

MỘT GIẢI THUẬT MỚI ĐỂ XÁC ĐỊNH GIỚI HẠN ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN NHIỀU NGUỒN VỚI TIÊU CHUẨN BM

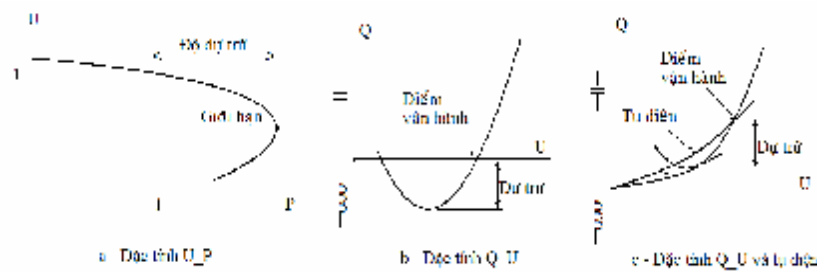
Lưu Hữu Vinh Quang

Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG – HCM

1. GIỚI THIỆU

Các ứng dụng của việc tính toán giới hạn ổn định điện áp của hệ thống điện được đề cập nhiều trong các tài liệu, ví dụ trích dẫn tham khảo như [1],[2],[3],[4],[5],[6],[7],[8],[9].

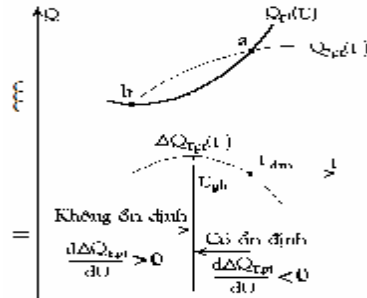
Có thể giới thiệu tóm lược khái niệm về giới hạn ổn định điện áp như sau : trong [1] đưa ra khái niệm giải tích ổn định điện áp với đường đặc tính U_P (xem đồ thị a- Hình 1) hoặc đường đặc tính Q_U (xem đồ thị b- và c- Hình 1).



Hình 1 Đặc tính U_P và Q_U

Áp dụng đường cong U_P cũng là một phương pháp tổng quát để kiểm tra ổn định điện áp. Đường cong U_P hữu ích đối với việc phân tích ổn định điện áp trên các sơ đồ hệ thống điện dạng tia. Phương pháp này cũng được sử dụng cho các hệ thống điện lớn, trong đó P là tổng tải trong một khu vực và U là điện áp tại một nút tiêu biểu. Đại lượng P cũng có thể là công suất truyền dọc theo một đường truyền tải hay là trên đường dây liên kết các hệ thống. Điện áp tại vài nút khác nhau có thể được vẽ trên đồ thị. Khi công suất truyền cực đại thì điện áp đạt trị số giới hạn. Việc truyền tải công suất phản kháng phụ thuộc chủ yếu vào biên độ điện áp, chiều của dòng hướng từ điểm điện áp cao đến điểm điện áp thấp hơn. Khi truyền công suất phản kháng sẽ gặp một số khó khăn : công suất phản kháng khó có thể truyền với góc điện áp lớn. Các đường dây dài có độ lệch góc cao và truyền một lượng lớn công suất P , lúc đó duy trì điện áp xấp xỉ khoảng $(0,95 \rightarrow 1,05) \text{đvtd}$ sẽ gặp khó khăn. Không nên truyền công suất phản kháng trên khoảng cách dài. Còn có các lý do khác để giảm thiểu dòng công suất phản kháng truyền tải, đó là phải cực tiểu hóa tổn hao truyền tải. Cực tiểu hóa tổn hao công suất phản kháng cho phép giữ điện áp ở mức cao, giúp duy trì điện áp ổn định. Trên đồ thị Hình 1 cho thấy trị số điện áp giới hạn mất ổn định là rất gần mức đang vận hành đối với các mức tải lớn. Đối với các hệ thống lớn, các đường cong nhận được bởi một loạt mô phỏng phân bố công suất. Đường cong Q_U được vẽ đối với một nút tiêu biểu xét theo công suất phản kháng tại nút đó. Điện áp là biến độc lập và được biểu thị trên trục hoành.

Trong [2] đã đưa ra phương pháp tính toán giới hạn ổn định điện áp của hệ thống điện một nguồn máy phát theo tiêu chuẩn BM (đề xuất bởi Bruc&Markovitch) dựa trên biến đổi trị số đạo hàm dQ/dU , có thể mô tả tóm tắt dựa trên đồ thị Hình 2.



Hình 2 - Đặc tính Q_U và ΔQ_U

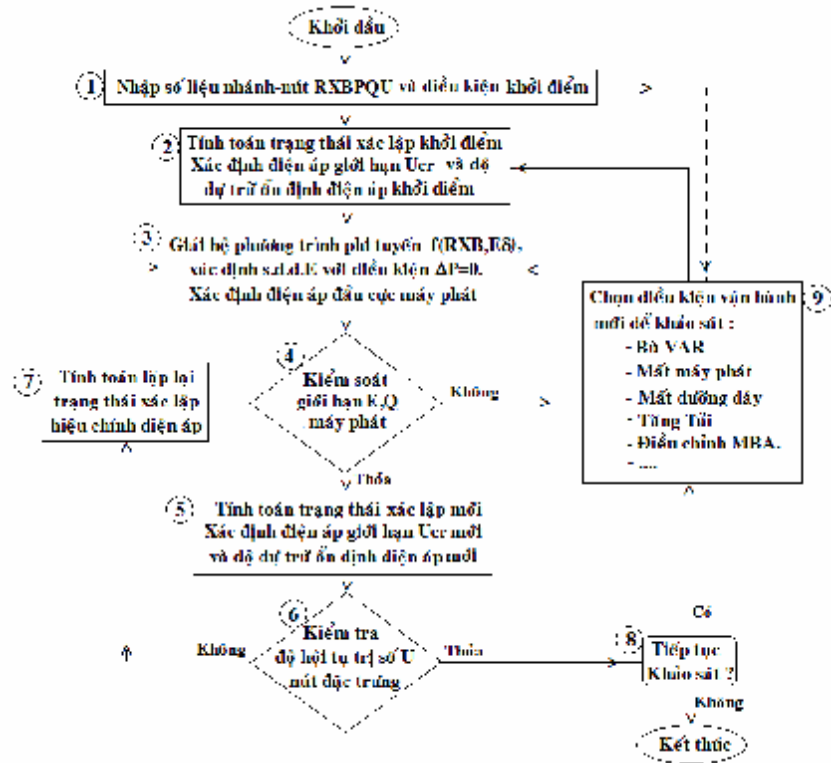
Trên hệ tọa độ Q_U sẽ dựng được đặc tính tĩnh của phụ tải Q_{pt}(U). Giả thiết công suất phát MW không đổi P_F=Const với DP_{pt}=0 thì cũng dựng được đường cong Q_{Fpt}(U,E,d). Nhận được các giao điểm (a) hoặc (b) của các đường cong này, tương ứng với hai trạng thái cân bằng công suất phản kháng. Có thể chứng minh dễ dàng trên đồ thị Q_U rằng : điểm (a) đặc trưng trạng thái cân bằng bền, có ổn định điện áp, còn điểm (b) đặc trưng trạng thái cân bằng không bền, tương ứng với một mức điện áp thấp và sẽ mất ổn định điện áp khi có giao động bé. Từ đó có thể dựng được đường cong ΔQ_{Fpt}(U). Khi giảm sức điện động E thì đường đặc tính Q_{Fpt}(U,E,d) hạ thấp, làm cho các điểm (a) và (b) sẽ có xu hướng tiến đến một điểm tiếp xúc duy nhất giữa 2 đường cong Q_{Fpt}(U) và Q_{pt}(U). Trên đặc tính ΔQ_{Fpt}(U), tọa độ $\frac{d\Delta Q_{Fpt}}{dU} = 0$ sẽ xác định điện áp giới hạn

