

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

NGUYỄN VĂN CẢ

**TÍNH TOÁN PHÂN TÍCH VÀ
ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP NÂNG CAO ĐỘ TIN CẬY
VẬN HÀNH CHO HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM
ĐẾN GIAI ĐOẠN 2020**

Chuyên ngành : Kỹ thuật điện

Mã số : 60.52.02.02

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng - Năm 2016

Công trình được hoàn thành tại
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. NGÔ VĂN DƯƠNG

Phản biện 1: TS. Trần Tấn Vinh

Phản biện 2: TS. Võ Như Quốc

Luận văn đã được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ Kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 19 tháng 4 năm 2016.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

– Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Hệ thống điện (HTĐ) 500 kV Việt Nam được xây dựng và đưa vào vận hành từ năm 1994, trải qua hơn 20 năm vận hành, hệ thống điện luôn được mở rộng và phát triển.

Qua quá trình thực tế vận hành, hệ thống điện đã xuất hiện các chế độ vận hành mà công suất truyền tải trên đường dây khá lớn, đặc biệt là vào mùa hè nhu cầu phụ tải tăng cao nên các đường dây luôn vận hành trong tình trạng quá tải làm cho điện áp tại một số nút trong hệ thống bị giảm thấp dễ dẫn đến mất ổn định điện áp. Những trường hợp này nếu không có giải pháp hợp lý có thể dẫn đến quá tải một số đường dây, ở một số nơi chất lượng điện năng và độ tin cậy sẽ không được đảm bảo và nặng nề hơn có thể làm sụp đổ điện áp dẫn đến tan rã hệ thống. Do đó, việc tính toán phân tích các chế độ vận hành của hệ thống điện Việt Nam để tìm ra các chế độ nguy hiểm và những hạn chế của lưới điện thực tế là một vấn đề cần thiết đối với việc quản lý, vận hành hệ thống điện nhằm tìm những giải pháp hợp lý nâng cao độ tin cậy vận hành cho HTĐ Việt Nam.

Ngày nay, cùng với sự phát triển của thiết bị điện tử công suất lớn, điện áp cao, công nghệ FACTS ra đời giúp điều khiển linh hoạt và nhanh chóng dòng công suất trên các đường dây truyền tải. Trong khuôn khổ luận văn cao học tác giả sẽ tập trung nghiên cứu thiết bị SVC và TCSC sử dụng cho việc nâng cao độ tin cậy vận hành của hệ thống điện Việt Nam đến giai đoạn 2020.

2. Mục đích nghiên cứu

Tính toán phân tích các chế độ vận hành của hệ thống điện Việt Nam để tìm ra các chế độ nguy hiểm và những hạn chế của lưới điện thực tế.

Nghiên cứu tìm hiểu vai trò của các thiết bị FACTS trong việc điều khiển hệ thống điện.

Tính toán phân tích và lựa chọn một số thiết bị FACTS để lắp đặt cho hệ thống điện Việt Nam để nâng cao độ tin cậy vận hành.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là hệ thống điện Việt Nam theo quy hoạch điện VII, công nghệ và các thiết bị của hệ thống truyền tải điện xoay chiều linh hoạt FACTS. Tìm hiểu vai trò, nguyên lý làm việc của các thiết bị SVC và TCSC.

Phạm vi nghiên cứu của đề tài là tính toán, phân tích các chế độ làm việc của hệ thống điện Việt Nam. Tính toán phân bố trào lưu công suất trong hệ thống điện, độ dự trữ ổn định điện áp nút phụ tải và khả năng tải của đường dây theo điều kiện ổn định.

4. Phương pháp nghiên cứu

Tính toán, phân tích các chế độ làm việc của hệ thống điện Việt Nam theo quy hoạch điện VII.

Sử dụng phần mềm CONUS để tính toán phân tích các chế độ vận hành của hệ thống điện, lựa chọn và tìm vị trí phù hợp để lắp đặt thiết bị SVC và TCSC để nâng cao độ tin cậy vận hành hệ thống điện Việt Nam đến giai đoạn 2020.

