NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THIẾT BỊ BÙ TĨNH TRÊN HỆ THỐNG ĐIỆN 500 KV

APPLICATION OF STATIC VAR COMPENSATOR IN 500 KV TRANSMISSION LINE POWER SYSTEM

Nguyễn Thị Mi Sa[1,a], Nguyễn Đức Mạnh[1,b]
[1]Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh
[2]Học viên Cao học Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh
[a] misa@hcmute.edu.vn, [b]ducmanhhui@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo này thực hiện tính toán và phân tích các chế độ làm việc của hệ thống 500 kV Việt Nam giai đoạn 2015 - 2020 trên cơ sở sụp đổ điện áp nút đã xác định được một số nút nguy hiểm cần quan tâm. Trong luận văn này, việc nghiên cứu tính ổn định của hệ thống 500 kV Việt Nam trên công cụ phần mềm PSAT và nghiên cứu đề xuất gắn thiết bị SVC vào hệ thống giúp tăng tính ổn định thống điện 500 kV Việt Nam trong tương lai

Từ khóa: hệ thống điện, thiết bị bù tĩnh SVC

ABSTRACT

This paper analyzes and analyzes the working modes of the 500 kV Vietnam system from 2015 to 2020 based on the collapse of the node voltage and identifies a number of dangerous nodes of concern. In this essay, the study of the stability of the 500 kV system in Vietnam on the PSAT software tool and the proposed study of the integration of the SVC into the system will increase the stability of the 500 kV power system in Vietnam in the future.

Keywords: Electrical system, static compensation equipment SVC

I. GIỚI THIỆU

Với các hệ thống điện lớn, phạm vi cấp điện cho các phụ tải trên địa bàn rộng, đặc tính tiêu thụ công suất của các khu vực khác nhau nên trong quá trình vận hành, trào lưu công suất trên các đường dây truyền tải sẽ thường xuyên thay đổi theo chế độ vận hành. Việc sử dụng các tụ bù thông thường không đảm bảo đáp ứng được yêu cầu của việc giữ cho các tham số chế độ nằm trong phạm vi cho phép. Hệ thống điện 500 kV Việt Nam theo quy hoạch phát triển có những yếu tố tương tự như một hệ thống điện lớn về cả công suất và phạm vi địa lý. Đối với hệ thống truyền tải cao áp thì các thiết bị truyền tải xoay chiều linh hoạt (FACTS) là phù hợp khi muốn nâng cao khả năng truyền tải hoặc chất lượng điện năng của hệ thống. Trong số các thiết bị này thì thiết bị bù tĩnh SVC là lựa chọn phù hợp nhằm giúp nâng cao độ ổn điện áp cho hệ thống [1].

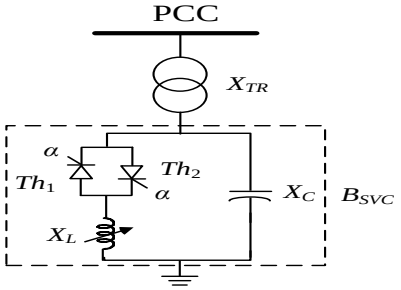
Do vậy, việc nghiên cứu lựa chọn sử dụng thiết bị SVC để thực hiện việc điều khiển điện áp trong quá trình vận hành lưới điện 500 kV Việt Nam giai đoạn 2015 – 2020 là một việc rất cần thiết, và đây chính là nội dung mà đề tài hướng đến.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Mô hình SVC

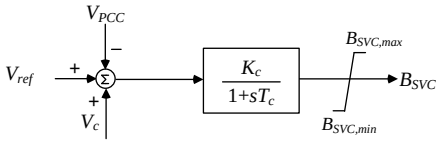
SVC được sử dụng để điều chỉnh điện áp tại bus kết nối bằng cách thêm vào đúng lượng công suất phản kháng cần thiết cho các hệ thống điện.

Sơ đồ mạch tương đương của SVC được thể hiện trong Hình 1. Trong đó bao gồm 1 tụ điện cố định và 1 cuộn dây có điện kháng thay đổi được thông qua việc đóng ngắt các van thyristor.