(U_{gh}) mà trong hệ thống có thể phát sinh tình trạng sụp đổ điện áp với một mức kích từ máy phát, mà được đặc trưng bởi trị số sức điện động E_{min} tối thiểu của nguồn máy phát của hệ thống điện. Ở trạng thái bình thường thì hệ thống có điện áp lớn hơn mức giới hạn (U > U_{gh}), trạng thái xác lập quy ước của hệ thống có thể đủ tiêu chuẩn ổn định điện áp. Quan sát trên đồ thị Hình 2 nhận thấy : khi trạng thái xác lập tiến đến giới hạn ổn định điện áp , đặc trưng bởi thông số điện áp U → U_{gh} , thì $\frac{d\Delta Q_{Fpt}}{dU} \approx 0$. Trong [2] có mô tả sơ bộ về cách tính toán giới hạn ổn định điện

áp đối với hệ thống có nguồn điện gồm nhiều máy phát song song, tuy nhiên không đưa ra giải thuật đối với hệ thống điện nhiều nguồn mà có sơ đồ mạng truyền tải điện kết nối bất kỳ. Phương pháp giải tính giới hạn ổn định điện áp của hệ thống điện một nguồn nêu trong [2] không thể áp dụng tổng quát trực tiếp cho hệ thống điện nhiều nguồn, ngay cả khi các nguồn kết nối trên các tuyến truyền tải song song thì cũng cần phải có sự thay đổi giải thuật một cách phù hợp để có thể áp dụng được tiêu chuẩn BM.

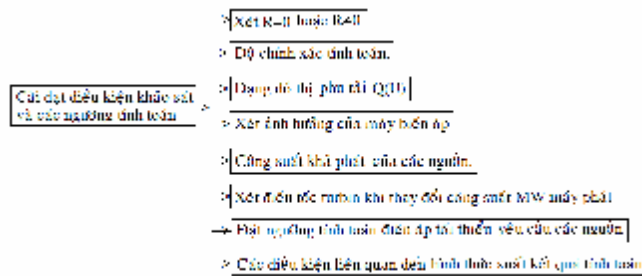
2. XÂY DỰNG GIẢI THUẬT TÍNH TOÁN GIỚI HẠN ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP HỆ THỐNG ĐIỆN NHIỀU NGUỒN THEO TIÊU CHUẨN BM

Nội dung luận điểm xây dựng giải thuật khảo sát ổn định điện áp đã được đề cập chi tiết ở các trang từ 34 đến 40 của [9]. Có thể lập được sơ đồ khối chương trình tính toán như trên Hình 3:



Hình 3. Sơ đồ khối chương trình khảo sát ổn định điện áp theo tiêu chuẩn BM

Thuyết minh nội dung của các khối tính toán của sơ đồ tiến trình biểu diễn trên Hình 3.
Khối số 1. Có nội dung tính toán được biểu thị tóm tắt như trên sơ đồ Hình 4.



Hình 4 - Khối tính toán số 1.

Tùy theo mục đích phân tích ổn định điện áp đối với mỗi lớp bài toán cần khảo sát mà có thể xử lý quan hệ biến áp khởi điểm của các nhánh biến áp có mặt trong sơ đồ hệ thống, có thể sử dụng đầu nấc phân áp thứ 0 hoặc đầu nấc phân áp ngoài định mức, dựa trên mô hình hóa quan hệ biến áp trên cặp nút (i-j) bởi phương trình ma trận quan hệ dòng-áp với sơ đồ p dạng cơ bản.

Khối số 2. Tính toán trạng thái xác lập của hệ thống với điều kiện đã định trước ở khối số 1. Vectơ biến trạng thái x (là U,d tại các nút PQ và d,Q tại các nút PU) được xác định bởi hệ :

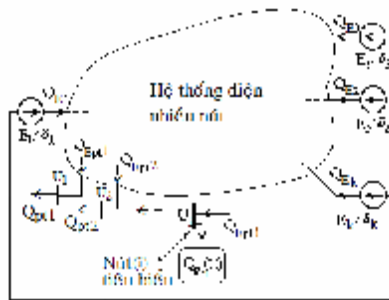
$$[x]_{(t+1)} = [x]_{(t)} + \left[\frac{df(x)}{dx} \right]_{(t)}^{-1} \cdot [DF(x)]_{(t)} \quad (1)$$

trong đó $[DF(x)]_{(t)}$ là độ lệch vector hàm trạng thái xác lập thứ (t). Chu trình tính lặp đến bước (t+1) sao cho thỏa điều kiện $\| [DF(x)]_{(t+1)} \| \leq \epsilon$.