5. Ý nghĩa khoa học và tính thực tiễn của đề tài

Kết quả tính toán của luận văn đã đề xuất giải pháp hợp lý để nâng cao độ tin cậy vận hành cho Hệ thống điện Việt Nam, đây là cơ sở để điều chỉnh các thông số vận hành Hệ thống điện trong quá trình quản lý vận hành Hệ thống điện thực tế.

Các phương pháp đã lựa chọn để tính toán phân tích và phần mềm ứng dụng đều có cơ sở khoa học để khẳng định tính chính xác của kết quả tính toán.

6. Tên đề tài

“Tính toán, phân tích và đề xuất giải pháp nâng cao độ tin cậy vận hành cho hệ thống điện Việt Nam đến giai đoạn 2020”

7. Bộ cục luận văn (Gồm có 4 chương)

Chương 1: Tổng quan về hệ thống điện Việt Nam và các thiết bị của hệ thống truyền tải điện xoay chiều linh hoạt FACTS.

Chương 2: Cơ sở tính toán chế độ xác lập của hệ thống điện và các phần mềm ứng dụng.

Chương 3: Tính toán, phân tích các chế độ vận hành của hệ thống điện Việt Nam đến giai đoạn 2020.

Chương 4: Tính toán, đề xuất giải pháp nâng cao độ tin cậy vận hành hệ thống điện Việt Nam đến giai đoạn 2020.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM VÀ CÁC THIẾT BỊ CỦA HỆ THỐNG TRUYỀN TẢI ĐIỆN XOAY CHIỀU LINH HOẠT FACTS

1.1. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM

1.1.1. Quá trình hình thành và phát triển

1.1.2. Hiện trạng và định hướng phát triển nguồn điện

1.1.3. Hiện trạng và định hướng phát triển lưới điện truyền tải siêu cao áp

1.2. HỆ THỐNG TRUYỀN TẢI ĐIỆN XOAY CHIỀU LINH HOẠT FACT

1.2.1. Mở đầu

1.2.2. Các giải pháp kỹ thuật của thiết bị điều khiển công suất

a. Thiết bị điều khiển nối tiếp

b. Thiết bị điều khiển song song

c. Thiết bị điều khiển kết hợp nối tiếp - nối tiếp

d. Thiết bị kết hợp điều khiển nối tiếp - song song

1.2.3. Tính chất và hiệu quả của việc sử dụng các thiết bị FACTS

a. Tính chất của việc sử dụng các thiết bị FACTS trong các hệ thống truyền tải điện

b. Hiệu quả của việc sử dụng các thiết bị FACTS trong các hệ thống truyền tải điện

1.3. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA SVC

1.3.1. Cấu tạo của SVC

1.3.2. Nguyên lý hoạt động của SVC

1.4. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA TCSC

1.4.1. Cấu tạo của TCSC

1.4.2. Nguyên lý hoạt động của TCSC

1.5. KẾT LUẬN

Hiện nay, do nhu cầu phụ tải tăng nhanh, tình trạng các NMĐ và các Trạm Biến áp vận hành đã lâu, đồng thời do thiếu vốn đầu tư nên lưới không phát triển đồng bộ với nguồn, phân bố nguồn và tải không đồng đều, mặt khác phải truyền tải với điện áp cao liên tục trên tuyến Bắc - Nam nên nhiều đường dây và NMĐ luôn vận hành trong tình trạng đầy tải và quá tải dễ xảy ra sự cố gây sụt giảm điện áp, làm mất ổn định điện áp ảnh hưởng đến HTĐ và có khả năng gây sụp đổ điện áp hoặc tan rã HTĐ.

Ngày nay, các thiết bị FACTS đã được thiết kế, chế tạo và được sử dụng phổ biến trên thế giới với rất nhiều chủng loại phù hợp với yêu cầu điều khiển trong hệ thống điện. Việc nghiên cứu, xem xét các ứng dụng FACTS dựa vào mục đích điều khiển, hiện trạng liên kết lưới điện và tính toán các chi phí đầu tư xây dựng và lợi ích kinh tế mà thiết bị FACTS mang lại để đưa vào vận hành trong hệ thống truyền tải điện là điều thiết thực, nhằm tăng độ tin cậy cung cấp điện và giảm các dao động hệ thống, nâng cao chất lượng điện năng.