Hình 1. Sơ đồ khối của SVC

Hình 2 là sơ đồ khối của khối điều khiển điện độ điện nạp tương đương của SVC (BSVC). Khi điện áp hệ thống thấp hơn giá trị tham chiếu, giá trị của BSVC của SVC sẽ bơm công suất phản kháng cho hệ thống, khi điện áp hệ thống là cao hơn giá trị tham chiếu, BSVC của SVC sẽ hấp thụ công suất phản kháng từ hệ thống điện [10].



Hình 2. Sơ đồ điều khiển của SVC

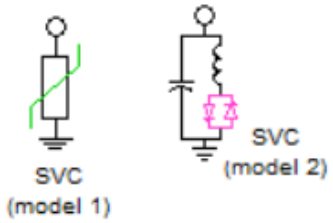
Giả sử ở trạng thái hoạt động cân bằng của hệ thống điện, phương trình tính toán BSVC của SVC theo góc kích α như sau:

$$B_{SVC}(\alpha) = \frac{2\alpha - \sin(2\alpha) - \pi(2 - \frac{X_L}{X_C})}{\pi X_L}$$

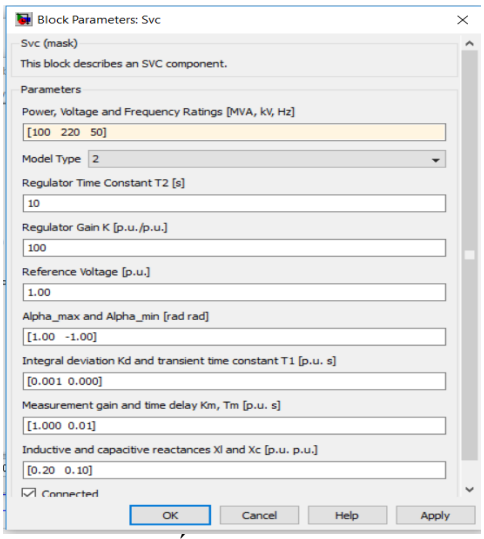
Ở đây XL và XC là điện kháng của điện cảm và tụ điện của SVC tương ứng.

2. Mô hình và thông số SVC trong PSAT

Trong thư viện của PSAT có 2 mô hình của SVC đó là SVC (Model 1) và SVC (Model 2) như trong Hình 3. Trong đó, với Model 1 là dạng đơn giản chỉ có điều khiển trong chế độ xác lập, còn với Model 2 thì có thêm các thông số về xác lập và độ trễ như trong Hình 4 [9].



Hình 3. Hai dạng mô hình của SVC trong PSAT

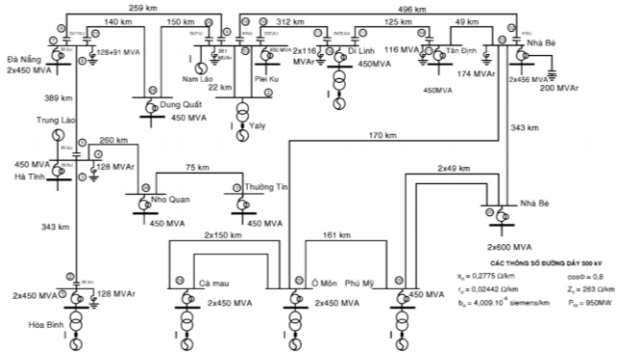


Hình 4. Thông số cài đặt cho SVC Model 2 trong PSAT

III. KẾT QUẢ - THẢO LUẬN

1. Cấu trúc hệ thống nghiên cứu

Để mang lại độ chính xác cao trong tính toán đánh giá ảnh hưởng của các cụm nguồn phát công suất, trong luận văn này tác giả khảo sát lưới truyền tải bao gồm cấp điện áp 500 kV. Hình 4.1 chỉ thể hiện sơ đồ đơn tuyến của cấp điện áp 500 kV quy hoạch đến 2010. Tuy nhiên, hiện nay đã có thêm rất nhiều các trạm khác được xây dựng thêm. Với quy hoạch đến năm 2020 thì lưới điện 500 kV sẽ có 54 bus như thể hiện trong Hình 5



Hình 5. Mô hình hệ thống lưới điện 500 kV Việt Nam

So với cấu trúc thực tế, mô hình đã được đơn giản hoá, loại bỏ những yếu tố không ảnh hưởng đến đặc trưng chung của quá trình quá độ. Các tổ máy nhỏ không có vai trò quyết định được loại bỏ bằng cách cân bằng theo công suất phụ tải ở cùng khu vực.

