QUY HOẠCH LƯỚI TRUYỀN TẢI CÓ XÉT ĐẾN KHẢ NĂNG QUÁ TẢI BẰNG PHƯƠNG PHÁP THU HẸP TỪNG BƯỚC

NGUYỄN LÂN TRÁNG, NGUYỄN QUANG MINH

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quy hoạch phát triển hệ thống điện trong tương lai là một nhiệm vụ rất quan trọng của người lập kế hoạch và thiết kế cung cấp điện. Cùng với sự phát triển của cuộc sống, nhu cầu sử dụng năng lượng điện tăng lên thì yêu cầu đặt ra đối với những nhà hoạch định chiến lược lại càng khó khăn hơn. Mạng lưới điện ngày càng phát triển đòi hỏi phải có một thuật toán xác định cấu trúc tối ưu một cách hiệu quả hơn. Thuật toán nhánh và cận có một nhược điểm lớn là chỉ xét cho một hệ thống mới hoàn toàn. Điều đó đôi khi không thích hợp cho việc mở rộng tối ưu lưới truyền tải. Thuật toán được trình bày dưới đây khắc phục được nhược điểm đó. Nó cho phép xác định được cấu trúc tối ưu của lưới truyền tải ngay cả khi có sự phát triển từ một lưới truyền tải đã tồn tại.

II. CƠ SỞ TOÁN HỌC CỦA PHƯƠNG PHÁP

Với quá trình quy hoạch cho lưới điện truyền tải ta có những giả thiết sau:

Các nút nguồn và nút tải trong mạng điện có cùng một cấp điện áp. Tức là ta bỏ qua ảnh hưởng của các máy biến áp tăng và hạ áp; Điện trở đường dây cao áp có thể bỏ qua vì nó nhỏ hơn nhiều so với điện kháng tương ứng; Bỏ qua tổn thất điện áp và công suất, lấy điện áp tại các nút đều bằng 1 (đơn vị tương đối).

1. Phương pháp thu hẹp dần

Trong quá trình quy hoạch ngắn hạn hoặc dài hạn, mạng lưới điện hiện có sẽ có những thay đổi và mở rộng, bao gồm những nhà máy điện mới và những trung tâm phụ tải mới. Khi đó việc tìm ra một cấu trúc tối ưu cho mạng điện mới trên cơ sở mạng điện hiện có được mở rộng sẽ là một vấn đề cấp thiết. Một trong những phương pháp để tìm được lời giải cho bài toán trên đó là phương pháp "thu hẹp lần lượt ".

Chiến lược của phương pháp thu hẹp lần lượt như sau: Đầu tiên tạo nên một lưới giả bao gồm toàn bộ lưới ban đầu, những nút độc lập (gồm những nút nguồn và tải dự kiến đưa vào hệ thống) và những đường dây cần thêm vào (những đường dây này là những đường dây nối giữa các nút đã có với các nút dự kiến đưa vào và có cả những đường dây nối các nút có sẵn với nhau). Dựa trên cơ sở những dữ liệu yêu cầu của năm quy hoạch, lưới giả đó có thể là một graph đầy đủ (nối tất cả các nút trong hệ thống với nhau) hoặc cũng có thể là một phương án nối dây nào đó được đưa ra nhưng chưa tối ưu.

Một hệ thống giả như thế có thể thừa nhiều và không kinh tế. Khi đó ta bắt đầu quá trình "thu hẹp" hệ thống lưới điện đó mà vẫn đảm bảo lưới điện được mở rộng với số nút mới và đảm bảo tính kinh tế kĩ thuật tương đối cho phương án được chọn cuối cùng.

Ta tiến hành phân tích phụ tải trên lưới điện ảo đó, mọi đường dây thêm vào được so sánh và sắp xếp thứ tự trên cơ sở tính hiệu quả của hệ thống và đường dây. Những đường dây có hiệu quả thấp nhất sẽ lần lượt bị loại khỏi hệ thống cho tới khi không còn đường dây nào có thể bị

loại thêm. Khi đó có thể nói, việc loại thêm bất kì đường dây nào sẽ làm hệ thống bị quá tải hoặc bị vi phạm các ràng buộc kĩ thuật.

