NÂNG CAO ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP TRÊN LƯỚI ĐIỆN 220KV KHU VỰC MIỀN TÂY NAM BỘ

IMPROVING VOLTAGE STABILITY ON 220kV ELECTRICAL NETWORK OF THE VIETNAM SOUTHWEST REGION

Nguyễn Nhân Bổn[1], Nguyễn Tấn Chiếm[2]
[1]Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM, Việt Nam
[2]Trường Trung cấp Kinh tế-Công nghệ Cai Lậy, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 16/8/2019, ngày phản biện đánh giá 30/8/2019, ngày chấp nhận đăng 3/9/2019

TÓM TẮT

Ổn định điện áp là khả năng duy trì điện áp trên tất cả các nút trong hệ thống ở trong một giới hạn cho phép. Hệ thống điện sẽ mất ổn định khi tăng tải đột ngột hay thay đổi các thông số trong hệ thống. Các trường hợp này sẽ làm cho quá trình giảm điện áp xảy ra và nặng nhất là có thể gây ra sụp đổ điện áp, mất điện từng miền, từng khu vực, gây thiệt hại lớn về kinh tế, ngoài ra còn có thể ảnh hưởng đến chính trị và xã hội.

Để nâng cao ổn định điện áp cho hệ thống điện Việt Nam nói chung và lưới điện 220 kV khu vực miền Tây Nam bộ nói riêng thì có rất ít công trình nghiên cứu tìm vị trí tối ưu để đặt thiết bị bù công suất phản kháng SVC. Tuy nhiên trong quá trình phân tích sẽ bỏ qua yếu tố kinh tế mà chỉ chú trọng vào yếu tố kỹ thuật. Quá trình nghiên cứu, tính toán sử dụng sơ đồ lưới điện khu vực miền Tây Nam bộ và các số liệu dự kiến đến năm 2020. Các kết quả tính toán, phân tích đặc tính PV được khảo sát qua phần mềm chuyên dụng PSS/E 33.

***Từ khóa*:** *Ổn định điện áp; SVC; phân tích đặc tính PV; PSS/E;Vị trí lắp đặt công suất phản kháng; Hệ thống điện truyền tải miền Tây Nam Bộ - Việt Nam.*

ABSTRACT

Voltage stabilization is the ability to maintain the voltage across all nodes in the system within a given limit. The electrical system will become unstable when it comes to a sudden increase in load or changes in system parameters. These sessions will make the process of voltage drop occur and the most severe is likely to cause voltage collapse, power failure in each region, each region, causing great economic losses. It can affect the political and social.

In order to improve the voltage stability for Vietnam's power system in general and the 220 kV power grid in the South West region in particular, there are pieces of research to find the optimum location for the reactive power compensation equipment SVC. However, the analysis will ignore the economic factors that focus only on technical factors. Studying and calculating using the grid diagram of the South West region and the data expected to 2020. The results of calculating and analyzing PV characteristics are investigated through specialized software PSS/E 33.

Keywords: *Voltage stabilization; SVC; PV characteristics analysis; PSS/E; Reactive power allocation; The South West region Power Transmission System - Vietnam.*

1. GIỚI THIỆU

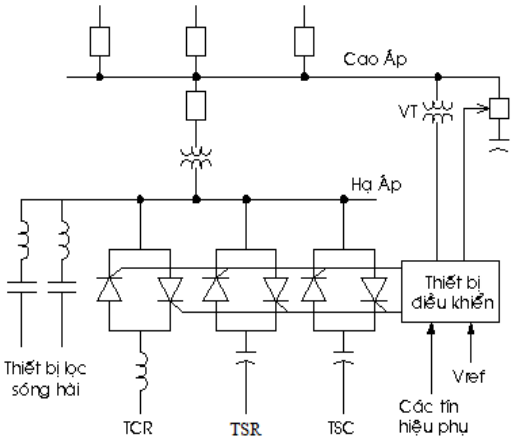
Vấn đề ổn định hệ thống điện và ảnh hưởng bất lợi của việc mất ổn định đến toàn bộ hệ thống điện là vấn đề đã và đang được các nhà khoa học, các tổ chức, các quốc gia trong nước cũng như quốc tế đều quan tâm và nghiên cứu [1-5]. Trong đó, việc lắp đặt thiết bị SVC để nâng cao khả năng ổn định cho các phần tử trong hệ thống điện, nhất là

nâng cao khả năng ổn định hệ thống và tăng biên độ dự trữ công suất tải, giảm tổn thất công suất trên toàn hệ thống là một việc hết sức quan trọng nhằm hạn chế sự mất ổn định trong hệ thống điện.