Đặc tính phụ thuộc điện áp P(U) và Q(U) của phụ tải tổng hợp tại các nút được áp dụng ở trạng thái mặc định để xét sự ảnh hưởng của phụ tải đến giới hạn ổn định điện áp. Các hệ số của đặc tính tổng hợp phụ tải đã được xác định từ khi thực hiện khối tính toán số 1.

Khi đã tính được vector biến trạng thái khởi điểm, nút điện áp tiêu biểu thứ (j) được chọn và xác định được các phần tử $(g_{EiUj} + jb_{EiUj})$ thuộc ma trận tổng dẫn tương hỗ giữa các nguồn (i) với nút (j). Các trị số sức điện động đồng bộ $E_i \angle \delta_i$ của nguồn thứ (i) cũng được xác định. Biểu thức $Q_{Ept-j}(U)$ đối với nút tiêu biểu thứ (j) được tính theo phương trình :

$$Q_{Ept-j} = \sum_{i=1}^{Ng} U_j E_i (b_{E_i U_j} \cos d_{ij} - g_{E_i U_j} \sin d_{ij}) ; \quad (2)$$



Hình 5. Mô hình hệ thống điện nhiều nguồn

Sử dụng biểu thức $Q_{Ept-j}(U)$ nhận được ở trên, khi áp dụng các thủ tục tính toán thích hợp và kết hợp với đặc tính phụ tải tổng cộng $Q_{pts}(U)$ đã được định trước ở khối số 1, thì có thể đánh giá được trị số điện áp giới hạn và độ dự trữ ổn định điện áp ở trạng thái khởi đầu đối với toàn hệ thống gồm có (Ng) nguồn máy phát. Các tọa độ điểm của các đồ thị đẳng trị đối với nút tiêu biểu $DQ_{Sj}(U)$, $Q_{Ept-j}(U)$ và $Q_{ptjs}(U)$ cũng được lưu trữ, sử dụng các tọa độ này cho phép quan sát và ước tính điện áp giới hạn đẳng trị tiêu biểu của hệ thống.

Các trị số điện áp nút của toàn bộ hệ thống được ghi nhận làm trạng thái điện áp cơ sở của hệ thống, các trị số này cho phép dựng các đồ thị $DQ_{Sj}(U)$, $Q_{Ept-j}(U)$ và $Q_{ptjs}(U)$ đủ chính xác và ước tính được điện áp giới hạn ngay tại nút (j) bất kỳ cũng như tính độ dự trữ ổn định điện áp của nút thứ (j) bất kỳ trong hệ thống so với trạng thái cơ sở.

Khối số 3 và Khối số 4. Nội dung tính toán tại các khối số 3 và số 4 thực chất bao gồm nhiều chu trình tính lặp. Thông thường có khoảng trên 10 chu trình tính lặp. Mỗi chu trình tính lặp có nhiệm vụ xác định một trạng thái xác lập nặng nề hơn trạng thái cơ sở, vector sức điện động của các nguồn được xác định theo hướng giảm độ dự trữ VAR của mỗi nguồn tương ứng với điều kiện tổng tải MW không đổi tại các nút và công suất MW của các nút nguồn PU không thay đổi. Khi độ dự trữ VAR bị giảm dần ở các nguồn thì mật bằng điện áp hệ thống bị xấu dần đi, làm tăng tổn hao MW và tổn hao MVAR trên các phần tử RX của các tuyến truyền tải. Mức độ nặng nề của hệ thống tác động đến các nguồn được kiểm soát thỏa mãn khả năng phát PQ của các máy phát – thông số khả phát PQ của các nguồn đã được xác định từ ở khối số 1, tuân thủ đường cong giới hạn phát nóng stator và rôto.

Hệ phương trình phi tuyến giải tìm vector biến trạng thái E_q (gồm các sức điện động đồng bộ e_q của các nguồn đặt sau cảm kháng đồng bộ dọc trục X_d), với phép mô phỏng tuyến tính hóa được xác định bởi :

$$[E_q]_{(t+1)} = [E_q]_{(t)} + \left[\frac{[F_E(e_q)]}{[e_q]} \right]_{(t)}^{-1} \cdot [DF_E(e_q)]_{(t)} ; \quad (3)$$

trong đó $[DF_E(e_q)]_{(t)}$ là độ lệch vector hàm trạng thái xác lập thứ (t). Áp dụng tính lặp đến bước (t+1) sao cho thỏa điều kiện $\| [DF_E(e_q)]_{(t+1)} \| \leq \epsilon$.

Các trị số sức điện động đồng bộ $e_{iq} Dd_i$ của nguồn thứ (i) tương ứng với trạng thái giảm dự trữ nguồn VAR đã được xác định. Như vậy có thể xác định được biểu thức $Q_{Ept-j}(U)$ đối với nút tiêu biểu thứ (j) theo phương trình :

$$Q_{Ept-j} = \sum_{i=1}^{Ng} U_j e_{iq} (b_{E_i U_j} \cos d_{ij} - g_{E_i U_j} \sin d_{ij}) ; \quad (4)$$

Sử dụng biểu thức $Q_{Ept-j}(U)$ nhận được ở trên, khi áp dụng các thủ tục tính toán thích hợp và kết hợp với đặc tính phụ tải tổng cộng $Q_{pjs}(U)$ đã được định trước ở khối số 1, thì có thể đánh giá được trị số điện áp giới hạn và độ dự trữ ổn định điện áp ở trạng thái giảm dự trữ nguồn VAR đối với toàn hệ thống. Từ các vector sức điện động đồng bộ $e_{iq} Dd_i$ có thể xác định được điện áp ở đầu cực các nguồn phát, tương ứng với các nút PU của hệ thống điện trong trạng thái giảm dự trữ nguồn VAR. Ở trạng thái vận hành hệ thống giảm độ dự trữ VAR của các nguồn thì trị số điện áp giới hạn có thể rất thấp, chỉ còn khoảng (65→75)% so với định mức. Nếu thiếu dự trữ nguồn VAR, hệ thống đang có diễn biến trạng thái suy giảm điện áp lọt vào trong vùng tiến đến giới hạn mất ổn định, thì ngay lúc đó nếu xảy ra một tác động vận hành có gây đột biến cấu trúc hệ thống (ví dụ : một thao tác đóng-cắt phần tử truyền tải) sẽ dễ dàng làm mất ổn định điện áp.

