

CÁC NGHIÊN CỨU VÀ CẢI THIỆN ỔN ĐỊNH ĐỐI VỚI HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM

Nguyễn Văn Liêm*, Trần Quốc Tuấn**, Nguyễn Bội Khuê*, Nguyễn Chu Hùng*

** Đại Học Bách Khoa Grenoble, * Đại Học Bách Khoa-ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 16 tháng 5 năm 2002, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 07 tháng 8 năm 2002)

TÓM TẮT: Sự phát triển nhảy vọt về cả chất và lượng cũng như độ phức tạp của hệ thống điện Việt Nam chúng ta hiện nay đòi hỏi phải có những nghiên cứu tỉ mỉ và chính xác sự ổn định của hệ thống nhằm đưa ra các chiến lược phát triển và vận hành hệ thống một cách tin cậy, an toàn và hợp lý. Bài báo nhỏ này nhắc lại một số khái niệm về ổn định. Sau đó bài báo sẽ giới thiệu một số kết quả nghiên cứu về ổn định quá độ của hệ thống điện Việt Nam cũng như các biện pháp nhằm nâng cao tính ổn định của hệ thống.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Các khái niệm cơ bản của ổn định hệ thống điện

Ổn định của hệ thống điện (Power system stability) là khả năng mà hệ thống có thể lưu lại trong trạng thái cân bằng sau một nhiễu loạn nhỏ và khả năng trở về một trạng thái cân bằng mới chấp nhận được sau một nhiễu loạn lớn [1].

Các *nhiễu loạn (disturbances)* được định nghĩa như là một thay đổi đột biến hoặc là một loạt các thay đổi đột biến của một hay nhiều thông số trong hệ thống điện. Các nhiễu loạn nhỏ xuất hiện thường xuyên trong hệ thống điện do các biến động nhỏ của tải và các nguồn phát. Với một nhiễu loạn nhỏ, các phương trình phi tuyến mô tả động học của hệ thống có thể tuyến tính hóa xung quanh điểm làm việc ban đầu. Các nhiễu loạn lớn trong hệ thống điện xuất hiện khi ngắn mạch, hoặc khi hệ thống mất một hay một vài phần tử như đường dây, máy phát, máy biến áp. Một nhiễu loạn lớn đưa đến việc mô hình hóa các hiện tượng động học bằng một hệ các phương trình phi tuyến.

Ổn định đối với các nhiễu loạn nhỏ (small-signal or small disturbance stability) (trước đây chúng ta vẫn hay dùng từ "ổn định tĩnh", nhưng thực chất quá trình hoàn toàn không tĩnh mà động) là khả năng sau khi xuất hiện các nhiễu loạn nhỏ, hệ thống giữ được đồng bộ và hệ thống trở lại một chế độ làm việc giống như hoặc gần giống như chế độ làm việc ban đầu trước khi xuất hiện các nhiễu loạn.

Ổn định quá độ (Transient stability) (trước đây chúng ta và một vài nước khác trên thế giới đều dùng từ "ổn định động", điều này không chính xác, do đó cả IEEE và CIGRE đều thống nhất gọi là ổn định quá độ) là khả năng sau khi xuất hiện các nhiễu loạn lớn, hệ thống giữ được đồng bộ và hệ thống trở về một chế độ làm việc xác lập mới chấp nhận được.

Theo ý nghĩa vật lý của hiện tượng, ổn định trong hệ thống được chia thành 2 loại:

- Ổn định góc roto (Rotor angle stability)

- Ổn định điện thế (Voltage stability) – là tính chất của hệ thống điện giữ được một mức điện áp chấp nhận được ở các nút của hệ thống và tránh được sụp đổ điện thế (Voltage collapse).

1.2. Ổn định của hệ thống điện Việt Nam

Hệ thống điện Việt Nam được chia thành ba vùng (Bắc, Trung, Nam) trong đó các nhà máy và phụ tải phân bố không đều. Ở phía Bắc, có các nhà máy thủy điện như Hòa Bình 1920 MW (trong tương lai Sơn La 3600MW) và nhiệt điện chạy than như Phả Lại I (440MW) và Phả Lại II (600MW). Ở miền Trung gần đây đã đưa vào nhà máy thủy điện Yaly 720MW. Tại khu vực phía Nam trung tâm nhiệt điện Phú Mỹ gồm 4 nhà máy tua-bin khí chu trình hỗn hợp đã và sẽ đưa vào vận hành với tổng công suất khoảng 3600 MW. Hệ thống điện hợp nhất được liên kết bằng đường dây 500 kV Hòa Bình – Phú Lâm dài 1473 km. Hiện tại đường dây 500kV thứ 2 nối giữa Plei Ku và Phú Lâm đang được xây dựng. Lưới 220 và lưới 110 kV nằm tại 3 khu vực Bắc Trung Nam.