Phương pháp thu hẹp lần lượt đánh giá liên tiếp hiệu quả của một đường dây trong hệ thống nhờ vào giá trị dòng công suất truyền tải. Do có tính đến các yếu tố dòng công suất truyền tải trên đường dây và yếu tố đầu tư nên ta có định nghĩa về hệ số hiệu quả của đường dây như sau:

$$E_L = \frac{|P_L|}{C_L^2} \qquad L \in S_e$$

trong đó P_L là dòng công suất trên đường dây L, được tính theo công thức:

$$P_L = P_{ij} = \frac{\theta_i - \theta_j}{X_{ij}} \quad \text{(xem [2], trang 380).}$$

Nếu đặt $B_L = \frac{1}{X_{ij}}$ và $\phi = \theta_i - \theta_j$ ta có: $P_L = B_L.\phi$

θ_i; θ_j: Góc trạng thái tại nút i,j tương ứng (góc điện áp); X_{ij}: điện kháng nhánh đường dây ij; C_L chính là chi phí xây dựng đường dây L.

Đối với mạng điện cùng một cấp điện áp và các loại dây là như nhau thì chi phí đường dây tỉ lệ với chiều dài đường dây, khi đó để so sánh tính hiệu quả của đường dây ta có thể lấy $C_L = L$.

S_e: là tập hợp các đường dây thêm vào hệ thống.

Khi dần dần loại bỏ các đường dây có tính hiệu quả thấp đi, vẫn phải giữ lại một số đường dây tuy có hiệu quả thấp nhưng có ảnh hưởng lớn tới hệ thống hoặc tới những đường dây khác. Những đường dây này có thể chia làm hai loại:

- Những đường dây mà nếu loại chúng đi sẽ làm mất liên kết trong hệ thống hoặc làm mất ổn định của hệ thống;
- Những đường dây mà nếu loại chúng đi sẽ làm đường dây khác quá tải hoặc làm tăng tổn thất điện áp lớn nhất trong hệ thống.

Khi đã loại bỏ được những đường dây không cần thiết của một phương án đi dây nào đó hoặc của cả một graph của hệ thống mở rộng thì ta sẽ thu được một phương án tối ưu cuối cùng thoả mãn các yêu cầu đặt ra của quá trình quy hoạch. Phương pháp chọn đường dây hiệu quả nói trên chỉ dùng để loại bỏ đi các đường dây thêm vào, những đường dây ban đầu của hệ thống phải được giữ nguyên (xem hình 1). Các bước của thuật toán như sau:

Bước 1: Dữ liệu đầu vào của năm quy hoạch tới bao gồm:

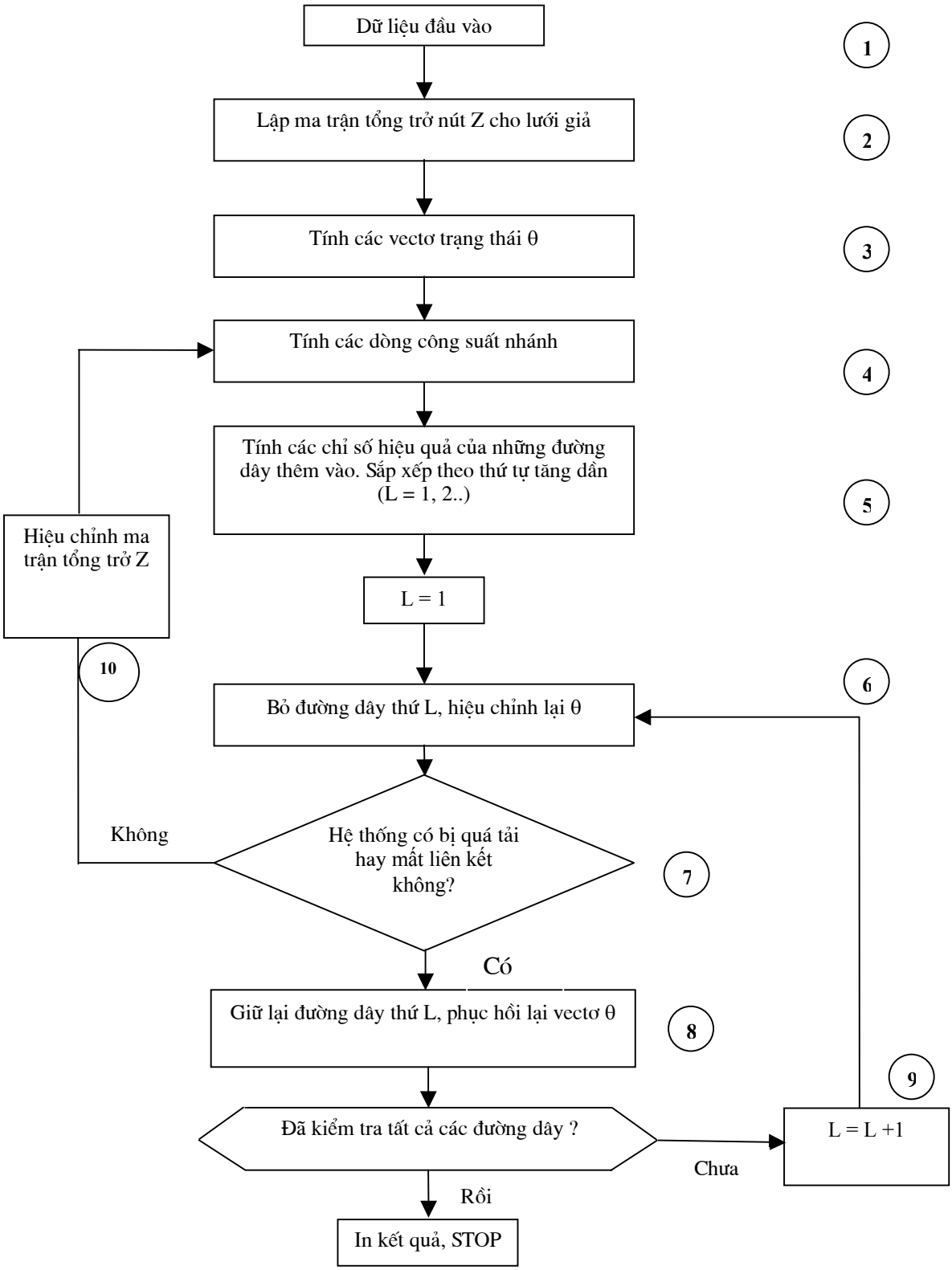
- Sơ đồ lưới điện cần mở rộng nhưng chưa tối ưu.
- Công suất nút tải, công suất nút nguồn.
- Thông số của các đường dây có sẵn và thêm vào.
- Giới hạn truyền tải của các đường dây.

Bước 2: Lập ma trận tổng trở nút Z được thiết lập là nghịch đảo của ma trận tổng dẫn hoặc được thiết lập bằng phương pháp dòng nhánh.

Bước 3: Tính vectơ trạng thái θ dùng biểu thức

$$[\theta] = [Z].[P_n]$$

P_n: Vectơ công suất nút cấp (n × 1); Z: ma trận tổng trở của lưới điện.



Hình 1. Sơ đồ khối của thuật toán

Bước 4: Xác định các dòng công suất nhánh dùng công thức:

$$P_{ij} = \frac{\theta_i - \theta_j}{X_{ij}}$$

X_{ij} : Điện kháng của đường dây nối nút i và nút j

Bước 5: Sắp xếp các đường dây thêm vào theo thứ tự tính hiệu quả tăng dần để phân tích và loại ra đường dây có hiệu quả thấp nhất.

Bước 6: Việc loại ra đường dây thứ L là một bước thử. Theo đó, vectơ trạng thái θ được cập nhật mà không cần phải hiệu chỉnh ma trận tổng trở của hệ thống mà bước 7 đang xét.

$$[\theta'] = [\theta] + [\Delta\theta] = [\theta] + \beta_k . Xe_k \phi_k$$

$$[\theta'] = [\theta] + \beta_k . (\theta_i - \theta_j) \begin{bmatrix} x_{1i} - x_{1j} \\ \vdots \\ x_{ii} - x_{ij} \\ \vdots \\ x_{ni} - x_{nj} \end{bmatrix}_{(n \times 1)}$$

trong đó:

$$\beta_k = \frac{-1}{-x_k + \chi_k}$$

$$\chi_k = e_k X e_k^T = x_{ii} + x_{jj} - x_{ij} - x_{ji}$$

x_k: Điện kháng trên đường dây thứ k bị loại bỏ đi nối giữa nút i và nút j ($x_k = x_{0k}.l$)

Trong quá trình hiệu chỉnh, nếu β_k trở thành vô hạn trong biểu thức trên, tức là $-x_k + \chi_k = 0$, thì việc loại đường dây thứ k ra sẽ gây mất liên kết trong hệ thống, khi đó đường dây sẽ không được loại bỏ. Ta cũng có thể áp dụng thuật toán kiểm tra tính liên thông (liên kết) trong mạng điện để xác định việc cắt bỏ đường dây nào đó có làm hệ thống mất liên kết không. Tức là đối với nút tải thì phải có dòng công suất truyền tới, nếu không tức là hệ thống sẽ mất liên kết.