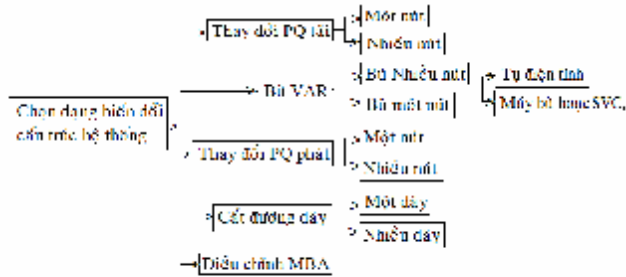
Khối số 5. Ở đây giải quyết bài toán xác định trạng thái xác lập giới hạn với các sức điện động $e_{iq} Dd_i$ đã tính được từ ở khối số 3 và số 4 với độ dự trữ ổn định VAR của các nguồn đã bị giảm. Khi độ dự trữ VAR giảm ở các nguồn thì mặt bằng điện áp hệ thống bị xấu đi, làm tăng tổn hao MW trên các phần tử R của các tuyến truyền tải. Mức độ nặng nề của hệ thống tác động đến các nguồn có thể được kiểm soát thỏa mãn khả năng phát công suất P của các máy phát theo độ dốc trung bình của đặc tính điều tốc của turbin. Khi tính toán trạng xác lập giới hạn có thể xem như quá trình điều tần của hệ thống đã có hiệu lực, tần số hệ thống đang được điều chỉnh theo yêu cầu kỹ thuật. Chương trình cũng cho phép tính toán trạng thái xác lập giới hạn bởi điều chỉnh công suất P chỉ của nguồn cân bằng, còn công suất P của các nguồn khác được giữ không thay đổi.

Khối số 6 và khối số 7. Kiểm soát độ chính xác của trạng thái xác lập giới hạn với mức giảm dự trữ VAR của các nguồn bằng cách so sánh sai số DU_j của trị số điện áp nút tiêu biểu thứ (j) được tính ở khối số 3 so với trị số đã tính ở khối số 5. Nếu $|DU_j| > 0,001$ thì tính lại trạng thái xác lập để quay về thực hiện lại nội dung tính toán của khối số 3. Vòng tính lặp quay lại khối số 3 có thể xảy ra vài lần, ở những lần tính sau thì số lượng vòng tính lặp ngay trong khối số 3 sẽ giảm dần cho đến 1, đây cũng là dấu hiệu để không phải lặp lại vòng tính toán đối với hai khối số 3 và số 4.

Khi đã thỏa mãn điều kiện $|DU_j| \leq 0,001$ thì các trị số điện áp nút của toàn bộ hệ thống được ghi nhận là trạng thái điện áp giới hạn tính toán của hệ thống với sự giảm độ dự trữ VAR của các nguồn tương ứng với một tổng tải MVA của hệ thống không đổi, các trị số này cho phép dựng các đồ thị $DQ_j(U)$, $Q_{Ept-j}(U)$ và $Q_{ptj}(U)$ đủ chính xác và phù hợp với điện áp giới hạn tính được ngay tại nút tải tiêu biểu thứ (j) được quan sát, cũng như tính được độ dự trữ ổn định điện áp của nút này trong hệ thống so với trạng thái điện áp cơ sở ban đầu.

Khối số 8. Có thể kết thúc quá trình phân tích ổn định điện áp với kết quả trạng thái điện áp giới hạn tính toán của hệ thống đã được xác định xong ở khối số 6 và số 7 đối với cấu trúc trạng thái cơ sở hiện hữu đã được quyết định ở ngay khởi đầu thi hành chương trình. Cũng có thể chuyển sang khối số 9 để tính toán tiếp tục phân tích ổn định điện áp với các hình thái thay đổi cấu trúc hệ thống so với cấu trúc trạng thái xác lập cơ sở.

Khối số 9. Khối số 9 thực chất cũng là khối tính toán quyết định điều kiện khởi điểm, có thể được áp dụng ngay khi khởi đầu chương trình phân tích ổn định điện áp. Khi khối này được chọn áp dụng thì một dạng biến đổi cấu trúc hệ thống được ấn định để khảo sát ổn định điện áp. Các dạng thay đổi cấu trúc hệ thống có thể được chọn theo các tiến trình tóm tắt như trên Hình 6.



Hình 6 - Khối tính toán số 9.

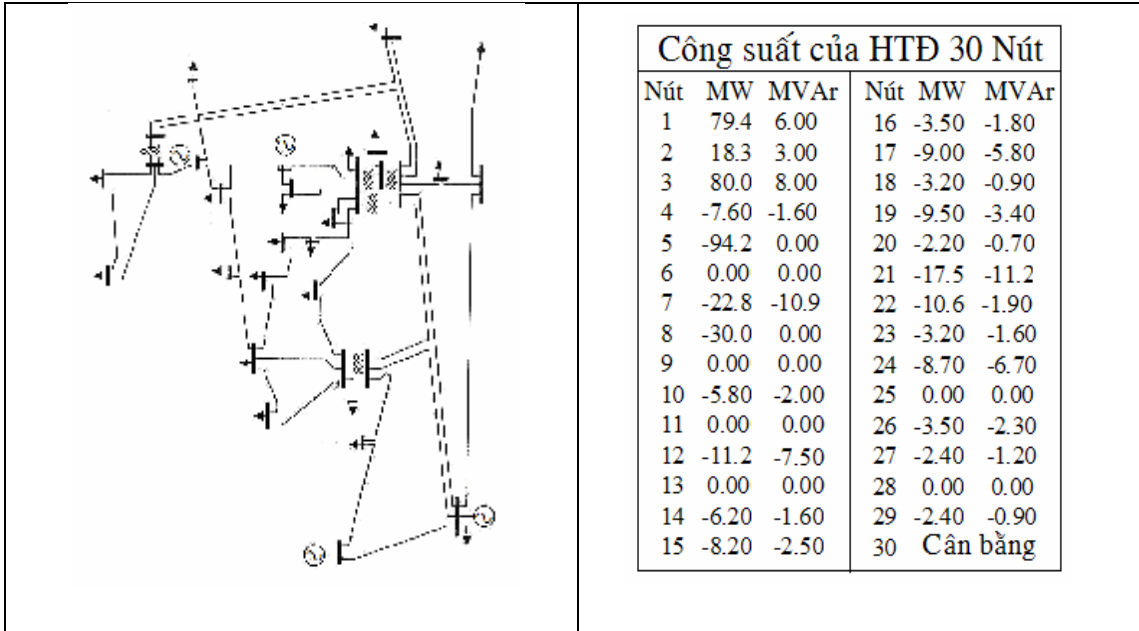
Đối với tiến trình tính toán biến đổi tăng tải thì mức độ tăng công suất máy phát có thể được kiểm soát bởi độ dốc trung bình của đặc tính điều tốc của turbin. Khi tính toán trạng xác lập giới hạn có thể xem như quá trình điều tần của hệ thống đã có hiệu lực, tần số hệ thống đã thỏa mãn điều kiện kỹ thuật.