Ứng dụng thiết bị SVC là để hướng đến ổn định hệ thống điện. Tuy nhiên xác định vị trí lắp đặt thiết bị SVC phù hợp trong hệ thống và giải pháp để thực hiện đó là vấn đề cần quan tâm.

2. THIẾT BỊ BÙ TĨNH SVC

SVC (Static Var Compensator) là một thiết kế tổng hợp các phần tử: Tụ điện, cuộn kháng, biến điện thế, các thiết bị đóng cắt cùng với các thiết bị điều khiển, tất cả cùng hoạt động để trở thành một khối cung cấp nguồn phát hoặc hấp thụ công suất phản kháng có thể điều khiển được nhanh chóng.



***Hình 1**. Sơ đồ bộ bù tĩnh SVC*

Cấu tạo của SVC [1] hoàn chỉnh thường bao gồm:

- Một máy biến thế dùng để liên kết giữa lưới điện cao thế và các thiết bị điện tử công suất trung thế. Thường một máy biến áp riêng được sử dụng nhưng thỉnh thoảng có thể sử dụng cuộn dây thứ ba của máy biến áp tự ngẫu.

- Cuộn kháng điều khiển bằng thyristor (Thyristor Controlled Reactor - TCR) nối vào thanh cái trung thế.

- Cuộn kháng đóng cắt bằng thyristor (Thyristor Switched Reactor - TSR) nối vào thanh cái trung thế.

- Tụ bù đóng cắt bằng thyristor (Thyristor Switched Capacitor - TSC) nối vào thanh cái trung thế.

- Tụ cố định (Fixed Capacitor - FC).

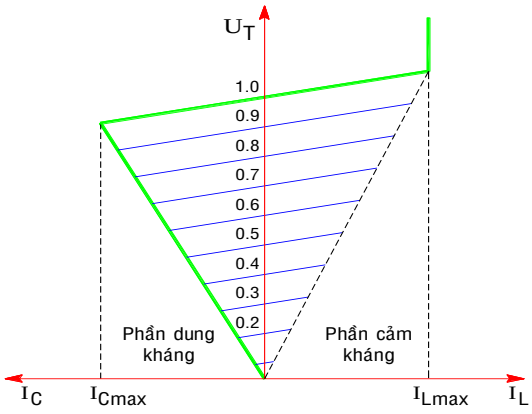
- Các bộ lọc sóng hài.

- Các tụ hoặc cuộn kháng đóng cắt bằng thiết bị cơ khí (MSCs hay MSR), thường nối vào thanh cái cao thế.

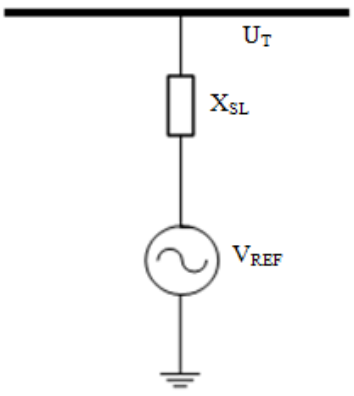
Bộ bù SVC có thể sinh ra hoặc hấp thụ nguồn công suất phản kháng bằng cách điều khiển các van thyristor. Nó thường có khả năng điều khiển liên lục trong dãy được xác định bởi công suất định mức của nó.

Với đặc tính V-A như Hình 2, bộ SVC được mô hình tương đương như Hình 3, gồm có một nguồn điện áp lý tưởng V_{REF} mắc nối tiếp với một trở kháng X_{SL}. Công suất phản kháng của bộ SVC có thể tính như sau:

$$Q_{SVC} = \frac{U_T * (U_T - V_{REF})}{X_{SL}} \quad (1)$$



***Hình 2.** Đặc tính V-A của bộ SVC [2]*



***Hình 3.** Mạch tương đương của SVC*

Trong đó, X_{SL} là trở kháng nhằm tạo dốc tương đương với tốc độ dốc trong đặc tính điều khiển điện áp. U_T và U_{REF} là điện áp hệ thống và điện áp đặt. Phương trình trên có hiệu lực trong khoảng công suất phản kháng phát ra S_{ac} nằm trong giới hạn công suất cho bởi cảm kháng và dung kháng (B_{ind} và B_{cap}), được định nghĩa như sau:

$$Q_{ind} = B_{ind}.V^2_{REF} \quad (2)$$

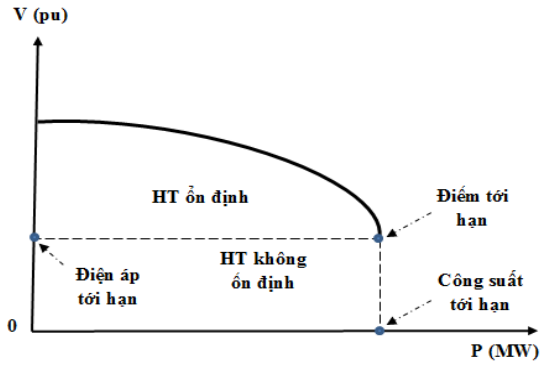
$$Qcap = Bcap.V^2_{REF} \quad (3)$$

Trong các bài toán tối ưu, bộ SVC thường được xem xét như là một nguồn công suất phản kháng có giới hạn công suất [3].

3. GIẢI PHÁP SỬ DỤNG ĐƯỜNG CONG PV ĐỂ XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ LẮP ĐẶT SVC TRONG HỆ THỐNG

3.1. Phân tích đường cong PV

Hình 4 biểu diễn dạng tiêu biểu nhất của đường cong PV. Nó sẽ thể hiện biến đổi điện áp tại từng nút của hệ thống điện, và được xem là một hàm của tổng công suất tác dụng P truyền đến nút đó.



Hình 4. *Phân tích đường cong PV*

Chúng ta có thể thấy rằng tại điểm "mũi" của đường cong PV, điện áp sẽ giảm rất nhanh khi phụ tải tăng lên. Khi đó hệ thống điện sẽ bị sụp đổ nếu công suất tác dụng P vượt quá điểm "mũi", và điểm "mũi" này được gọi là điểm giới hạn. Như vậy, đường cong PV này có thể được sử dụng xác định điểm làm việc giới hạn tại các nút của hệ thống điện để không làm mất ổn định điện áp hoặc sụp đổ điện áp, từ đó xác định được độ dự trữ ổn định dùng làm chỉ số để đánh giá sự ổn định điện áp của hệ thống điện và chính điểm làm việc giới hạn tại các nút của hệ thống điện đó làm cơ sở để có giải pháp xác định vị trí lắp đặt thiết bị bù tĩnh - SVC nhằm nâng cao và đảm bảo ổn định hệ thống điện [4].

Như hình vẽ đường cong PV cho chúng ta thấy một phần về phía hệ thống làm việc ổn định nghĩa là từ "mũi" - điểm tới hạn trở lên hệ thống ổn định và ngược lại từ "mũi" - điểm tới hạn trở xuống hệ thống mất ổn định và có thể dẫn đến sụp đổ hệ thống.

3.2. Các bước thực hiện xác định vị trí lắp đặt SVC

Nghiên cứu sụp đổ điện áp, một phần không thể thiếu trong việc phân tích ổn định điện áp của hệ thống và là phần quan trọng trong việc thiết kế và vận hành lưới điện. Nhiệm vụ chính của việc bù công suất phản kháng trong hệ thống là ngăn chặn vấn đề sụp đổ điện áp, do đó việc nghiên cứu ổn định điện áp sẽ rất quan trọng nhằm xem xét vị trí lắp đặt cũng như dung lượng của thiết bị bù ngang. Theo [2], có rất nhiều phương pháp được sử dụng cho việc nghiên cứu vấn đề này như: sử dụng các đặc tính PV và QV trong phân tích ổn định điện áp, tối ưu trào lưu công suất (OPF), phân tích modal (Modal analysis), phân tích điểm sụp đổ điện áp (node bifurcation analysis), phân tích ổn định động điện áp trong miền thời gian.