Do liên kết các khu vực chỉ bằng đường dây dài 500kV và việc đưa vào liên tiếp các nhà máy phát điện mới và các đường dây mới (trong đó có một số nhà máy liên kết trực tiếp đến đường dây 500 kV như Phú Mỹ, Yaly, Hòa Bình và Sơn La trong tương lai), ngoài ra phụ tải và công suất cũng phát triển nhảy vọt, hệ thống càng ngày càng trở nên phức tạp hơn. Do đó việc tính toán ổn định của hệ thống điện Việt Nam là rất quan trọng và cần thiết phải có các nhà nghiên cứu thật tỉ mỉ, chính xác nhằm đưa ra các chiến lược phát triển và vận hành hệ thống một cách đáng tin cậy, an toàn và hợp lý. Các nghiên cứu đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao ổn định của hệ thống trong tương lai cũng là vấn đề hết sức đáng quan tâm [2-5].

2. HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM VÀ MÔ HÌNH HÓA.

2.1 Hệ thống điện Việt Nam

Hình 1,2 và 3 mô tả hệ thống điện Việt Nam hiện tại và tương lai. Các sơ đồ này được sử dụng để nghiên cứu ổn định của hệ thống điện.

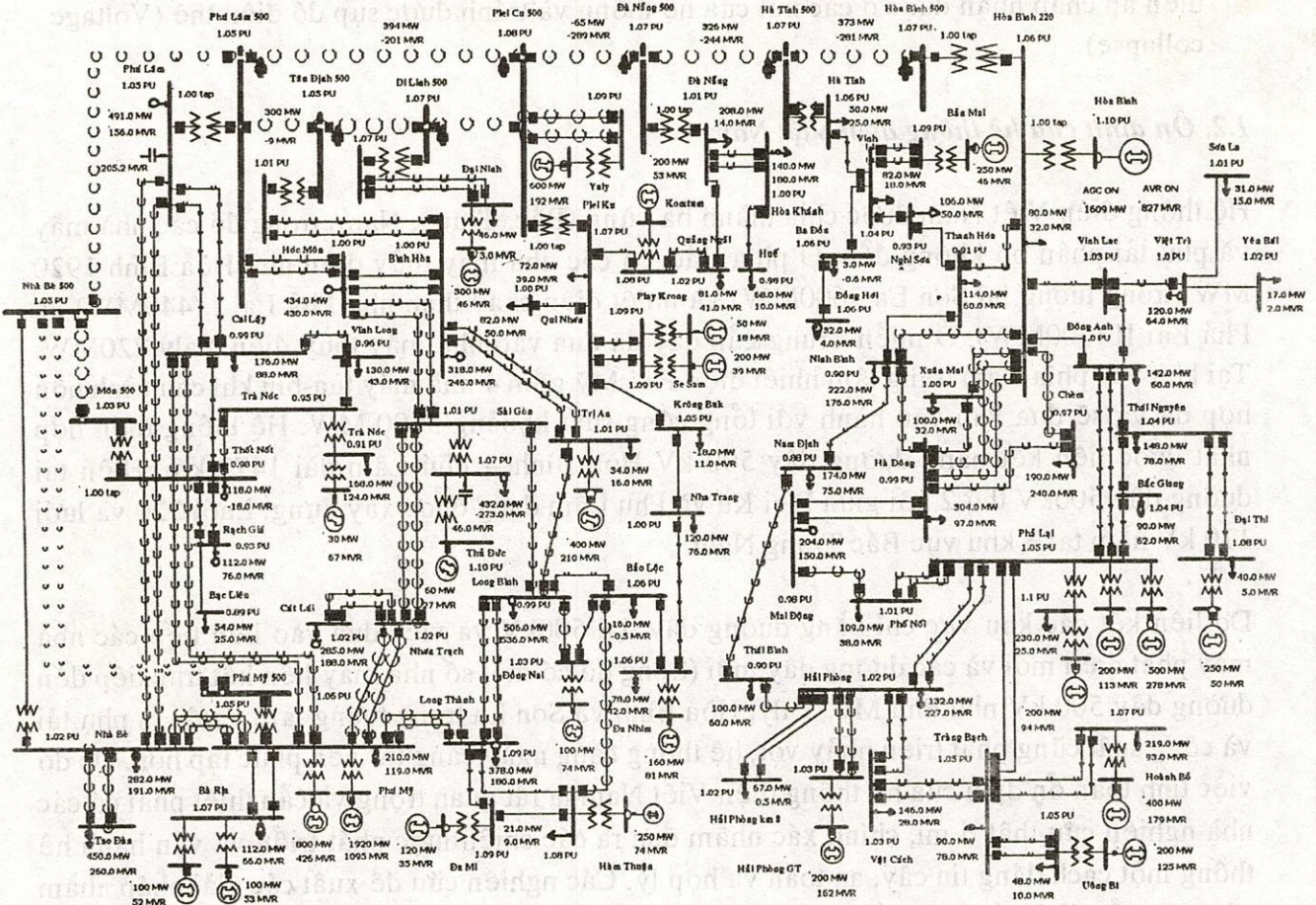
2.2 Mô hình các phần tử

- Các máy phát được mô tả theo mô hình Park đầy đủ với các hệ thống kích thích, điều chỉnh điện áp, điều chỉnh tốc độ.
- Các phần tử đường dây và máy biến áp được mô hình bằng các phần tử tập trung hình 1
- Các tải được mô hình bằng các đặc tính phụ thuộc điện áp và tần số