Các kết quả mô phỏng được thực hiện trên công cụ PSAT dựa trên nền tảng MATLAB. Để mô phỏng hệ thống điện 500 kV Việt Nam ta cần tiến hành các bước như sau:

Bước 1:

Xây dựng mô hình lưới 500 kV Bắc – Nam trong chương trình PSAT với các công cụ có sẵn. Kết quả được trình bày ở Hình 4.2. Trong đó chỉ tập trung vào hệ các trạm và các nhà máy phát điện kết nối vào lưới của hệ thống điện dây 500 kV.

Bước 2:

Mô phỏng bằng phần mềm PSAT để tìm ra nút yếu nhất trong hệ thống bằng việc tăng dãy công suất tại các phụ tải từ 10% cho đến 50 % tại các nút chứa tải 2, 4, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 21, 26, 27, 29, 28, 34, 36, 39, 40, 41, 44 và 55 để khảo sát sự thay đổi của hệ thống 54 nút tiêu chuẩn, kết quả sau mô phỏng được ghi nhận tại Bảng 1 dưới đây:

Bảng 1. Kết quả mô phỏng lưới 500 kV trong chương trình PSAT

Nút	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5
	10%	20%	30%	40%	50%
1	504.5	504.5	504.5	504.5	504.5
3	503	503	503	503	503
5	512	512	512	512	512
7	504.5	504.5	504.5	504.5	504.5
8	502.202	500.285	498.1056	495.105	490.054
9	499.6978	495.4821	491.326	482.132	475.636
12	502.5	502.5	502.5	502.5	502.5

13	512.5	512.5	512.5	512.5	512.5
14	501.732	498.7631	494.325	490.9283	483.2897
18	500.548	492.655	473.562	453.436	**434.672**
20	500.513	494.549	492.367	485.647	477.636
22	503	503	503	503	503
24	500.825	497.527	493.436	489.327	480.326
25	498.296	497.943	494.535	491.537	487.326
27	498.255	497.943	494.763	492.794	488.325
30	503.5	503.5	503.5	503.5	503.5
31	501	501	501	501	501
32	502.114	500.433	496.783	492.476	488.763
33	498.02	491.763	483.413	475.653	**466.722**
35	497.866	493.56	490.324	486.793	474.998
37	498.754	496.347	492.754	489.546	483.537
38	497.037	493.573	485.673	477.492	**465.493**
42	499.037	495.783	491.593	489.472	485.730
43	498.965	496.678	493.783	488.526	482.473
46	500.744	497.564	493.762	4.90.432	483.653

Từ kết quả sau mô phỏng ở trên ta nhận thấy trên hệ thống 54 nút xuất hiện 3 vị trí có sự thay đổi điện áp lớn và xuống dưới ngưỡng cho phép là 5% bao gồm nút 18 (Vũng Áng), nút 33 (Đăk Nông) và nút 38 (Vĩnh Tân). Với kết trên ta dễ dàng nhận thấy cần lắp đặt thiết bị bù công suất phản kháng để ngăn chặn sụp đổ điện áp và giúp cho hệ thống ổn định hơn. Trong đó tại vị trí nút 18 có điện áp thấp nhất là điểm yếu nhất trên hệ thống lưới 500 kV.

2. Đề xuất sử dụng các thiết bị SVC cho hệ thống

Một trong những chỉ tiêu để đánh giá độ tin cậy làm việc của các hệ thống điện siêu cao áp chính là độ ổn định. Chức năng của SVC thì tương tự như tụ bù nhưng thời gian phản ứng nhanh chóng và hiệu quả. Ngoài ra, công suất phản kháng được cung cấp bởi SVC còn dung để giải quyết một loạt những yêu cầu của hệ thống điện như điện áp, tần số,… khi có những biến động lớn và nguy cơ mất ổn định. Do đó, việc phân tích, nghiên cứu, tối ưu vị trí lắp đặt thiết bị SVC góp phần trong việc nâng cao độ tin cậy làm việc của hệ thống điện siêu cao áp.