Tuy nhiên, trong bài báo này nghiên cứu đặc tính đường cong PV để ứng dụng xác định vị trí lắp đặt thiết bị bù tĩnh - SVC phù hợp nhằm nâng cao ổn định và tăng khả năng tải của hệ thống điện. Các bước thực hiện trong bài toán xác định vị trí lắp đặt thiết bị bù tĩnh - SVC tối ưu bằng giải pháp ứng dụng đường cong PV được thực hiện theo các bước như sau:

- Bước 1: Dùng phương pháp phân tích trào lưu công suất liên tục để tìm điểm sụp đổ điện áp, biên độ ổn định điện áp (Static Voltage Stability Margin) và hệ số tải tối đa cho phép.

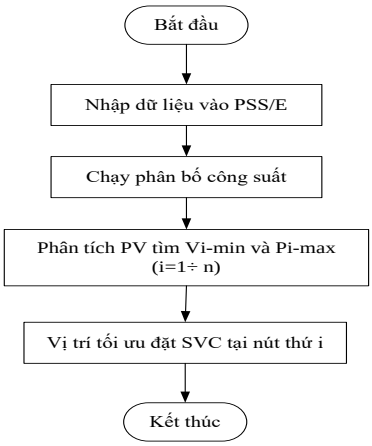
- Bước 2: Ứng dụng đường cong PV để xác định vị trí lắp đặt thiết bị bù tĩnh - SVC.

- Bước 3: Dùng phương pháp phân tích trào lưu công suất liên tục để xem xét, đánh giá khả năng nâng cao biên độ điện áp, hệ số

tải tối đa cho phép tại các vị trí lắp đặt thiết bị bù tĩnh - SVC.

- Bước 4: Phân tích và lựa chọn vị trí lắp đặt tối ưu.

3.3. Lưu đồ xác định vị trí SVC

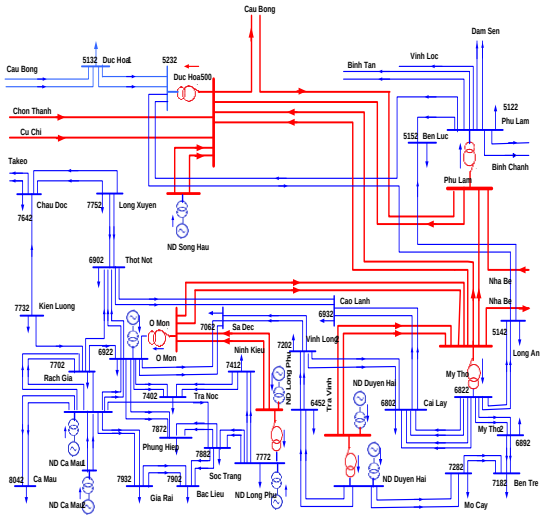


Hình 5. *Lưu đồ xác định vị trí SVC*

Trong đó Vi-min là nút có điện áp thấp nhất trong n nút, Pi-max là nút có công suất huy động lớn nhất trong n nút. Vì vậy việc xác định vị trí đặt SVC phải có đủ hai điều kiện này hay nói cách khác là phải logic.

4 ỨNG DỤNG GIẢI PHÁP SỬ DỤNG ĐƯỜNG CONG PV XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ LẮP ĐẶT SVC CHO HỆ THỐNG ĐIỆN 220KV KHU VỰC MIỀN TÂY NAM BỘ

4.1 Giới thiệu sơ đồ hệ thống điện khu vực Tây Nam Bộ



Hình 6. *Sơ đồ lưới điện 220kV-500kV khu vực miền Tây Nam Bộ năm 2020.*

- Cùng với sự phát triển kinh tế đồng bằng sông Cửu Long, lưới truyền tải điện khu vực miền Tây không ngừng tăng trưởng và mở rộng. Đến nay, toàn miền đã có 461 km đường dây, 5 trạm biến áp 500kV, với tổng dung lượng 714 MVA. Sản lượng điện truyền tải đạt 1,58 tỷ kWh (năm 2006), phục vụ cho 9 tỉnh miền Tây, từ phía Nam sông Tiền Giang đến chót mũi Cà Mau.

4.2 Kết quả tính toán

- Để giảm khối lượng tính toán, bài báo này không xét 5 vị trí nút máy phát (Ô Môn, NĐ Cà Mau 1, NĐ Cà Mau 2, NĐ Long Phú, NĐ Duyên Hải), chỉ xét 25 nút cao áp 220kV. Vì SVC đặt tại những nút này sẽ không cho hoạt động tốt do tác động điều phối công suất phản kháng của nhà máy tốt hơn so với SVC tại những nút đấu nối này. Như vậy sẽ có 25 nút có thể xem xét lắp đặt SVC.