CHƯƠNG 2

CƠ SỞ TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ XÁC LẬP CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN VÀ CÁC PHẦN MỀM ỨNG DỤNG

2.1. MỞ ĐẦU

Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật cùng với công nghệ máy tính ta có thể xây dựng nên các ma trận mạng trên máy tính như ma trận A , C , $Y_{\text{nút}}$, $Z_{\text{nút}}$ đặc biệt ma trận $Z_{\text{nút}}$ bằng phương pháp mở rộng dần sơ đồ. Cùng với đó, các phương pháp giải tích Newton - Raphson, Gauss - Seidel mạng điện phát triển dựa trên ma trận $Y_{\text{nút}}$, $Z_{\text{nút}}$. Phương pháp Newton Raphson có độ hội tụ mạnh hơn phương pháp Gauss - Seidel. Cả hai phương pháp này rất thích hợp cho việc tính toán CĐXL của HTĐ.

2.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN GIẢI TÍCH MẠNG ĐIỆN

2.2.1. Phương pháp lặp Gauss - Seidel

2.2.2. Phương pháp lặp Newton – Raphson

2.3. GIỚI THIỆU CÁC PHẦN MỀM ỨNG DỤNG

2.3.1. Phần mềm POWERWORLD SIMULATOR

2.3.2. Phần mềm PSS/E

2.3.3. Phần mềm PSS/ADEPT

2.3.4. Phần mềm CONUS

2.3.5. Phân tích lựa chọn chương trình tính toán

CONUS dùng để tính toán trào lưu công suất và đánh giá ổn định hệ thống. Với mã nguồn mở của phần mềm Conus, ta có thể sử dụng các file kết quả của chương trình để vẽ lên sơ đồ. Việc kết hợp mã nguồn mở của chương trình Conus và ngôn ngữ lập trình Pascal là giải pháp tối ưu để xây dựng chương trình mô phỏng chế độ làm việc của hệ thống điện cũng như phân tích ổn định tĩnh cho hệ thống. Bên cạnh đó, Conus còn là chương trình tính toán chế độ xác lập có tính ổn

định cao, cho kết quả chính xác, dễ nhập và dễ cập nhật số liệu, file kết quả tính toán rõ ràng và đầy đủ thông số hệ thống, chương trình cũng có xét đến ổn định tĩnh của hệ thống và đặc biệt là chức năng nâng cao khả năng ổn định điện áp bằng thiết bị SVC.

Phần mềm Conus có giao diện đã được Việt hóa nên rất dễ dàng trong việc tiếp cận và sử dụng.

Chương trình đã được thử thách ứng dụng qua tính toán đường dây siêu cao áp 500 kV Bắc - Nam và quy hoạch phát triển lưới điện Việt Nam đến năm 2015, do đó tác giả đã chọn modul tính toán của chương trình Conus để tính toán chế độ xác lập của Hệ thống điện Việt Nam đến giai đoạn 2020.

2.4. GIỚI THIỆU VỀ PHẦN MỀM CONUS

2.4.1. Xây dựng mô hình tính toán trên phần mềm Conus

a. Cập nhật số liệu đầu vào cho phần mềm Conus

b. Xây dựng sơ đồ lưới mô phỏng

c. Kết quả tính toán

2.4.2. Sử dụng phần mềm tính toán Conus

2.5. KẾT LUẬN

Hiện nay, thường sử dụng phương pháp giải tích mạng điện như Newton - Raphson và Gauss - Seidel để tính toán các thông số của hệ thống ở CĐXL. Phương pháp lặp Newton - Raphson đưa ra cách xử lý có độ hội tụ mạnh hơn các phép lặp Gauss - Seidel. Do vậy, có rất nhiều phần mềm ứng dụng từ hai phương pháp giải tích mạng điện này như phần mềm CONUS, PSS/E...