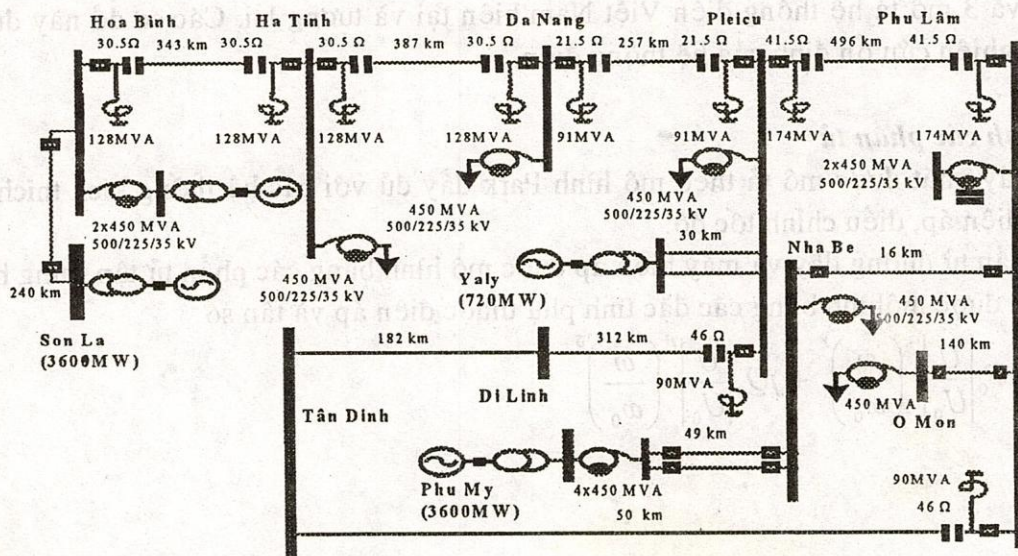
$$S(|U|, \omega) = P_0 \left| \frac{U}{U_0} \right|^\alpha \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^\gamma + jQ_0 \left| \frac{U}{U_0} \right|^\beta \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^\delta$$

Hệ Thống Điện 500/220 kV Việt Nam - 2005

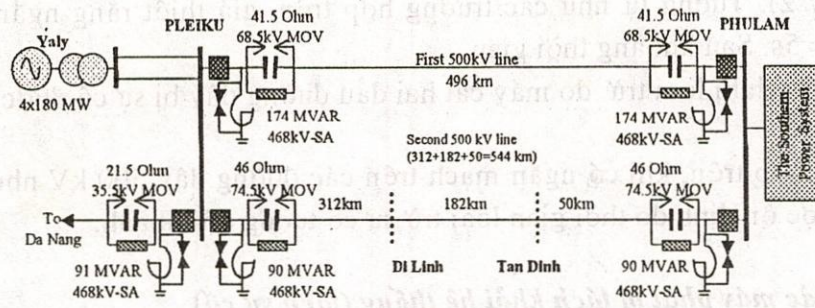
Realized by Trung Quốc Tuấn



Hình 1: Hệ thống điện Việt Nam 500/220 kV trong tương lai



Hình 2: Lưới 500 kV của hệ thống điện Việt Nam trong tương lai

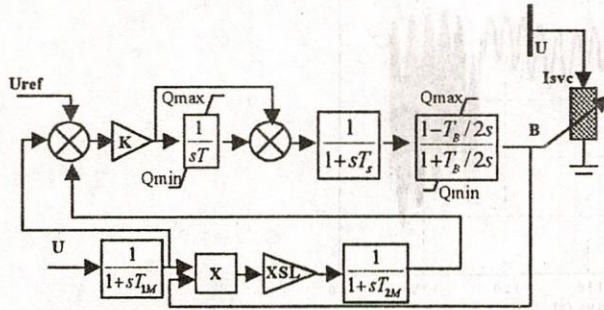


Hình 3: Cấu trúc của hai đường dây Pleiku – Phú Lâm

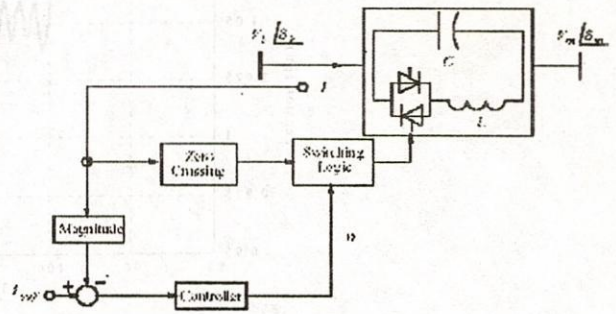
- Phương trình chuyển ng được mô tả bằng