Khi chọn tiến trình khảo sát ảnh hưởng bù VAR đến ổn định điện áp, nếu biểu diễn kết quả trên các loại đồ thị $Q(U)$ thì đặc tính biến đổi công suất phát theo điện áp của tụ điện tại một nút thứ (j) cũng được xét cộng chung vào đặc tính phụ tải tại nút đó.

Các tiến trình tính toán khác có thể được chọn, và sau đó sẽ tiến hành thực hiện lần lượt các khối tính toán từ số 2 đến số 8 với nội dung tương tự như đã mô tả ở trên.

3. VÍ DỤ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN TRÊN SƠ ĐỒ HỆ THỐNG ĐIỆN TIÊU CHUẨN IEEE

Sơ đồ hệ thống điện tiêu chuẩn 30 nút (xem Hình 7) được tham khảo IEEE Trans. on Power System. Vol.17, No1, February 2002. Tập số liệu thông số nhánh RXB(đvtd) và PQ(MVA) nút được ghi trong bảng. Các nút máy phát ghi số 1,2,3 và nút số 30 là nguồn máy phát cân bằng, còn lại là các nút tải với công suất tải PQ được ghi đầu trừ.



(i)	(j)	R(i,j)	X(i,j)	B(i,j)/2	(i)	(j)	R(i,j)	X(i,j)	B(i,j)/2
1	10	0.0727	0.1499	0	9	10	0	0.11	0
1	21	0.0232	0.0472	0	9	11	0	0.208	0
1	24	0.115	0.179	0	10	17	0.0324	0.0845	0
2	4	0.057	0.1737	0.0366	10	20	0.0936	0.209	0
2	5	0.0472	0.1983	0.0418	10	21	0.0348	0.0749	0
2	8	0.0581	0.1783	0.0374	12	13	0	0.14	0
2	30	0.0192	0.0575	0.0528	12	14	0.1231	0.2559	0
3	22	0.3202	0.6027	0	12	15	0.0862	0.1304	0
3	25	0.1093	0.2087	0	12	16	0.0945	0.1987	0
3	28	0	0.792	0	14	15	0.221	0.1997	0
3	29	0.2198	0.4153	0	15	18	0.1073	0.2185	0
4	6	0.0119	0.0414	0.009	15	23	0.1	0.202	0
4	12	0	0.256	0	16	17	0.0824	0.1923	0
4	27	0.0132	0.0379	0.0084	18	19	0.0839	0.1292	0
5	7	0.046	0.116	0.0204	19	20	0.034	0.068	0
6	7	0.0267	0.082	0.017	22	29	0.2399	0.4533	0
6	8	0.012	0.042	0.009	23	24	0.132	0.27	0
6	9	0	0.208	0	24	25	0.1885	0.3292	0
6	10	0	0.556	0	25	26	0.2544	0.38	0
8	28	0.0507	0.1797	0.00433	27	30	0.0452	0.1852	0.0408
8	28	0.0636	0.2	0.0426					

Hình 7. Sơ đồ hệ thống điện 30 nút IEEE và bảng thông số tính toán.

Khảo sát sự thay đổi thông số giới hạn ổn định điện áp với các điều kiện vận hành như sau:

Điều kiện A : xét trạng thái cơ sở để so sánh sự biến đổi của thông số giới hạn ổn định điện áp.

Điều kiện B : xét trạng thái vận hành hệ thống khi đặt tụ điện 7,5MVar tại nút số 12 (bù tải 100%).

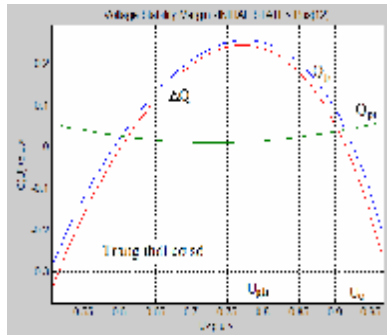
Điều kiện C : xét trạng thái bị mất một tổ máy phát tại nguồn số 1, chỉ còn phát $S_{1F}=(50+j10)MVA$.

Điều kiện D : xét trạng thái vận hành hệ thống điện khi bị cắt đoạn đường dây (12-15).

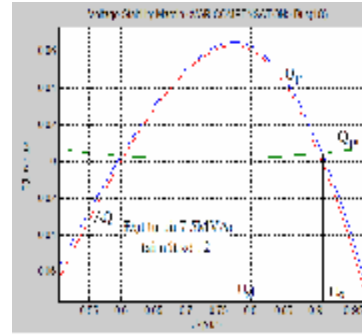
3.1. Quan sát đồ thị biểu diễn sự thay đổi giới hạn ổn định điện áp đối với nút số 18:

Nhận được các đồ thị kết quả khảo sát các điều kiện vận hành, gồm : Đồ thị Hình 8 : điều kiện A;

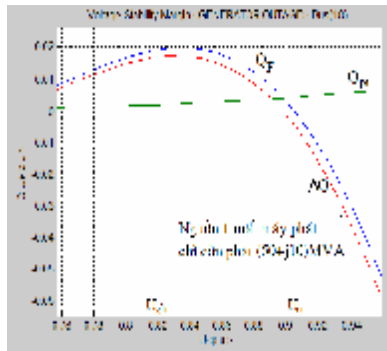
Đồ thị Hình 9 : điều kiện B; Đồ thị Hình 10 : điều kiện C; Đồ thị Hình 11 : điều kiện D.