Để tính toán phân tích các chế độ làm việc của HTĐ nhằm tìm các vị trí phù hợp để lắp đặt SVC và TCSC, tác giả đã lựa chọn phần mềm Conus để tính toán phân tích.

CHƯƠNG 3

TÍNH TOÁN, PHÂN TÍCH CÁC CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM ĐẾN GIAI ĐOẠN 2020

3.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Điện áp là một trong những đại lượng quan trọng để đánh giá chất lượng điện năng. Ổn định điện áp là khả năng duy trì điện áp tại tất cả các nút nằm trong phạm vi cho phép. Các thay đổi trong quá trình vận hành có thể làm cho quá trình giảm điện áp xảy ra và nặng nề nhất có thể rơi vào tình trạng không thể điều khiển được hay sụp đổ điện áp.

Ngày nay, với sự phát triển nhanh của thiết bị điện tử công suất lớn, điện áp cao cho nên công nghệ FACTS ra đời nhằm giúp quá trình thực hiện điều khiển điện áp trên hệ thống điện cụ thể là đường dây truyền tải được linh hoạt và nhanh chóng.

3.2. LỰA CHỌN CHẾ ĐỘ TÍNH TOÁN

3.2.1. Chế độ vận hành thấp điểm mùa mưa

3.2.2. Chế độ vận hành cao điểm mùa mưa

3.2.3. Chế độ vận hành thấp điểm mùa khô

3.2.4. Chế độ vận hành cao điểm mùa khô

3.3. TÍNH TOÁN, PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH ĐẾN ĐIỆN ÁP TẠI CÁC NÚT PHỤ TẢI

3.3.1. Chế độ vận hành thấp điểm mùa mưa

3.3.2. Chế độ vận hành cao điểm mùa mưa

3.3.3. Chế độ vận hành thấp điểm mùa khô

3.3.4. Chế độ vận hành cao điểm mùa khô

3.3.5. Nhận xét, đánh giá

Sau khi phân tích hệ thống điện Việt Nam ở các chế độ vận hành và xem xét điện áp các nút, nhận thấy có rất nhiều nút mà tại đó điện áp rơi khỏi vùng cho phép, điện áp ở chế độ thấp điểm có thể nằm trong vùng giới hạn cho phép nhưng điện áp ở chế độ cao điểm thì quá

thấp, đặc biệt ở chế độ cao điểm mùa khô, một số nút điện áp giảm thấp hơn nhiều so với giới hạn điện áp vận hành cho phép ($U_{dm} \pm 5\%$).

Bảng 3.1. Điện áp vận hành các nút yếu ở các chế độ tương ứng

Nút	Tên nút	Cao điểm	Thấp điểm	Cao điểm	Thấp điểm
		Mùa mưa	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa khô
		Unút (kV)	Unút (kV)	Unút (kV)	Unút (kV)
11	Đông Anh	482.7	502.9	469.5	475.8
14	Bắc Ninh	488.9	505.7	479.9	484.3
19	Long Biên	483.8	503.3	475.9	478.9
30	Dốc Sỏi	487.1	502.4	465.9	473.5
32	Pleiku	493.7	515.5	473.3	479.1
33	Đăk Nông	490.4	508.0	469.6	478.3
34	Di Linh	487.8	504.0	469.8	476.6
38	Mỹ Phước	485.2	504.4	464.8	472.6
39	Tân Định	486.0	500.4	472.6	480.3
45	Cầu Bông	479.4	498.0	461.8	471.1
46	Củ Chi	483.3	501.8	462.6	470.2
47	Đức Hòa	487.2	502.7	469.8	478.4
48	Phú Lâm	484.9	501.1	467.8	476.9
49	Nhà Bè	488.7	503.0	472.0	481.0

Qua bảng số liệu điện áp vận hành các nút ở các chế độ ta thấy điện áp các nút ở chế độ thấp điểm mùa mưa lớn hơn nhiều so với chế độ thấp điểm mùa khô, điện áp ở chế độ cao điểm mùa khô thấp hơn nhiều so với chế độ cao điểm mùa mưa nên tác giả lựa chọn chế độ thấp điểm mùa mưa và chế độ cao điểm mùa khô để tiến hành tính toán, phân tích tình trạng vận hành của hệ thống điện.