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{2H} (C_m - C_e) - \frac{D}{2H} (\omega - 1)$$

- SVC (Static Var Compensator) và TCSC (thyristor Controlled Series Capacitors) được mô hình:



Hình 4: Mô hình của SVC



Hình 5: Mô hình của TCSC

3. NGHIÊN CỨU ỔN ĐỊNH QUÁ ĐỘ ĐỐI VỚI HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM

3.1 Ngắn mạch tại các trạm 500 kV

Trong phần này, ảnh hưởng của các vị trí ngắn mạch khác nhau trên đường dây 500 kV Nam Bắc đến ổn định của hệ thống sẽ được nghiên cứu. Thời điểm ngắn mạch xảy ra vào thời điểm $T_{sc} = 5s$, sau khoảng thời gian $T_{cl} = 80ms$ ngắn mạch được loại trừ.

Theo kết quả nghiên cứu, khi các ngắn mạch xảy ra tại các trạm, nếu sự cố được loại trừ nhanh nhờ các bảo vệ hiện có ($T_{cl} = 80ms$), hệ thống hoàn toàn được giữ ổn định quá độ (điều này đúng cho lưới điện 2005 như trên hình 1).

3.2 Ngắn mạch trên các đường dây 500kV

Trong phần này, ổn định của hệ thống khi xảy ra ngắn mạch trên các đường dây 500 kV sẽ được nghiên cứu. Giả thiết các ngắn mạch xảy ra ở giữa đường dây của các đoạn Pleiku – Phú Lâm (Đường dây 1), các đoạn Pleiku – Di Linh, Di Linh – Tân Định, Tân Định – Phú

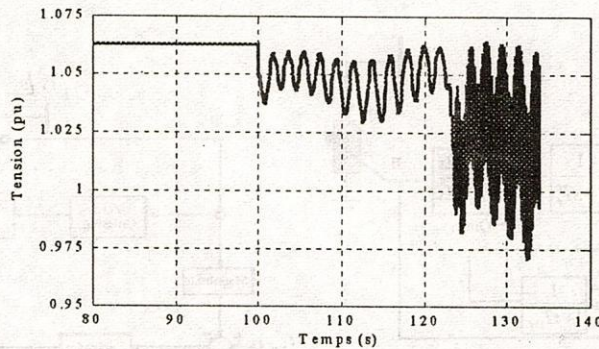
Lâm (Đường dây 2). Tương tự như các trường hợp trên, giả thiết rằng ngắn mạch xảy ra tại thời điểm $T_{sc} = 5s$. Sau khoảng thời gian $T_{cl} = 80ms$ ngắn mạch bị loại trừ do máy cắt hai đầu đường dây bị sự cố được mở ra.

Cũng như trường hợp trên, khi có ngắn mạch trên các đường dây 500 kV như nêu trên, hệ thống vẫn giữ được ổn định do thời gian loại trừ sự cố tương đối nhanh.

3.3 Trường hợp các máy phát bị tách khỏi hệ thống (tách sự cố)

Trong phần này, chúng ta nêu ra một trường hợp rất nguy hiểm có thể xảy ra khi một nhà máy ở phía Nam bị sự cố và bị tách rời ra khỏi hệ thống vào thời điểm $T = 100s$. Trong trường hợp này, hệ thống hoàn toàn bị mất ổn định sau 23s. Các kết quả chi tiết được trình bày sau đây.

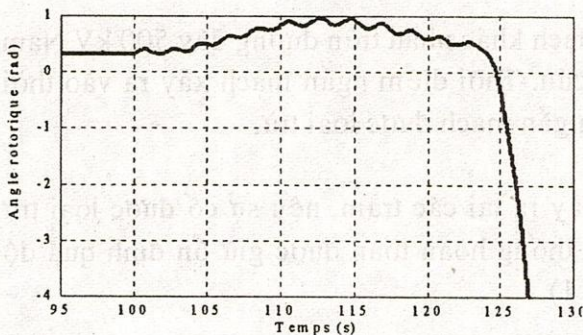
3.3.1 Dao động điện áp



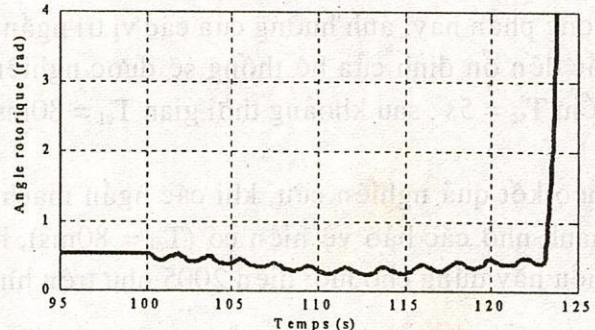
Hình 6 : Dao động điện áp tại Phú lâm 220kV

Điện thế của hệ thống bị dao động ở tần số khoảng 0.5Hz. Điện thế toàn khu vực phía Nam giảm xuống khoảng 0.02 đến 0.03 pu.