- Để xác định công suất cực đại hay điểm tới hạn - "mũi" của đường cong PV, qua kết quả đó đánh giá, phân tích và vận dụng đặc tính đường cong PV để lựa chọn và xác định vị trí có điện áp thấp nhất trong hệ thống để khảo sát, lắp đặt thiết bị bù tĩnh SVC là phù hợp nhất trong nâng cao ổn định hệ thống điện 220 kV miền Tây Nam Bộ.

Bảng 1. *Điện áp (pu) trước khi đặt SVC- "mũi" 1706,25 MW ở 25 nút.*

STT	Thanh cái	Tên nút	Điện áp trước khi đặt SVC (pu)
1	5132	Đức Hòa	0,951
2	5142	Long An	0,958
3	5152	Bến Lức	0,949
4	5232	Đức Hòa 500	0,963
5	6452	Trà Vinh	1,006
6	6802	Cai Lậy	0,952
7	6822	Mỹ Tho	0,970
8	6892	Mỹ Tho 2	0,969
9	6902	Thốt Nốt	0,895
10	6932	Cao Lãnh	0,885
11	7062	Sa Đéc	0,917
12	7182	Bến Tre	0,972
13	7202	Vĩnh Long 2	0,935
14	7282	Mỏ Cày	0,985
15	7402	Trà Nóc	0,938
16	7412	Ninh Kiều	0,949
17	7642	Châu Đốc	0,876
18	7702	Rạch Giá	0,946
19	7732	Kiên Lương	0,878
20	**7752**	**Long Xuyên**	**0,873**
21	7872	Phụng Hiệp	0,940
22	7882	Sóc Trăng	0,969
23	7902	Bạc Liêu	0,974
24	7932	Giá Rai	0,995
25	8042	Cà Mau	1,019

- Ứng dụng phần mềm PSS/E 33 hỗ trợ tính toán và phân tích, kết quả điện áp (pu) tại điểm tới hạn - "mũi" 1706,25 MW ở 25 nút khảo sát vị trí khi chưa lắp đặt thiết bị bù tĩnh - SVC, cụ thể số liệu tại Bảng 1.

4.3 Thảo luận

- Như vậy, từ kết quả tính toán và phân tích như trên có thể xác định vị trí nút 7752 (Long Xuyên) là vị trí có điện áp thấp nhất trong 25 vị trí nút khảo sát lắp đặt SVC của hệ thống điện 220kV miền Tây Nam Bộ. Đây cũng có thể vị trí lắp đặt thiết bị bù tĩnh - SVC là phù hợp để nâng cao ổn định hệ thống điện và biên độ dự phòng công suất tải hay độ dự trữ ổn định của hệ thống điện.

$$\Delta P\% = \frac{P_{\text{giới hạn_SVC}} - P_{\text{giới hạn}}}{P_{\text{giới hạn}}} 100\% \qquad (4)$$

- Trong các tính toán, dung lượng SVC phát/thu mặc định ±500MVAr. Sử dụng phần mềm PSS/E 33.4.0 hỗ trợ khảo sát, tính toán độ dự trữ công suất [5] cho phép tại 25 vị trí nút khảo sát so với lúc chưa lắp SVC được thể hiện dữ liệu Bảng 2.

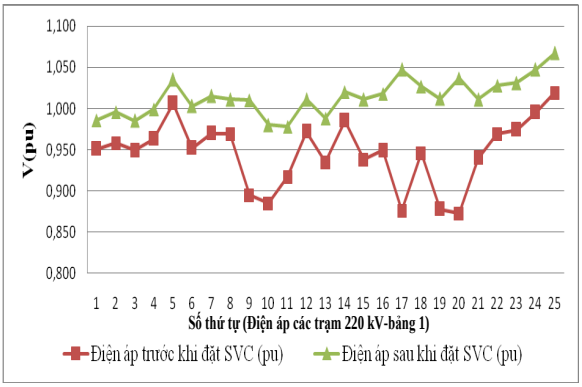
- Điện áp (pu) ở 25 vị trí sau khi đặt SVC tại nút 7752 Long Xuyên. Dữ liệu được thể hiện tại Bảng 3.