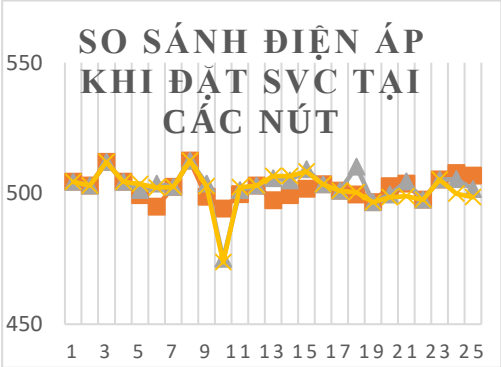
Từ kết quả mô phỏng tại Bảng 1, ta sẽ dễ dàng nhận thấy tại các vị trí 18, 33 và 38 là những nút có nguy cơ tiềm ẩn nhất trên hệ thống lưới 500 kV, với công nghệ SVC đã được nghiên cứu và ứng dụng thực tiễn tại một số nước trên thế giới. Để có cơ sở đánh giá, phân tích vị trí lắp đặt thiết bị SVC trong hệ thống 500 kV, luận văn này sẽ chọn 3 vị trí nguy hiểm nhất để khảo sát phản ứng của hệ thống 500 kV sau khi lắp SVC.

Bảng 2 trình bày kết quả sau khi chạy chương trình trong phần chương PSAT khi lắp đặt thiết bị SVC trên nút 18 (Vũng Áng), 33 (Đắk Nông) và 38 (Vĩnh Tân):

Bảng 2. Kết quả sau mô phỏng khi lắp SVC

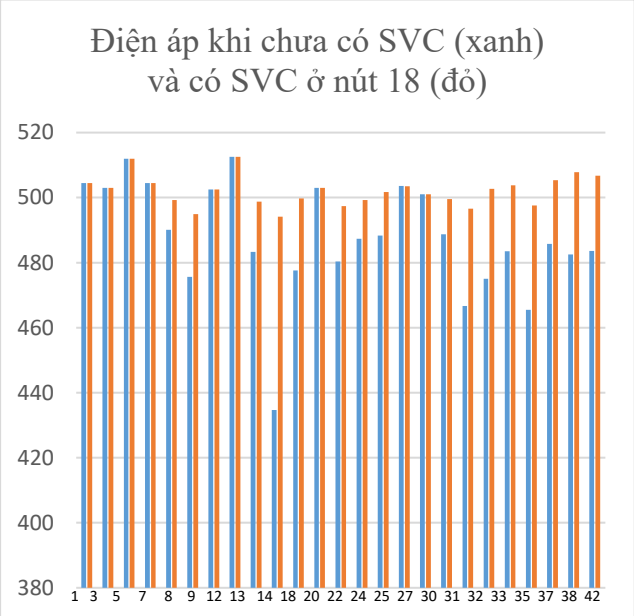
Nút	Khi chưa lắp SVC	Sau khi lắp SVC ở nút 18	Sau khi lắp SVC ở nút 33	Sau khi lắp SVC ở nút 38
1	504.5	504.5	504.5	504.5
3	503	503	503	503
5	512	512	512	512
7	504.5	504.5	504.5	504.5
8	490.05	499.27	501.28	503.63
9	475.63	494.93	503.67	502.25
12	502.5	502.5	502.5	502.5
13	512.5	512.5	512.5	512.5
14	483.28	498.73	503.72	502.76
18	434.67	494.17	474.92	473.72
20	477.63	499.72	501.24	502.36
22	503	503	503	503
24	480.32	497.36	505.76	506.64
25	487.32	499.27	504.91	506.65
27	488.32	501.73	509.24	508.35
30	50355	503.5	503.5	503.5
31	501	501	501	501
32	488.76	499.54	510.24	500.35
33	466.72	496.56	496.56	496.56
35	474.99	502.67	499.57	498.57
37	483.53	503.75	504.54	498.97
38	465.49	497.57	497.57	497.57
42	485.73	505.31	505.31	505.31
43	482.47	507.78	505.37	499.95
46	483.65	506.74	501.64	498.54

Để thuận lợi trong việc quan sát và so sánh, các kết quả này được trình bày ở Hình 4 như sau. Trong đó đường màu đỏ là khi đặt SVC tại bus 18, đường màu xanh và màu xám lần lượt là kết quả khi đặt SVC tại bus 33 và 38.