3.3.2 Dao động góc roto



Hình 7: Dao động góc roto của các máy phát Hòa Bình

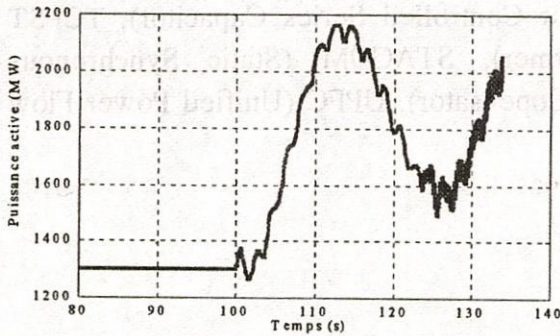


Hình 8: Dao động góc quay của các máy phát tại nhà máy thủy điện Đại Ninh

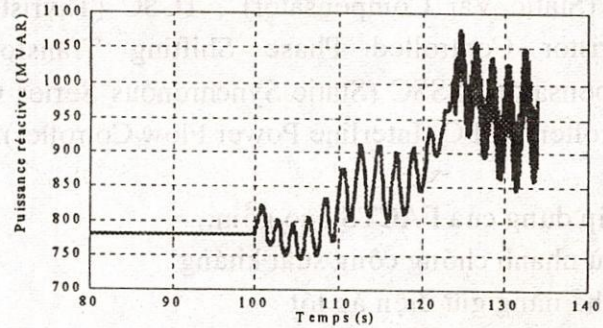
Các hình 7 và 8 biểu diễn góc quay roto của các máy phát Hòa Bình và Đại Ninh (Xem hình 1) khi nhà máy Trị An bị tách rời khỏi hệ thống. Các hình này cho thấy rằng, lúc đầu góc

quay ở Hòa Bình tăng và trước khi mất ổn định thì giảm rất nhanh và ngược lại tại các máy phát Đại Ninh. Các máy phát ở Đại Ninh mất ổn định vào lúc 23.7s sau sự cố, các máy phát tại Hòa Bình cũng mất ổn định khoảng 26.6s sau sự cố.

3.3.3 Dao động công suất



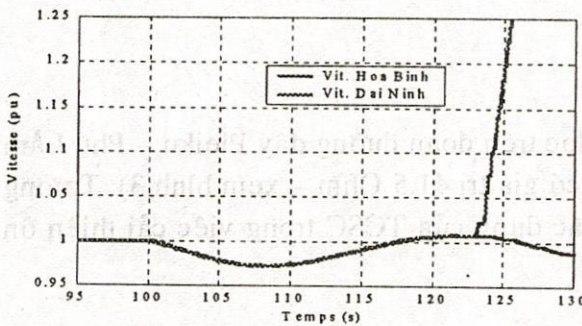
Hình 9: Dao động công suất tác dụng của các máy phát tại Hòa Bình



Hình 10: Dao động công suất kháng của các máy phát tại Hòa Bình

Trên hình 9 và 10 cho thấy dao động công suất (thực và kháng) rất lớn của các máy phát tại Hòa Bình

3.3.4 Tốc độ quay



Hình 11: Thay đổi tốc độ quay của các máy phát tại Hòa Bình và Đại Ninh

Hình 11 cho thấy rằng mới ban đầu sau sự cố, các máy phát đều giảm tốc độ, sau đó các máy phát Đại Ninh tăng tốc rất nhanh và mất ổn định trước các máy ở Hòa Bình.

Hệ thống cũng bị mất ổn định khi một trong các nhà máy Phú Mỹ bị tách rời khỏi hệ thống.

4. ỨNG DỤNG FACTS ĐỂ CẢI THIỆN ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG

4.1 Giới thiệu các thiết bị FACTS

Các hệ thống điện của các nước trên thế giới đang bước vào giai đoạn “deregulation”, tức tự do hóa trong lĩnh vực năng lượng. Việc này dẫn đến việc hạn chế xây dựng các đường dây mới và cần khai thác và khống chế truyền tải công suất trên các đường dây hiện có. Ở nước ta với đường dây dài 500kV, công suất truyền tải cho phép trên đường dây này hoàn toàn bị

hạn chế bởi giới hạn ổn định. Như vậy làm thế nào nâng cao khả năng truyền tải của đường dây này, nhất là trong tương lai có thêm nhà máy Sơn La ở miền Bắc và Phú Mỹ ở miền Nam, việc trao đổi công suất giữa 2 miền sẽ rất quan trọng. Một trong những hướng để giải quyết vấn đề này là sử dụng các thiết bị FACTS (Flexible AC Transmission Systems).