Bảng 2. *Bảng dữ liệu độ dự trữ hệ thống sau khi đặt SVC*

Thanh cái	Tên nút	Điện áp trước khi đặt SVC (pu)	Công suất huy động khi có SVC (MW)	Độ dự trữ hệ thống sau khi đặt SVC (%)
5132	Đức Hòa	0,951	2218,75	30,0366
5142	Long An	0,958	2231,25	30,7692
5152	Bến Lức	0,949	2212,50	29,6703
5232	Đức Hòa 500	0,963	2225,00	30,4029
6452	Trà Vinh	1,006	2037,50	19,4139
6802	Cai Lậy	0,952	2312,50	35,5311
6822	Mỹ Tho	0,970	2275,00	33,3333
6892	Mỹ Tho 2	0,969	2243,75	31,5018
6902	Thốt Nốt	0,895	2425,00	42,1245
6932	Cao Lãnh	0,885	2412,50	41,3919
7062	Sa Đéc	0,917	2312,50	35,5311
7182	Bến Tre	0,972	2193,50	28,5568
7202	Vĩnh Long 2	0,935	2275,00	33,3333
7282	Mỏ Cày	0,985	2131,35	24,9143
7402	Trà Nóc	0,938	2356,25	38,0952
7412	Ninh Kiều	0,949	2337,50	36,9963
7642	Châu Đốc	0,876	2387,50	39,9267
7702	Rạch Giá	0,946	2268,75	32,9670
7732	Kiên Lương	0,878	2318,75	35,8974
7752	**Long Xuyên**	**0,873**	**2437,50**	**42,8571**
7872	Phụng Hiệp	0,940	2337,50	36,9963
7882	Sóc Trăng	0,969	2287,50	34,0659
7902	Bạc Liêu	0,974	2206,25	29,3040
7932	Giá Rai	0,995	2137,50	25,2747
8042	Cà Mau	1,019	2081,25	21,9780

- Khi đó, điện áp ở các vị trí khảo sát lúc chưa lắp đặt SVC và có lắp đặt SVC tại nút Long Xuyên, với trường hợp biên độ giới hạn (hay biên độ dự trữ) là 1706,25 MW, kết quả được thể hiện ở đường trên của biểu đồ Hình 7.

- Điện áp trung bình tại vị trí khảo sát lúc chưa lắp đặt SVC được tính toán là 0,946 pu. Điện áp trung bình tại vị trí khảo sát lúc lắp đặt SVC được tính toán là 1,014 pu. Như vậy, kết quả điện áp trung bình sau khi lắp đặt SVC được nâng cao hơn lúc chưa lắp đặt SVC, với lượng tăng là 6,756 %.



Hình 7. *Biểu đồ điện áp trước và sau khi lắp đặt SVC.*

Bảng 3. *Bảng dữ liệu điện áp tại 25 vị trí sau khi đặt SVC ở Long Xuyên*

Thanh cái	Tên nút	Điện áp trước khi đặt SVC (pu)	Điện áp sau khi đặt SVC (pu)	Độ dự trữ hệ thống sau khi đặt SVC (%)
5132	Đức Hòa	0,951	0,986	30,0366
5142	Long An	0,958	0,996	30,7692
5152	Bến Lức	0,949	0,985	29,6703
5232	Đức Hòa 500	0,963	0,999	30,4029
6452	Trà Vinh	1,006	1,035	19,4139
6802	Cai Lậy	0,952	1,003	35,5311
6822	Mỹ Tho	0,970	1,015	33,3333
6892	Mỹ Tho 2	0,969	1,011	31,5018
6902	Thốt Nốt	0,895	1,010	42,1245
6932	Cao Lãnh	0,885	0,980	41,3919
7062	Sa Đéc	0,917	0,978	35,5311
7182	Bến Tre	0,972	1,011	28,5568
7202	Vĩnh Long 2	0,935	0,988	33,3333
7282	Mỏ Cày	0,985	1,020	24,9143
7402	Trà Nóc	0,938	1,011	38,0952
7412	Ninh Kiều	0,949	1,018	36,9963
7642	Châu Đốc	0,876	1,047	39,9267
7702	Rạch Giá	0,946	1,027	32,9670