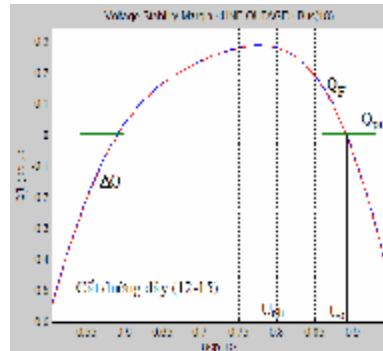
Hình 8 - Trạng thái cơ sở



Hình 9 - Điện áp điện 7,54kV Ac tại nút số 12.



Hình 10 - Nguồn 1 chỉ phát (50+10)MVA



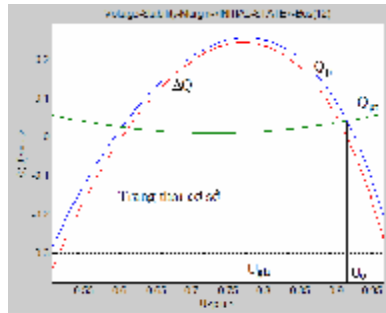
Hình 11 - Cáp đường dây (12-15)

Các điều kiện vận hành	Điện áp khởi điểm	Điện áp giới hạn an toàn nút 18	Độ dự trữ an toàn điện áp	Điện áp giới hạn mất ổn định điện áp	Độ dự trữ giới hạn điện áp
Điều kiện A	0,903	0,89	16,5%	0.743	17,7%
Điều kiện B	0,913(tăng)	0,898	13,9%(giảm)	0.773	15,3%(giảm)
Điều kiện C	0,9(giảm)	0,871	5,1%(giảm)	0.827	8,8%.(giảm)
Điều kiện D	0,895(giảm)	0,887	12,6%(giảm)	0.775	13,4%(giảm)

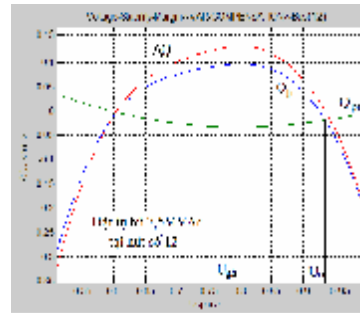
3.2. Quan sát đồ thị biểu diễn sự thay đổi giới hạn ổn định điện áp đối với nút số 12 :

Nhận được các đồ thị kết quả khảo sát các điều kiện vận hành, gồm : Đồ thị Hình 12 : điều kiện A;

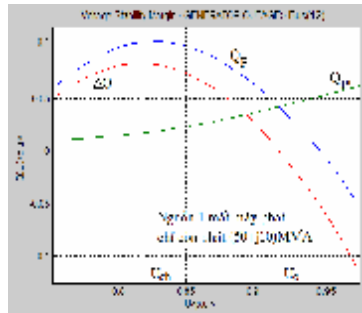
Đồ thị Hình 13 : điều kiện B; Đồ thị Hình 14 : điều kiện C; Đồ thị Hình 15 : điều kiện D.



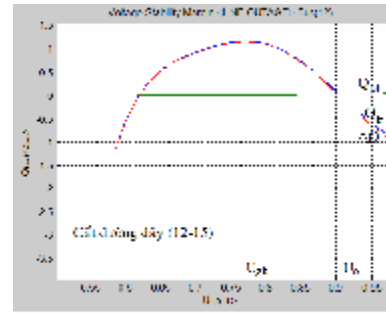
Hình 12 Trạng thái cơ sở.



Hình 13 Đặt tụ điện 7,5MVar tại nút số 12



Hình 14 Nguồn L chỉ phải (50+ j0)MVA



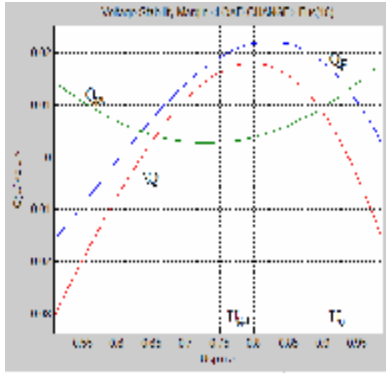
Hình 15 - Cắt đường dây (12-15)

Các điều kiện vận hành	Điện áp khởi điểm	Điện áp giới hạn an toàn nút 12	Độ dự trữ an toàn điện áp	Điện áp giới hạn mất ổn định điện áp	Độ dự trữ giới hạn điện áp
Điều kiện A	0,916	0,904	14,1%	0,776	15,3%
Điều kiện B	0,93(tăng)	0,916	12,7%(giảm)	0,8	14%(giảm)
Điều kiện C	0,92(tăng)	0,88	4,5%(giảm)	0,82	9,9%(giảm)
Điều kiện D	0,921(tăng)	0,902	14,5%(tăng)	0,771	16,3%(tăng)

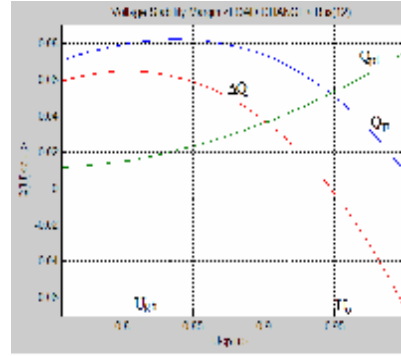
Nhận xét : Nút tải số 12 là nút có trị số điện áp cao hơn so với điện áp nút 18, nhưng độ dự trữ ổn định điện áp thấp hơn. Nếu đặt tụ điện tĩnh 7,5MVar tại nút số 12 thì điện áp được cải thiện tại nút 12 và tại nút 18 (lân cận), tuy nhiên trị số độ dự trữ ổn định điện áp của các nút này bị giảm. Điều này cũng có thể được giải thích bởi mô phỏng toán học : trị số dung dẫn của tụ điện sẽ được tính cộng thêm vào trị số phân tử tổng dẫn $y(12,12)$ trên đường chéo chính của ma trận tổng dẫn nút của hệ thống và làm giảm trị số $y(12,12)$, như vậy khi xét về quan hệ toán học sẽ làm giảm tính trội của ma trận tổng dẫn nút, tức là dẫn đến làm giảm khả năng xác định nghiệm điện áp mô phỏng trạng thái xác lập hệ thống và điều này được phản ánh ở trị số bị giảm của độ dự trữ ổn định điện áp của nút 12 (cũng như của nút 18 ở vị trí lân cận) khi có đặt tụ điện tại nút số 12.