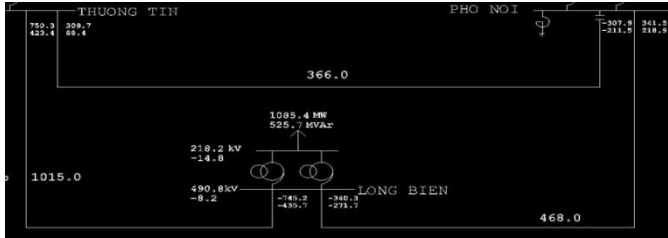
3.4. TÍNH TOÁN PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH ĐẾN KHẢ NĂNG TẢI CỦA ĐƯỜNG DÂY

3.4.1. Chế độ thấp điểm mùa mưa

Đường dây Thường Tín - Long Biên trong mạch vòng Thường Tín - Long Biên - Phố Nối vận hành trong trạng thái quá tải, hai đường dây còn lại trong mạch vòng vận hành với tình trạng non tải.

Bảng 3.2. Dòng điện trong mạch vòng ở chế độ thấp điểm mùa mưa

Đường dây Thường Tín - Long Biên		Đường dây Phố Nối - Thường Tín		Đường dây Phố Nối - Long Biên	
I	I_{cp}	I	I_{cp}	I	I_{cp}
1015	1000	366	1000	468	1000



Hình 3.5. Giá trị điện áp nút và dòng điện trong mạch vòng Thường Tín - Phố Nối - Long Biên ở chế độ thấp điểm mùa mưa

3.4.2. Chế độ cao điểm mùa khô

Đường dây Phố Nối - Long Biên trong mạch vòng Thường Tín - Long Biên - Phố Nối vận hành trong trạng thái quá tải, hai đường dây còn lại trong mạch vòng đang vận hành trong tình trạng non tải.

Bảng 3.3. Dòng điện trong mạch vòng ở chế độ cao điểm mùa khô

Đường dây Thường Tín - Long Biên		Đường dây Phố Nối - Thường Tín		Đường dây Phố Nối - Long Biên	
I	I_{cp}	I	I_{cp}	I	I_{cp}
476	1000	526	1000	1059	1000



Hình 3.6. Giá trị điện áp nút và dòng điện trong mạch vòng Thường Tín - Phố Nối - Long Biên ở chế độ cao điểm mùa khô

3.4.3. Nhận xét đánh giá

Để khắc phục tình trạng quá tải trên các đường dây 500 kV trong mạch vòng Thường Tín - Long Biên - Phố Nối ở các chế độ vận hành, ta sử dụng thiết bị TCSC lắp đặt tại các vị trí hợp lý trong mạch vòng Thường Tín - Long Biên - Phố Nối để điều khiển trào lưu công suất chuyển từ đường dây quá tải sang đường dây non tải.

Giải pháp sử dụng thiết bị TCSC lắp đặt trên các đường dây để hạn chế quá tải cho các đường dây truyền tải lại có nhiều ưu điểm như cho phép điều khiển linh hoạt dòng công suất truyền tải trên đường dây theo chế độ vận hành, thi công lắp đặt đơn giản, thời gian thi công nhanh hạn chế, thời gian ngừng cung cấp điện ngắn. Do đó tác giả lựa chọn giải pháp sử dụng thiết bị TCSC lắp đặt trên các đường dây để hạn chế quá tải cho các đường dây truyền tải trong hệ thống điện.