FACTS đã được EPRI đưa vào năm 1986 bao gồm các thiết bị điện tử công suất (Thyristor hoặc IGBT, GTO) nhằm nâng cao khả năng khai thác của hệ thống điện. FACTS bao gồm: SVC (Static Var Compensator), TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor), TCPST (Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer), STACOM (Static Synchronous Compensator), SSSC (Static Synchronous Series Copensator), UPFC (Unified Power Flow Controller), IPFC (Interline Power Flow Cotroller).

Các áp dụng của FACTS bao gồm:

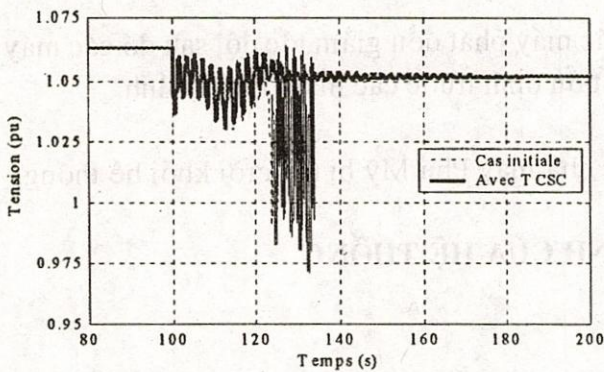
- Bù nhanh chóng công suất kháng
- Khả năng giữ điện áp tốt
- Tăng cao khả năng tải của các đường dây
- Nâng cao độ dự trữ ổn định đối với các dao động nhỏ và ổn định quá độ
- Khống chế công suất truyền tải
- Giảm các dao động tần số thấp (subsynchronous resonance)

Trong phần tiếp theo, chúng ta chỉ khảo sát đối với trường hợp sử dụng TCSC và SVC để nâng cao độ dự trữ ổn định quá độ cho hệ thống điện Việt Nam.

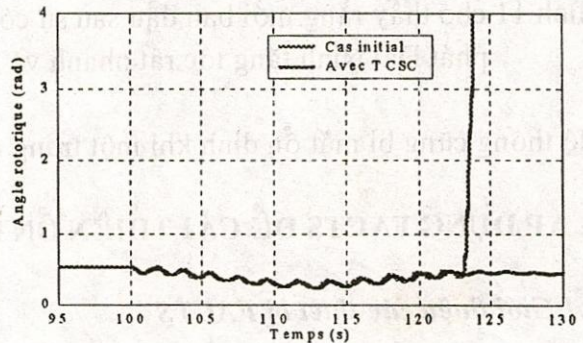
4.2 Sử dụng TCSC

Một TCSC được sử dụng để thay thế cho tụ bù dọc trên đoạn đường dây Pleiku – Phú Lâm (đường dây thứ 1) ở trạm Pleiku (tụ bù dọc này có giá trị 41.5 Ohm – xem hình 3). Trường hợp mất ổn định ở trên được sử dụng để thấy tác dụng của TCSC trong việc cải thiện ổn định của hệ thống

4.2.1 Điện áp và góc roto



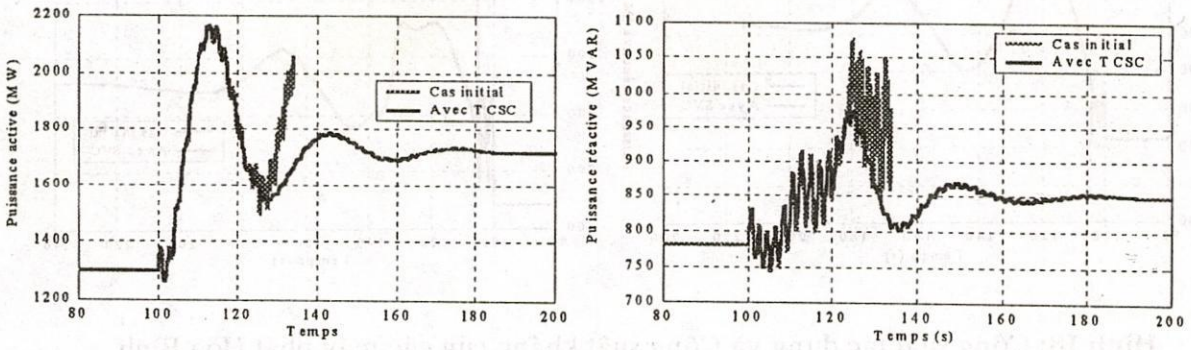
Hình 12: Điện áp tại Phú Lâm 220kV khi không sử dụng và có sử dụng TCSC



Hình 13: Góc roto của các máy phát Đại Ninh không sử dụng và có sử dụng TCSC

Hình 12 và 13 cho thấy tác dụng tích cực của TCSC nhằm cải thiện ổn định của hệ thống. Nhờ TCSC các máy phát của Đại Ninh giữ được ổn định.