3.3. Đồ thị thông số giới hạn ổn định điện áp khi tăng công suất tải của nút số 18

Ban đầu công suất tải nút 18 được cho là $S_{18} = -(3,2 + j0,9)MVA$. Giả thiết tải của nút 18 có trị số định mức mới, công suất tăng lên là $S_{18} = -(5 + j2)MVA$. Trạng thái khởi đầu được tính toán với điện áp các nút nguồn đều được giữ trị số bằng 1. Đồ thị thông số giới hạn ổn định điện áp của nút 18 và nút 12 được biểu thị trên các Hình 16 và Hình 17.



Hình 16 - Giới hạn ổn định điện áp nút 18



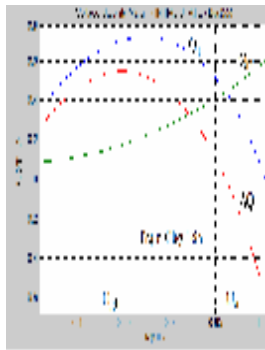
Hình 17 - Giới hạn ổn định điện áp nút số 12

Thông số Nút	Điện áp khởi điểm	Điện áp giới Hạn an toàn	Độ dự trữ an toàn điện áp	Điện áp giới hạn mất ổn định điện áp	Độ dự trữ giới hạn điện áp
Nút tải số 18	0,938	0,88	9,3%(giảm)	0.798	14,9%(giảm)
Nút tải số 12	0,947	0,895	9,8%(giảm)	0,807	14,8%(giảm)

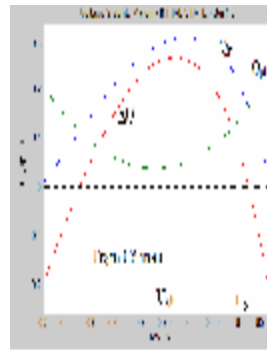
4. VÍ DỤ KẾT QUẢ ÁP DỤNG TRÊN SƠ ĐỒ HỆ THỐNG ĐIỆN MIỀN NAM VIỆT NAM GIAI ĐOẠN NĂM 2003 - 2004

Sơ đồ tính toán hệ thống điện miền Nam giai đoạn năm 2003 được thành lập gồm 147 nút. Thông số RXB đường dây, Trạm 220-110kV và công suất PQ được cấp bởi cơ quan Điện lực. Điều kiện tính toán được thực hiện với 10 nguồn phát công suất gồm các nhà máy điện Thủ Đức, Bà Rịa, Đa Nhim, Trị An, Hàm Thuận, Thác Mơ, Đami, Hiệp Phước, Trà Nóc, Phú Mỹ và tổng tải của hệ thống là 3036MW. Giới hạn ổn định điện áp được tính toán với điều kiện vận hành khởi điểm điện áp các nguồn được giữ bằng 1. Số liệu kết quả tính toán được trích dẫn minh họa trong bảng sau đây:

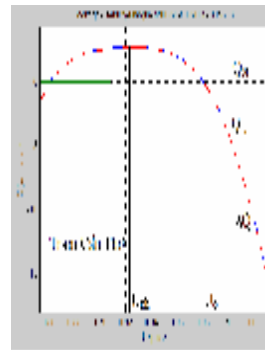
Hình	Trạm Biến áp	Điện áp khởi điểm	Điện áp giới hạn an toàn nút 12	Độ dự trữ an toàn điện áp	Điện áp giới hạn mất ổn định điện áp	Độ dự trữ giới hạn điện áp
18	Chợ lớn	0,959	0,949	10,3%	0.849	11,5%
19	Cà mau	0,93	0,873	11,8%	0,77	17,2%
20	Cần Thơ	0,983	0,977	5,6%	0,923	6,1%
21	Trường đua	0,958	0,946	6,2%	0,888	7,3%
22	Hòa Xa	0,962	0,948	8%	0,872	9,4%
23	Hóc môn	0,969	0,957	11,3%	0,849	12,4%
24	Thủ Đức Bắc	0,981	0,958	6,9%	0,891	9,2%
25	Bến Thành	0,958	0,939	7,6%	0,868	9,4%