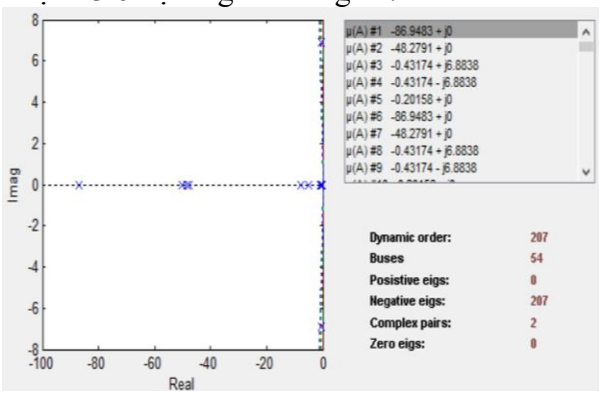
Hình 4. So sánh kết quả điện áp khi bù tại 3 vị trí

Từ kết quả sau mô phỏng cho chúng ta thấy khi lắp đặt thiết bị SVC tại các vị trí nguy hiểm nhất trên hệ thống lưới 500 kV Việt Nam, đã cải thiện điện áp của hệ thống, giúp cho hệ thống được cân bằng hơn không còn vị trí nguy hiểm trong hệ thống. Trong đó, vị trí đặt ở nút 18 (Vũng Áng) cho kết quả tốt nhất, điện áp các bus được cải thiện đáng kể nằm trong phạm vi cho phép.

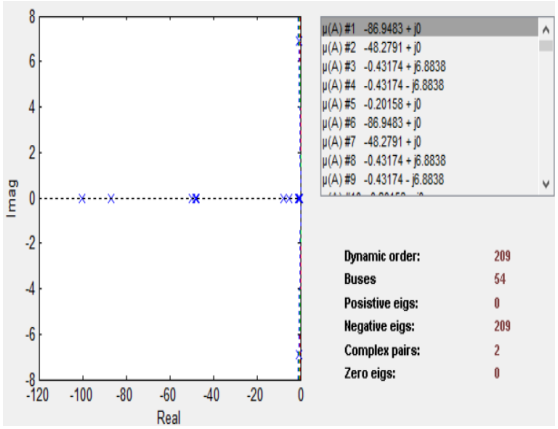


Hình 5. So sánh kết quả điện áp trước và sau khi bù tại nút 18

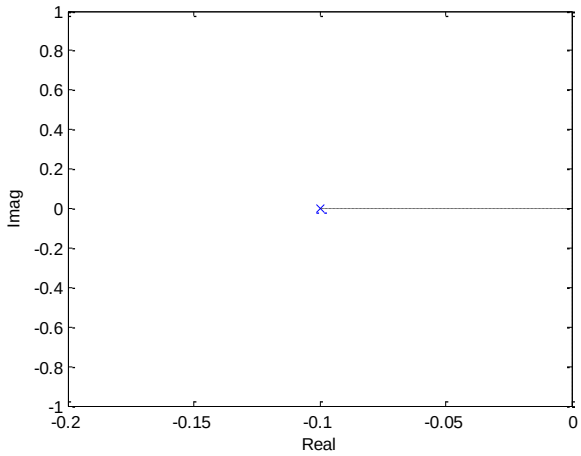
Ngoài ra, Hình 6 và Hình 7 cho ta thông tin về trị riêng của hệ thống nghiên cứu. Có thể thấy rằng, tất cả các trị riêng này đều âm nên hệ thống ổn định. Tuy nhiên, khi so sánh giữa trường hợp có và không có sử dụng SVC thì ta lại thấy giá trị của nghiệm gần trục ảo nhất khi chưa có SVC là -0.1 thể hiện ở Hình 8 còn với trường hợp có SVC thì giá trị này là -0.2 như trong Hình 9. Điều này có nghĩa là khi có SVC thì độ dự trữ ổn định của hệ tăng lên đáng kể.



