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1]. R. Hemmati, R.-A. Hooshmand and A. Khodabakhshian, "State-of-the-art of transmission expansion planning: Comprehensive review," *Renew Sustainable Energy Rev.*, vol. 23, pp. 312-319, 2013.
- [2]. Z. Junpeng, W. Liu, and C. Y. Chung, "Stochastic transmission expansion planning considering uncertain dynamic thermal rating of overhead lines," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 34, no. 1, pp. 432-443, 2018.
- [3]. S. Han, H.-J. Kim, and D. Lee, "A Long-Term Evaluation on Transmission Line Expansion Planning with Multistage Stochastic Programming," *Energies*, vol. 13, no. 8, p. 1899, 2020.
- [4]. S. Lumbraeras, and A. Ramos, "The new challenges to transmission expansion planning," *Survey of recent practice and literature review. Electric Power Systems Research*, vol. 134, pp. 19-29, 2016.
- [5]. A. Hajebrahimi, A. Abdollahi, and M. Rashidinejad, "Probabilistic multiobjective transmission expansion planning incorporating demand response resources and large-scale distant wind farms," *IEEE Systems Journal*, vol. 11, no. 2, pp. 1170-1181, 2015.
- [6]. I. Alhamrouni, et al., "AC-Based Differential Evolution Algorithm for Dynamic Transmission Expansion Planning," *Telkommika*, vol. 16, no. 5, pp. 2316-2330, 2018.
- [7]. M. Mansour et al., "Transmission Expansion Planning in the presence of wind farms with a mixed AC and DC power flow model using an Imperialist Competitive Algorithm," *Electric Power Systems Research*, vol. 140, pp. 493-506, 2016.

- [8]. J. Morteza, and A. Ebrahimi, "Reliability constrained generation expansion planning by a modified shuffled frog leaping algorithm," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 64, pp. 743-751, 2015.
- [9]. A., Saedeh, R.-A. Hooshmand, and R. Hemmati, "Stochastic transmission expansion planning incorporating reliability solved using SFLA meta-heuristic optimization technique," *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, vol. 2, no. 2, pp. 79-86, 2016.
- [10]. S. A. Silva and E. N. Asada, "Combined heuristic with fuzzy system to transmission system expansion planning," *Electr Power Sys Res*, vol. 81, no. 1, pp. 123-128, 2011.
- [11]. T. Haryono, "Novel binary PSO algorithm based optimization of transmission expansion planning considering power losses," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 128, no. 1, p. 012023, 2016.
- [12]. L. A. Gallego et al., "High-performance hybrid genetic algorithm to solve transmission network expansion planning," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 11, no. 5, pp. 1111-1118, 2016.
- [13]. J. A. López, M. L.-L. Jesús, and M.-G. Nicolás, "A Hybrid Genetic Algorithm Applied to the Transmission Network Expansion Planning Considering Non-conventional Solution Candidates," *Journal of Applied Science and Engineering*, vol. 22, no. 3, pp. 569-578, 2019.
- [14]. M. Mahdi, A. Kargarian, and A. Mohammadi, "Distributed optimisation-based collaborative security-constrained transmission expansion planning for multi-regional systems," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 13, no. 13, pp. 2819-2827, 2019.
- [15]. M. Mahdi, A. Kargarian, and M. Rahmani, "Security-constrained transmission expansion planning using linear sensitivity factors," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 14, no. 2, pp. 200-210, 2019.
- [16]. A. M. L. da Silva et al, "Constructive metaheuristics applied to transmission expansion planning with security constraints," 2017 19th international conference on intelligent system application to power systems (ISAP), IEEE, 2017.
- [17]. R. P. B. Poubel et al., "Tree searching heuristic algorithm for multi-stage transmission planning considering security constraints via genetic algorithm," *Electric Power Systems Research*, vol. 142, pp. 290-297, 2017.
- [18]. L. H. Macedo et al., "MILP branch flow model for concurrent AC multistage transmission expansion and reactive power planning with security constraints," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 10, no. 12, pp. 3023-3032, 2016.
- [19]. S. Koosha and J. Mazloum, "Considering facts in optimal transmission expansion planning," *Engineering, Technology & Applied Science Research*, vol. 7, no. 5, pp. 1987-1995, 2017.
- [20]. Z. Xiaohu, K. Tomsovic, and A. Dimitrovski. "Security constrained multi-stage transmission expansion planning considering a continuously variable series reactor," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 32, no. 6, pp. 4442-4450, 2017.