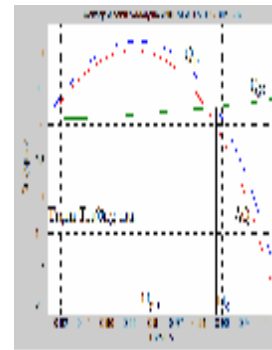
Hình 18 - Đồ thị Q(t) trạm Cà Mau



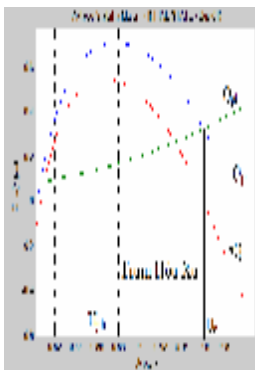
Hình 19 - Đồ thị Q(t) trạm Cà Mau



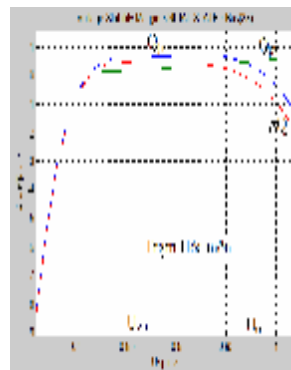
Hình 20 - Đồ thị Q(t) trạm Cà Mau



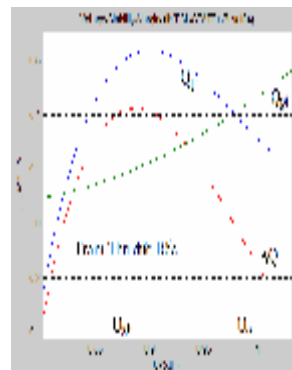
Hình 21 - Đồ thị Q(t) trạm Trung An



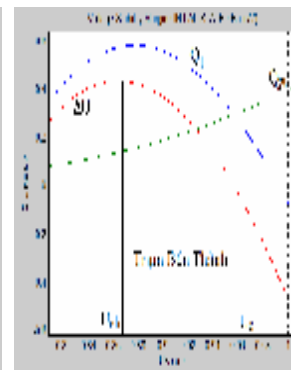
Hình 22 - Đồ thị Q(t) trạm Hòa Xuân



Hình 23 - Đồ thị Q(t) trạm Hòa Xuân



Hình 24 - Đồ thị Q(t) trạm Thủ Đức Bắc



Hình 25 - Đồ thị Q(t) trạm Bến Thành

Nhận xét : Ở khu vực lưới điện miền Tây Nam bộ, trạm Cà mau có điện áp vận hành thấp nhưng độ dự trữ ổn định điện áp không phải là thấp nhất, trong khi trạm Cần Thơ có điện áp vận hành cao hơn Trạm Cà mau nhưng độ dự trữ ổn định điện áp rất thấp, dễ bị mất ổn định điện áp, do đó cần phải xem xét áp dụng biện pháp kỹ thuật hỗ trợ điện áp vận hành đối với khu vực lân cận trạm Cần Thơ. Ở khu vực lưới điện thành phố Hồ Chí Minh có các trạm tải nặng với độ dự trữ ổn định điện áp thấp, ví dụ như : Bến Thành, Hòa Xuân, Trường đua, Thủ đức Bắc... Trong điều kiện vận hành thực tế, nếu xảy ra tình huống biến động dẫn đến bị giảm điện áp khẩn cấp thì phải tính toán phương thức vận hành chống sự cố cần thiết, không để cho trị số điện áp tại các nút suy giảm tiến đến mức $U=0,9$ (đvtd); bởi vì khi điện áp giảm thấp hơn trị số này sẽ dẫn đến hiện tượng sụp đổ điện áp các khu vực trọng điểm, sẽ gây ra hậu quả thiệt hại nghiêm trọng.

5. PHÂN TÍCH VÀ KẾT LUẬN.

Nhiều tác giả đã đề nghị các quy trình tính toán khác nhau để xác định giới hạn ổn định điện áp của hệ thống điện, đã được tổng quan tóm lược từ trang 19 đến 33 của [9]. Đặc điểm chính của các quy trình tính toán này là tăng dần mức tải của hệ thống, và xác định giới hạn ổn định điện áp nhờ áp dụng phép tính phân bố công suất dự báo hiệu chỉnh liên tục như đề cập ở trang 1012 đến 1016 của [3], hoặc nhờ áp dụng phép định dạng đường cong tổng quát như đề cập trong [6], cũng có thể áp dụng phép thăm dò hai chiều như [5]. Giải thuật tính toán giới hạn ổn định điện áp do chúng tôi đề xuất không áp dụng sự tăng dần mức tải MW của hệ thống, mà tính toán liên tiếp xác định các mức độ phối hợp các trị số sức điện động của các nguồn phát có thể gây ra mất bằng điện áp hệ thống xấu dần và tiến đến giới hạn sụp đổ điện áp như đã đề cập ở khối tính toán số 3, số 4 và số 5 (xem Hình 3). Kết quả tính được trị số điện áp giới hạn theo giải thuật của chúng tôi

đã phản ánh được đặc điểm sự cố sụp đổ điện áp hệ thống điện đã xảy ra trong thực tế, mà được tổng kết ở trong [1],[2],[3].

Khi đặt tụ điện tĩnh để bù VAR tại một nút trong hệ thống thì điện áp được cải thiện tại nút đó và tại các nút lân cận, tuy nhiên độ dự trữ ổn định điện áp thường bị giảm đi, do đó cần phải tính toán trước, nhằm chỉ định biện pháp kiểm soát vận hành hệ thống thích hợp để tránh mất ổn định điện áp khi xảy ra sự biến động ngẫu nhiên của một trạng thái xác lập.

Trong khi vận hành hệ thống điện có thể có các thao tác đóng-cắt phần tử hệ thống làm thay đổi thông số cấu trúc hệ thống, như vậy sẽ dẫn đến sự thay đổi độ dự trữ ổn định điện áp, tùy theo cấu trúc hệ thống mà một số nút sẽ có độ dự trữ ổn định điện áp tăng lên và một số nút khác sẽ có độ dự trữ ổn định điện áp giảm đi, các tình huống này cần phải được tính toán khảo sát trước để có thể chỉ định phương thức vận hành an toàn đối với hệ thống điện.

Chương trình được thiết lập đủ chức năng làm công cụ đối chiếu cơ bản để nghiên cứu phát triển các phương pháp tính toán giới hạn ổn định điện áp. Chương trình cũng đã được áp dụng trong công tác giảng dạy trong các năm qua tại trường Đại học Bách Khoa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Carson Taylor. *Power System Voltage Stability*. McGrawHill, (1994).
- [2]. V.Venikov. *Transient Processes in Electrical Power Systems*. Mir Publishers Moscow, (1980).
- [3]. Prabha Kundur. *Power System Stability and Control*. McGrawHill, (1994).
- [4]. V. Ajjarapu, P.L.Lau, S. BattuLa. *An optimal reactive power planning strategy against voltage collapse*. IEEE Trans. On Power System Vol.9 N^o2May, (1994).
- [5]. T.V.Cutsem,C.Moisse,R.Mailhot. *Determination of secure operating limit with respect to voltage collapse*. IEEE Trans. On Power System Vol.14 N^o1February, (1999).
- [6]. Zhihong Jia, B.Jeyasurya. *Contingency Ranking for On-line Voltage Stability Assesement*. IEEE Trans. On Power System Vol.15 N^o3August, (2000).
- [7]. A.J.Flueck, R.Gonella, J.R.Dondeti. *A New Power Sensitivity Method of Ranking Branch Outage Contingencies for Voltage Collapse*. IEEE Trans.on Power System Vol.17N^o2May, (2002).
- [8]. C.Vournas, M.Karystianos. *Load Tap Changers in Emergency and Preventive Voltage Stability Control*. IEEE Trans.on Power System Vol.19N^o1February, (2004).
- [9]. Lưu Hữu Vinh Quang. *Chương trình tính toán giới hạn ổn định điện áp của hệ thống điện nhiều nguồn*. 61 trang. Chứng nhận bản quyền tác giả số 251/2005/QTG – Ngày 4/3/2005.