Ngược lại dòng công suất nhánh sẽ được tính lại từ vectơ θ đã hiệu chỉnh theo công thức

$$\theta' = \theta + \Delta\theta = \theta + \beta_k . Xe_k \phi_k$$

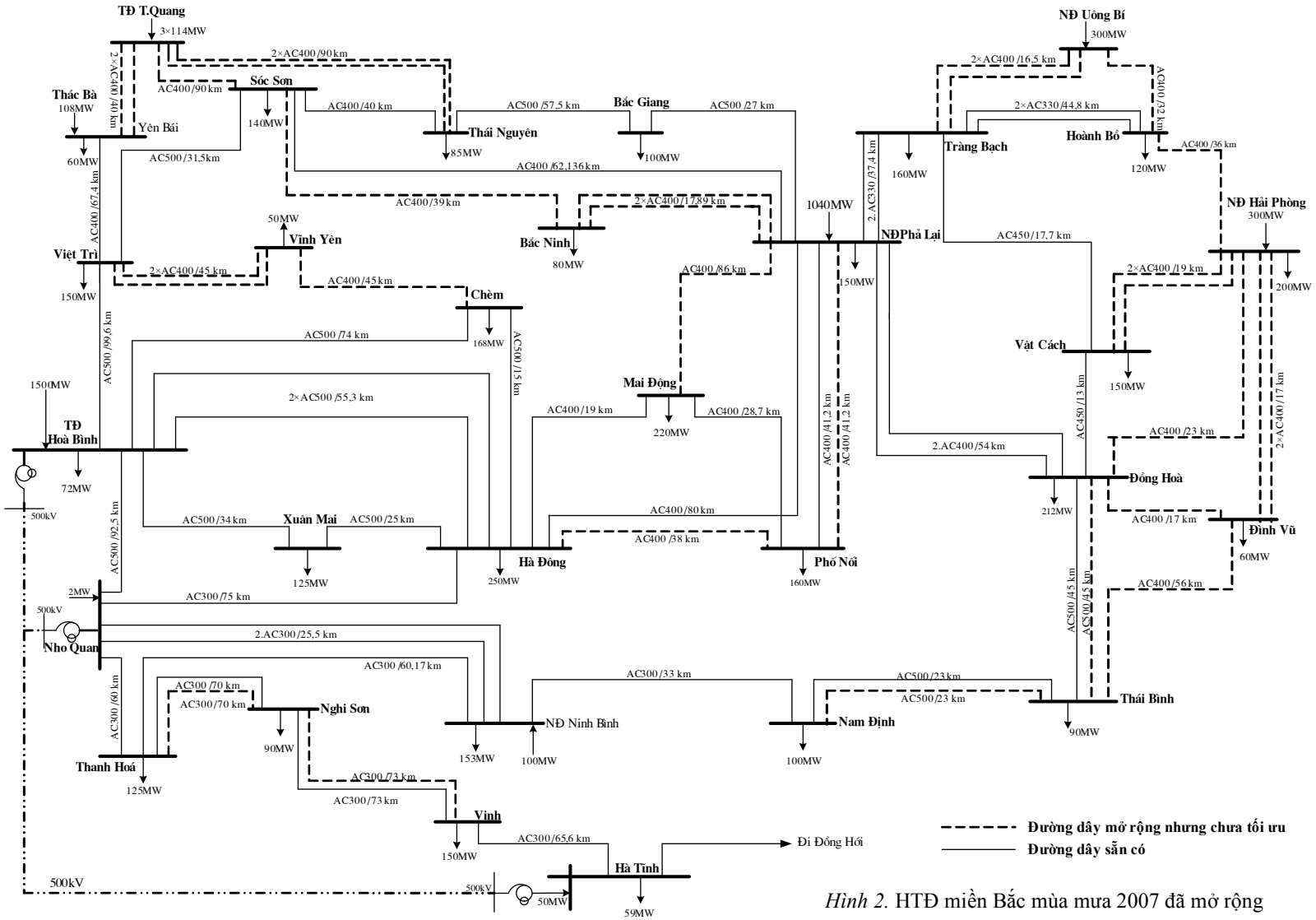
và kiểm tra quá tải nhờ biểu thức

$$|P_k| \le \overline{P_k}$$

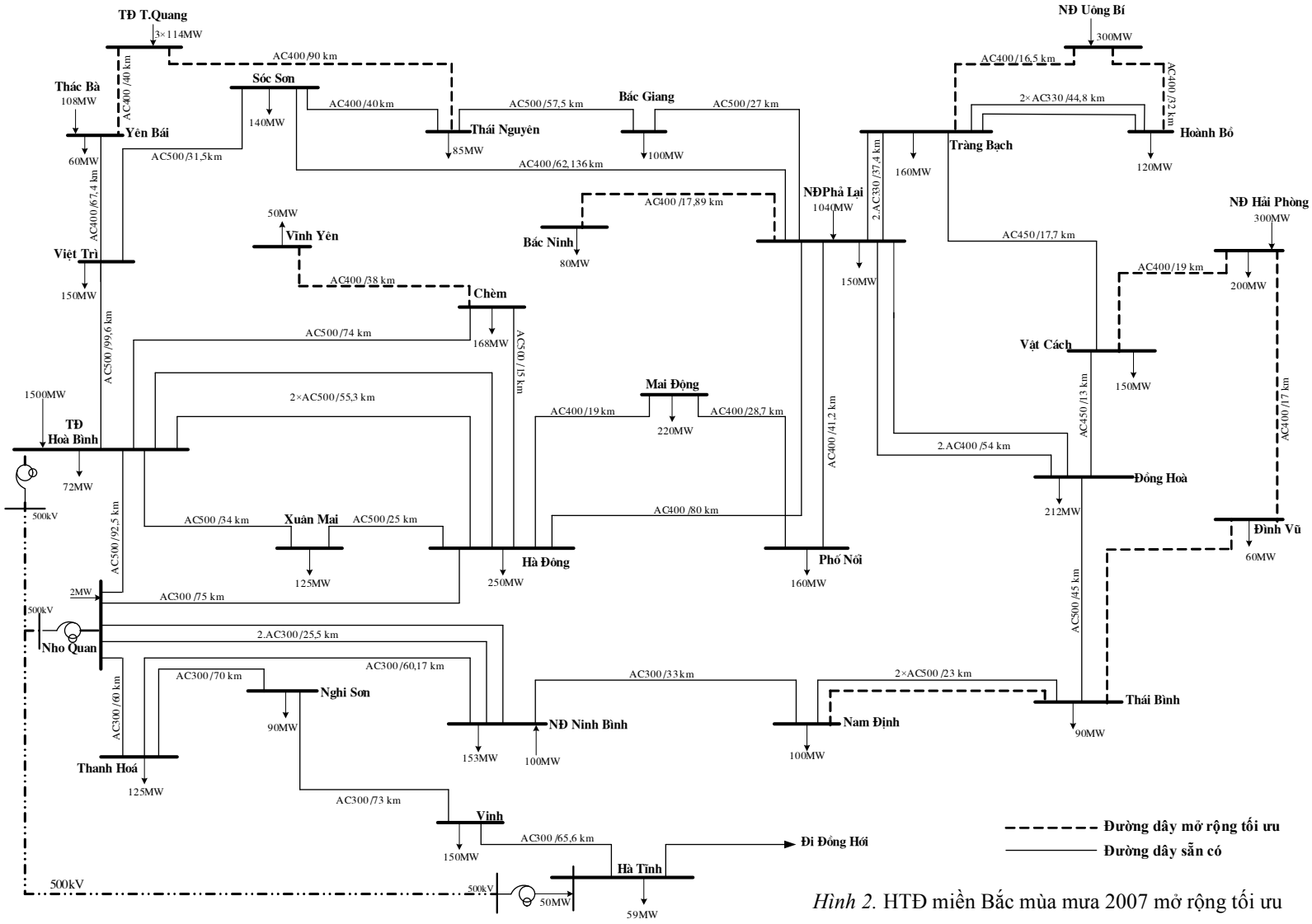
trong đó P_k là dòng công suất truyền trên đường dây k, chính là P_{ij}. $\overline{P_k}$ là khả năng tải của đường dây k. Khả năng tải đường dây k có thể được xác định ngay từ đầu khi xây dựng đường dây. Phụ thuộc vào loại dây, điều kiện ổn định động và ổn định nhiệt...