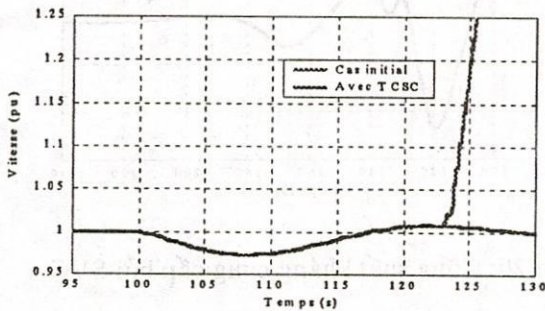
4.2.2 Công suất



Hình 14: Công suất tác dụng và Công suất kháng của các máy phát Đại Ninh

Hình 14 cho thấy tác dụng của TCSC nhằm giảm các dao động công suất

4.2.3 Tốc độ

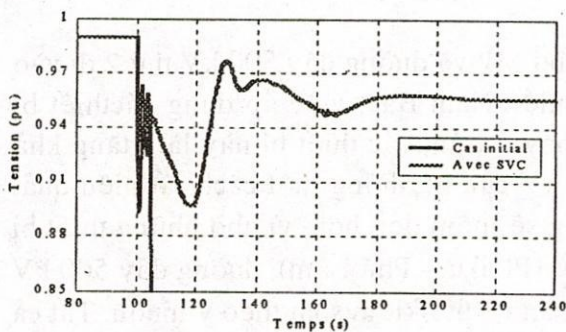


Hình 15: Thay đổi tốc độ quay của các máy phát Đại Ninh

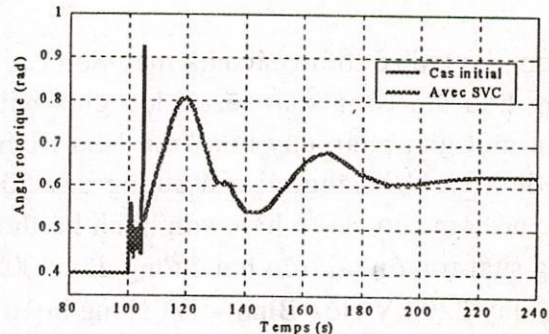
Hình 15 cho thấy với TCSC các máy phát Đại Ninh đã tìm được chế độ xác lập ổn định giống như ban đầu chưa có sự cố.

4.3. Sử dụng SVC

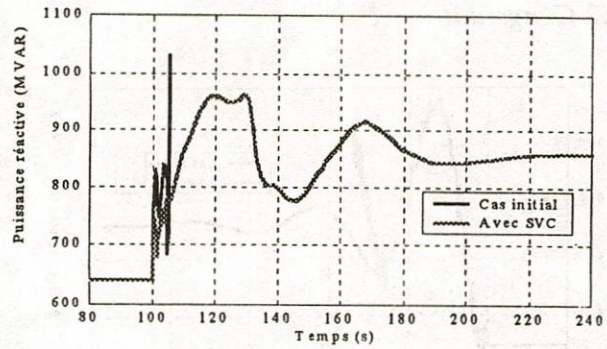
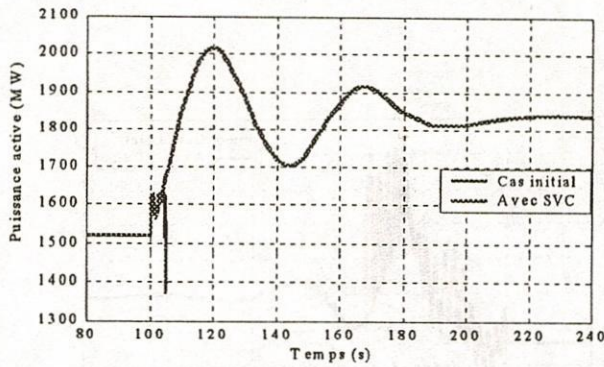
Trong phần này chúng ta sẽ thấy vai trò tích cực của SVC nhằm cải thiện ổn định của hệ thống khi các máy phát của nhà máy Phú Mỹ 1 với 280 MW bị tách ra khỏi lưới. Khi không sử dụng SVC, hệ thống bị mất ổn định. Một SVC có khả năng thay đổi -150 MVAR và +250 MVAR được đặt tại trạm Đà Nẵng 500kV. Các hình 16 đến 20 cho thấy, nhờ vai trò của SVC, ổn định của hệ thống được thiết lập.