3.5. KẾT LUẬN

Qua phân tích biến động điện áp của các nút theo các chế độ vận hành cho thấy đối với các nút này không thể sử dụng thiết bị bù cố định để điều chỉnh điện áp được mà cần thiết phải sử dụng thiết bị SVC để điều chỉnh việc bù và tiêu thụ công suất phản kháng tại một số nút nguy hiểm nhằm duy trì điện áp tại các nút nằm trong giới hạn điện áp vận hành cho phép. Về khả năng tải trên các đường dây thì trong mạch vòng Thường Tín - Long Biên - Phố Nối, đường dây Thường Tín - Long Biên quá tải trong chế độ thấp điểm mùa mưa và đường dây Long Biên - Phố Nối bị quá tải trong chế độ cao điểm mùa khô. Qua phân tích các giải pháp, tác giả đề xuất sử dụng thiết bị TCSC để điều khiển trào lưu công suất trong mạch vòng nhằm khắc phục tình trạng quá tải trên các đường dây.

CHƯƠNG 4

TÍNH TOÁN, ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP NÂNG CAO ĐỘ TIN CẬY VẬN HÀNH HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM ĐẾN GIAI ĐOẠN 2020

4.1. GIẢI PHÁP LẮP ĐẶT THIẾT BỊ SVC ĐỂ CẢI THIỆN ĐIỆN ÁP VẬN HÀNH

4.1.1. Phương pháp tính toán lựa chọn công suất và vị trí lắp đặt SVC

Qua tính toán, phân tích điện áp các nút trong hệ thống điện ở các chế độ vận hành, nhận thấy một số khu vực có điện áp giảm thấp trong chế độ cao điểm. Để phân tích tìm vị trí và lựa chọn công suất lắp đặt SVC, có thể lựa chọn 3 khu vực để tính toán như sau:

Khu vực 1: Các nút Đông Anh, Bắc Ninh, Long Biên

Khu vực 2: Các nút Dốc Sỏi, Pleiku, Đắk Nông, Di Linh

Khu vực 3: Các nút Mỹ Phước, Tân Định, Cầu Bông, Củ Chi, Đức Hòa, Phú Lâm, Nhà Bè.

4.1.2. Tính toán, lựa chọn vị trí lắp đặt SVC tại khu vực 1

a. Đặt SVC tại nút Đông Anh

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-200 \div 1100)$ MVar.

b. Đặt SVC tại nút Bắc Ninh

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-400 \div 1200)$ MVar.

c. Đặt SVC tại nút Long Biên

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-200 \div 1800)$ MVar.

d. Lựa chọn vị trí lắp đặt SVC tại khu vực 1

Qua kết quả tính toán phạm vi điều chỉnh CSPK của SVC khi lắp đặt tại 3 nút ở khu vực 1 cho thấy lắp đặt SVC tại nút Đông Anh có phạm vi điều chỉnh nhỏ nhất (công suất SVC nhỏ nhất) và điện áp các nút trong khu vực này đều được nâng lên nằm trong giới hạn cho phép. Do đó tác giả lựa chọn nút Đông Anh để lắp đặt SVC ở khu vực 1 với

phạm vi điều chỉnh CSPK của SVC là $Q_{SVC} = (-200 \div 1100)$ MVar.

e. Tính toán, phân tích điện áp các nút trong hệ thống sau khi lắp đặt thiết bị SVC tại Đông Anh ở các chế độ vận hành

Bảng 4.1. Điện áp của các nút yếu trước và sau khi đặt SVC tại Đông Anh ở chế độ cao điểm

Nút	Tên nút	Trước khi đặt SVC tại Đông Anh		Sau khi đặt SVC tại Đông Anh	
		$U_{500}(kV)$	$U_{220}(kV)$	$U_{500}(kV)$	$U_{220}(kV)$
11	Đông Anh	469.5	195.5	500.0	210.5
14	Bắc Ninh	479.9	202.0	496.6	210.2
19	Long Biên	475.9	197.1	483.9	201.2
30	Đốc Sỏi	465.9	195.1	467.0	195.7
32	Pleiku	473.3	211.9	473.9	212.2
33	DakNong	469.6	223.4	470.2	223.6
34	Di Linh	469.8	194.1	470.3	194.3
38	Mỹ Phước	464.8	191.6	465.3	191.8
39	Tân Định	472.6	193.9	472.9	194.0
45	Cầu Bông	461.8	191.6	462.1	191.7
46	Củ Chi	462.6	192.0	463.0	192.2
47	Đức Hòa	469.8	192.5	470.0	192.6
48	Phú Lâm	467.8	191.5	468.1	191.6
49	Nhà Bè	472.0	193.6	472.2	193.7