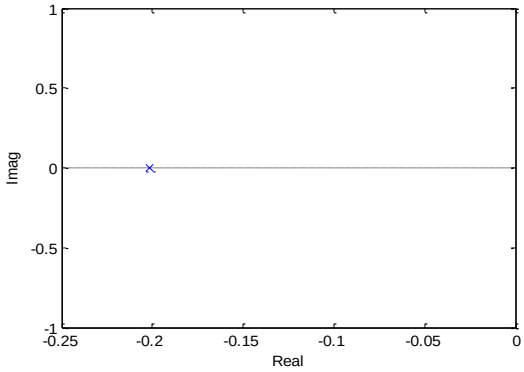
Hình 6. Trị riêng của hệ khi không có SVC



Hình 7. Trị riêng của hệ khi có SVC



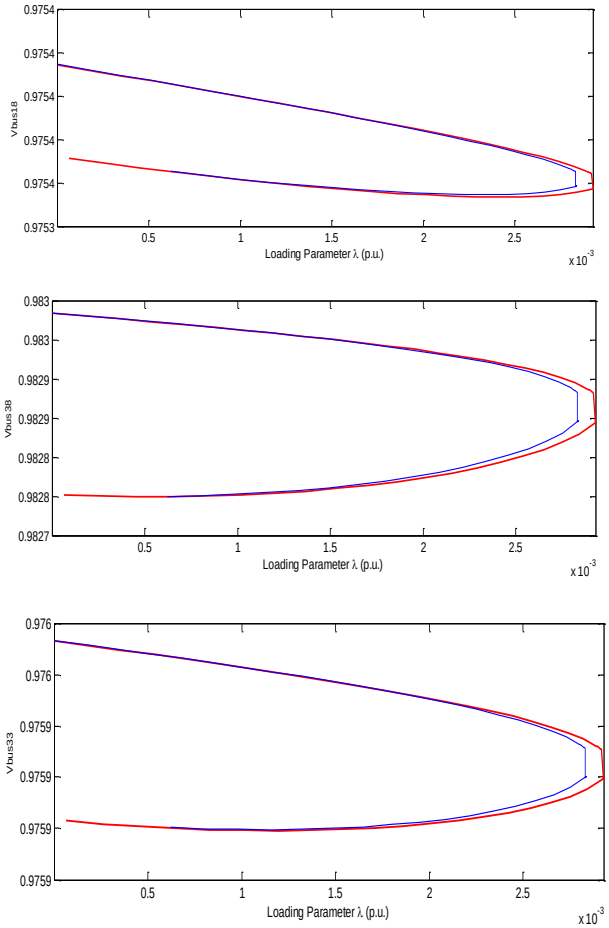
Hình 8. Trị riêng có phần thực lớn nhất của hệ khi chưa có SVC



Hình 9. Trị riêng có phần thực lớn nhất của hệ khi có SVC

Ngoài ra, để đánh giá mức độ ổn định của các bus yếu, cụ thể là bus 18, bus 33 và bus 38 ta tiến hành kiểm tra hệ số tải và kết quả so sánh thể hiện trong hình 4.9. Trong đó, các đường màu đỏ thể hiện đáp ứng khi có SVC gắn vào bus 18 và đường màu xanh là chưa có SVC.

Quan sát kết quả Hình 10 ta có thể kết luận được khả năng của SVC giúp nâng cao tính ổn định của hệ thống và khả năng tăng tải. Nếu kết nối SVC cho cả 3 vị trí thì khả năng này sẽ cao hơn



Hình 10. Kiểm tra hệ số tải của các bus khi không có và có SVC ở bus 18

IV. KẾT LUẬN

Yêu cầu tính toán các chế độ vận hành trong giai đoạn 2015 -2020 và đề xuất các thiết bị công nghệ cao để điều khiển thông số hệ thống đảm bảo cho hệ thống vận hành tốt là mục tiêu mà đề tài quan tâm giải quyết.