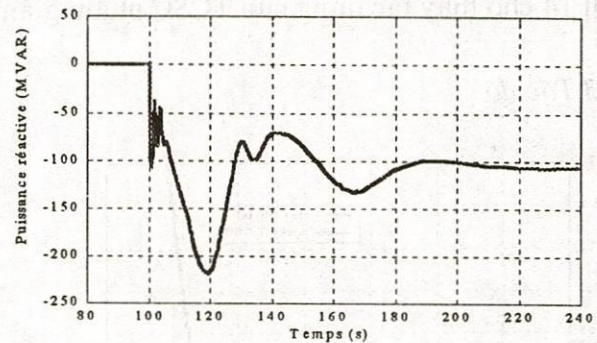
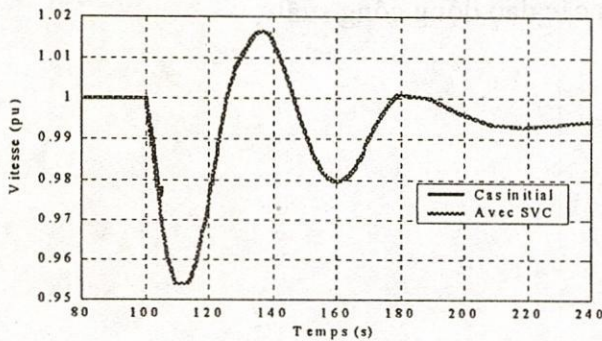
Hình 16: Điện thế tại Phú Lâm 220 kV



Hình 17: Góc roto của các máy phát Hòa Bình



Hình 18: Công suất tác dụng và Công suất kháng của các máy phát Hòa Bình



Hình 19: Tốc độ quay của các máy phát Hòa Bình

Hình 20: Công suất kháng cung cấp bởi SVC

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một số kết quả nghiên cứu về ổn định quá độ của hệ thống điện Việt Nam. Từ các kết quả nhận thấy rằng với sự phát triển thêm nhiều nguồn mới như Yaly, Đại Ninh, Phú Mỹ... đưa đến hệ thống làm việc ổn định hơn. Nhưng cũng thấy rằng với sự phát triển như thế làm cho tính ổn định càng phức tạp hơn, do có sự tương tác giữa các nguồn. Tất cả những vấn đề này cần thiết phải có các nghiên cứu tỉ mỉ và chính xác nhằm vận hành hệ thống tin cậy nhất, tránh được các sự cố có thể xảy ra. Việc tập hợp các dữ liệu chính xác, việc sử dụng các phần mềm hiện đại và việc mô hình chính xác các phần tử có ảnh hưởng đến tính chính xác của tính toán.

Trong tương lai khi có thêm các nhà máy Sơn La, Phú Mỹ và đường dây 500 kV thứ 2 đi vào hoạt động trao đổi công suất sẽ rất lớn giữa hai miền Nam Bắc, việc áp dụng các thiết bị FACTS là một giải pháp đầy hứa hẹn. Như trình bày ở trên, các thiết bị này làm tăng khả năng ổn định và khả năng tải của đường dây 500 kV của hệ thống một cách rất hiệu quả. Mặt khác nó làm cho chiến lược vận hành hệ thống sẽ mềm dẻo hơn, vì nhờ những thiết bị này, công suất truyền tải trên hai đường dây 500kV (Pleiku – Phú Lâm), đường dây 500 kV và đường dây 220 kV Hòa Bình – Đà Nẵng hoàn toàn có thể kiểm soát theo ý muốn. Tất cả những khả năng này cần được nghiên cứu chi tiết hơn nữa nhằm đưa hệ thống điện Việt Nam vận hành một cách an toàn và kinh tế nhất.

STABILITY STUDIES AND IMPROVEMENT IN VIETNAM POWER SYSTEM

Nguyen Van Liem, Tran Quoc Tuan, Nguyen boi Khue, Nguyen Chu Hung

ABSTRACT: The Vietnam power system has developed strongly both quality and quantity as well as increased complexity. This requires that we have to research on its stability in details and accurately in order to produce strategy for development and operating it reliability, security, and reasonably. This paper, first, reviews conceptions about power system stability. Then, it presents results of studying about transient stability of the Vietnam power system as well as solutions to improve the power system stability.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] P. Kundur, *Power System Stability and Control*, McGraw-Hill
- [2] Tran Quoc Tuan, Nguyen Hoang Lien, "Analysis and control of the Vietnam power system", Japan-USA-Vietnam Workshop on Research and Education in systems, Computation and Control Engineering, Hồ Chí Minh City, June 2000
- [3] T. Quoc Tuan, J. Fandino, N. Hadjsaid, J.C. Sabonnadière, H. Vu, "Emergency Load Shedding to Avoid Voltage Instability Using Indicators", *IEEE Transactions on Power Systems* (T-PWRS), Vol.9, No.1, February 1994, pp. 341-351
- [4] T. Tran-Quoc, Ch.Praing, R. Feillet, J.C. Sabonnadière, U. La-Van, C. Nguyen-Duc, "Improvement of Voltage Stability in the Vietnam Power System", *IEEE Winter Meeting 2000*, Singapore, January 2000
- [5] Ch. Praing, T. Tran-Quoc, R. Feillet, J.C. Sabonnadière, J. Nicolas, Khue Nguyen-Boi, Liem Nguyen-Van, "Impact of Facts Devices on Voltage Stability of a Power System Including Long Transmission Lines", *IEEE Summer Meeting 2000*, Seattle, Washington, USA, July 2000