Thanh cái	Tên nút	Điện áp trước khi đặt SVC (pu)	Điện áp sau khi đặt SVC (pu)	Độ dự trữ hệ thống sau khi đặt SVC (%)
7732	Kiên Lương	0,878	1,012	35,8974
7752	**Long Xuyên**	**0,873**	1,037	**42,8571**
7872	Phụng Hiệp	0,940	1,011	36,9963
7882	Sóc Trăng	0,969	1,028	34,0659
7902	Bạc Liêu	0,974	1,031	29,3040
7932	Giá Rai	0,995	1,047	25,2747
8042	Cà Mau	1,019	1,067	21,9780

- Qua những khảo sát, đánh giá và phân tích bằng giải pháp ứng dụng đường cong PV để xác định vị trí lắp đặt thiết bị bù tĩnh - SVC để nâng cao ổn định hệ thống và biên độ dự phòng công suất tải hay độ dự trữ ổn định của hệ thống. Kết quả chứng minh như trên có thể khẳng định vị trí lắp đặt thiết bị bù tĩnh - SVC tại vị trí nút Long Xuyên của hệ thống là phù hợp.

- Như vậy, giải pháp ứng dụng đường cong PV giúp cho chúng ta xác định vị trí lắp đặt SVC cho hệ thống là phù hợp để nâng cao ổn định hệ thống điện.

5. KẾT LUẬN

Điện áp trung bình tại vị trí khảo sát lúc lắp đặt SVC được tính toán là 1,014 pu. Như vậy, kết quả điện áp trung bình sau khi lắp đặt SVC được nâng cao hơn lúc chưa lắp đặt SVC, với lượng tăng là 6,756 %. Qua những khảo sát, đánh giá và phân tích bằng giải pháp ứng dụng đường cong PV để xác định vị trí lắp đặt thiết bị bù tĩnh - SVC để nâng cao ổn định hệ thống và biên độ dự phòng công suất tải hay độ dự trữ ổn định của hệ thống. Kết quả chứng minh như trên có thể khẳng định vị trí lắp đặt thiết bị bù tĩnh - SVC tại vị trí nút Long Xuyên của hệ thống là phù hợp.

Hệ thống điện truyền tải Việt Nam hiện nay rộng lớn và rất đa dạng, tốc độ phát triển của phụ tải rất nhanh dẫn đến phải xây dựng nhiều nhà máy và nhiều đường dây để truyền tải công suất từ các nhà máy đến các trạm biến áp để phân phối cho các trung tâm phụ tải, tuy nhiên việc xây dựng các đường dây truyền tải mới làm tốn kém đất đai, chi phí đầu tư và làm ảnh hưởng đến môi trường. Trong khi đó, các đường dây truyền tải hiện tại vẫn chưa tận dụng hết được khả năng truyền tải. Vì vậy, công trình nghiên cứu này rất có giá trị để áp dụng vào thực tiễn hệ thống điện truyền tải Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyen Hong Anh và Le Cao Quyen, Lựa chọn thiết bị bù công suất phản kháng tối ưu cho lưới điện 500kV Việt Nam, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, Đại học Đà Nẵng, số 3(26), 2008.

[2] Quyen Le Cao, Tuan Tran Quoc and Anh Nguyen Hong, *Study of FACTS Device Applications for the 500kV Vietnam 's Power System*. IEEE PES T&D, 19-22 April, 2010.

[3] Le Huu Hung, Đinh Thanh Viet, Ngo Van Duong và Nguyen Tung Lam, Kết hợp sử dụng đường cong PV và QV để phân tích ổn định điện áp hệ thống điện 500kV Việt Nam, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, Đại học Đà Nẵng, số 4(39), 2010.

[4] Isaiah G. Adebayo , Adisa A. Jimoh , Adedayo A. Yusuff and C. Subramani, *Static Voltage Stability Enhancement Using FACTS Controller*, International Conference on Emerging Technological Trends (ICETT), IEEE, 21-22 Oct, 2016.

[5] Pushpanjali Shadangi, Nisheet Soni. Prediction of voltage stability in power System by using CPF Method. *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET)*, Volume 5, Issue 8, August 2016.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:
Nguyễn Nhân Bổn
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM
Email: bonnn@hcmute.edu.vn