Áp dụng kết quả nghiên cứu, đề tài đã tính toán phân tích chế độ làm việc và lựa chọn vị trí lắp đặt SVC cho hệ thống điện Việt Nam.

Lắp đặt thiết bị SVC tại nút Vũng Áng cũng góp phần đáng kể trong việc nâng cao điện áp vận hành của hệ thống đồng thời phân bố hợp lý trào lưu công suất trên các đường dây yếu trong hệ thống, giảm tổn thất công suất qua đó góp phần giảm gánh nặng đầu tư xây dựng mới các đương dây truyền tải.

Do số liệu thu thập theo quy hoạch phát triển hệ thống điện cho sơ đồ hệ thống điện 2015 -2020 sẽ có những thay đổi nhất định, cho nên kết quả tính toán của luận văn này chỉ mang tính chất tham khảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ganesan A/L Kalianan (2007). Power Flow Analysis for Unbalanced Power System Using MATLAB. Bachelor of Electrical Engineering. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai.

[2] M. A. PAI (1980). Computer Technique in Power System Analysis (1 ed.). New Delhi, McGraw-Hill.

[3] J. Grainger and W. Stevenson, Power System Analysis, McGraw-Hill, New York, 1994.

[4] Hadi Saadat (2004). Power System Analysis. (2nd ed.). Singapore, McGrawHill.

[5] W. Hubbi. (1991). Effects of Neglecting Resistances in XB and BX Load-Flow Methods. IEEE Proceedings-C, Vol.138, N0.5, September 1991.

[6] M. Moghavemi: "Real-time contingency evaluation and ranking technique", in IEEE Procedure on Generation, Transmission and Distribution, Vol. 145, No. 5, September 1998, p. 517-524.

[7] Musirin, T.K.Abdul Rahman, 2002, "Estimating Maximum Loadability for Weak Bus Identification using FVSI", IEEE Power Engineering Review, pp. 50-52.

[8] Ferdrico Milano, "Power system Analysis Toolbox: Quick Reference Manual for PSAT", version 2.1.6 2008.

[9] IEEE/CIGRE Joint Task Force Report "Definition and Classification of Power System Stability", IEEE Trans. On Power Systems, Vol.19, No.2, pp. 1387-1401, May 2004.

[10] Jia Hongjie, Yu Xiaodan, Yu Yixin 2005 "An Improved Voltage Stability Index & its Application" Elsevier Ltd.

[11] Claudia Reis, Antonio Andrade, and F. P. Maciel Barbosa "Methods for Preventing Voltage Collapse".

[12] Lã Văn Út (2001), Phân tích và diều khiển ổn dịnh hệ thống diện, Nhà xuất bảnKhoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[13] Trung tâm Điều dộ Quốc gia, Tổng công ty Điện lực Việt Nam (2010), Báo cáo tổng hợp vận hành hệ thống diện quốc gia ngày 20/5/2015.

[14] Prabha Kundur (1993), Power System Stability and Control, McGraw-Hill, Inc., New York.

[15] Static Synchronous Compensator (STATCOM) Courseware Sample by Lab-Volt Ltd.

[16] Adepoju G. A. Komolafe O. A." Analysis and Modelling of STATCOM: A Comparison of PowerInjection and Current Injection Models in Power Flow Study" International Journal of Advanced TechnologyVol. 36 Nov. 2011.

[17] Prabha Shankar Kundur, Power System Stability and control, Power System Engineering Series R.R. Donnelly and Sons Company. ISBN 0-70035958-X

[18] Trương Đình Nhơn, Phạm Văn Hiệp. Ứng dụng thiết bị bù ngang (SVC) để nâng cao độ ổn định động của máy phát điện gió nguồn đôi (DFIG) kết nối với lưới điện. Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật, số 29, tr. 44, 2014

Thông tin liên hệ tác giả chính (người chịu trách nhiệm bài viết):

Họ tên: **Nguyễn Đức Mạnh**

Đơn vị: **Học viên Cao học Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh**

Điện thoại: **0988. 274. 268**

Email: **ducmanhhui@gmail.com**

XÁC NHẬN CỦA GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SỸ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn

Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.