Bước 7: Quyết định đường dây thứ k cần được loại bỏ, chỉ có ma trận tổng trở cần phải hiệu chỉnh do vectơ trạng thái mới và các dòng công suất nhánh đã được tính trước (bước 10).

Ngược lại, nếu khối 7 quyết định đường dây k cần phải giữ lại, ma trận tổng trở cần được giữ nguyên và vectơ trạng thái phải được phục hồi như trước khi loại đường dây k đi (bước 8); sau đó tiến hành phân tích trên các các đường dây khác.



Hình 2. HTĐ miền Bắc mùa mưa 2007 đã mở rộng



Hình 2. HTĐ miền Bắc mùa mưa 2007 mở rộng tối ưu

Chú ý: Với những giả thiết của cơ sở lí thuyết. Một hệ thống có (n + 1) nút ta sẽ chọn một nút cơ sở với góc trạng thái của nút đó là 0. Do đó cấp của ma trận tổng trở là (n × n).

Quá trình thu hẹp sơ đồ lưới điện sẽ kết thúc khi không còn đường dây nào có thể loại bỏ đi được. Lúc đó ta thu được lưới điện tối ưu so với phương án lưới điện ban đầu đưa ra. Hệ thống điện sau khi thu hẹp vẫn đảm bảo liên kết và không bị quá tải, đảm bảo kinh tế hơn so với sơ đồ ban đầu.

2. Ví dụ minh họa

Sử dụng số liệu hệ thống điện 220 kV miền Bắc năm 2004 gồm 30 nút và 36 đường dây (đường nét liền trong hình 2) làm cơ sở. Đến mùa mưa năm 2007 hệ thống đã được bổ sung 6 nút và công suất tải ở các nút cũ cũng đã thay đổi. Dựa theo vị trí địa lí, trực giác và kinh nghiệm để bổ sung thêm một số đường dây mới có khả năng phải thêm vào để đảm bảo cung cấp điện cho các phụ tải. Có thể thêm rất nhiều đường dây mới, mặc dù chúng có thể thừa và không kinh tế. Dùng chương trình lập theo thuật toán đã trình bày ở trên để tính toán cắt bớt các đường dây kém hiệu quả. Kết quả là sau khi thêm vào 28 đường dây thì chương trình đã cho ta biết cần loại bớt 18 đường dây, chỉ cần giữ lại 10 đường dây. Sơ đồ cuối cùng cũng trùng với kết quả khi quy hoạch bằng các phương pháp khác (hình 3).

III. KẾT LUẬN

Phương pháp *Thu hẹp từng bước* là một công cụ rất tốt để quy hoạch mở rộng lưới điện. Nó khắc phục được những nhược điểm của phương pháp *Nhánh và cận.* Tuy nhiên sau khi đã có kết quả cần phải xét thêm yếu tố độ tin cậy cung cấp điện để quyết định số lộ của mỗi đường dây cũng như điều kiện địa chất nơi có đường dây đi qua. Ví dụ đường dây đi cắt qua một con sông lớn thì cần xét thêm chi phí để vượt sông. Các kết quả tính toán là thích hợp cho lưới điện 220 kV trở lên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. S. Binato, G. C. Oliveira - A greedy Randomized Adaptive Search Procedure for Transmission Expansion Planning, IEEE **9** (5) (2001).
2. X. Wang, J. R. McDonald - Modern Power System Planning, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1993.

SUMMARY

PLANNING & EXPANDING TRANSMISSION NETWORK USING A SUCCESSIVE BACKWARD METHOD

When implementing the short or long term network planning, the existing network will be changed and expanded. A Successive backward method presented in this paper can be used to find the optimal structure of the network. The algorithm of this method is as the followings: At the beginning, lines connected between the existing buses with the new ones will be added to the network. After that the effect of every new line in the system will be assessed by the amount of

power transmitted on it. For the high voltage network, ignoring the thermal loss, the new line with the highest rate of the transmitted power over the invested fund will be considered as the most effective one. When successively eliminating the lines with the lower effectiveness, we must keep some lines that may have a relatively low effectiveness but hold a great influence on the system or other lines. The process will be stopped when no more lines can be singled out to be eliminated.

Địa chỉ:
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Nhận bài ngày 7 tháng 2 năm 2005