Bảng 4.2. Điện áp của các nút yếu trước và sau khi đặt SVC tại Đông Anh ở chế độ thấp điểm

Nút	Tên nút	Trước khi đặt SVC tại Đông Anh		Sau khi đặt SVC tại Đông Anh	
		$U_{500}(kV)$	$U_{220}(Kv)$	$U_{500}(kV)$	$U_{220}(kV)$
11	Đông Anh	502.9	220.3	500.0	219.0
14	Bắc Ninh	505.7	219.4	504.2	218.7
19	Long Biên	503.3	218.3	502.7	218.0
30	Đốc Sỏi	502.4	216.7	502.3	216.7
32	Pleiku	510.5	229.5	510.5	229.5
33	DakNong	508.0	230.5	508.0	230.5
34	Di Linh	504.0	215.1	504.0	215.1
38	Mỹ Phước	504.4	216.5	504.3	216.4

Nút	Tên nút	Trước khi đặt SVC tại Đông Anh		Sau khi đặt SVC tại Đông Anh	
		U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (Kv)	U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (kV)
39	Tân Định	500.4	213.3	500.4	213.3
45	Cầu Bông	498.0	213.4	498.0	213.4
46	Củ Chi	501.8	215.2	501.8	215.2
47	Đức Hòa	502.7	215.7	502.7	215.7
48	Phú Lâm	501.1	214.9	501.1	214.9
49	Nhà Bè	503.0	215.8	503.0	215.8

Kết quả xác định vị trí đặt SVC và tính toán dung lượng bù cho thấy điện áp các nút ở khu vực 1 được cải thiện và đều nằm trong giới hạn cho phép. Điện áp các nút ở khu vực khác tuy có cải thiện nhưng vẫn còn thấp so với điện áp theo quy định vận hành. Do đó tiếp tục tiến hành lắp đặt SVC lần lượt tại các nút ở khu vực 2.

4.1.3. Tính toán, lựa chọn vị trí lắp đặt SVC tại khu vực 2

a. Đặt SVC tại nút Dốc Sỏi

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-100 \div 900)$ MVar.

b. Đặt SVC tại nút Pleiku

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-600 \div 1100)$ MVar.

c. Đặt SVC tại nút Đăk Nông

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-300 \div 900)$ MVar.

d. Đặt SVC tại nút Di Linh

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-200 \div 1100)$ MVar.

e. Lựa chọn vị trí lắp đặt SVC tại khu vực 2

Qua kết quả tính toán phạm vi điều chỉnh CSPK của SVC khi lắp đặt tại 4 nút ở khu vực 2 cho thấy lắp đặt SVC tại nút Dốc Sỏi có phạm vi điều chỉnh nhỏ nhất (công suất SVC nhỏ nhất). Do đó tác giả lựa chọn nút Dốc Sỏi để lắp đặt SVC ở khu vực 2 với phạm vi điều chỉnh CSPK của SVC là $Q_{SVC} = (-100 \div 900)$ MVar.

f. Tính toán, phân tích điện áp các nút trong hệ thống sau khi lắp đặt thiết bị SVC tại Đông Anh và Dốc Sỏi ở các chế độ vận hành.

Bảng 4.3. Điện áp của các nút yếu trước và sau khi đặt SVC tại Đông Anh và Dốc Sỏi ở chế độ cao điểm

Nút	Tên nút	Sau khi đặt SVC tại Đông Anh		Sau khi đặt SVC tại Đông Anh và Dốc Sỏi	
		U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (kV)	U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (kV)
11	Đông Anh	500.0	210.5	500.0	210.5
14	Bắc Ninh	496.6	210.2	496.9	210.3
19	Long Biên	483.9	201.2	484.7	201.6
30	Dốc Sỏi	467.0	195.7	510.0	216.7
32	Pleiku	473.9	212.2	488.9	219.0
33	DakNong	470.2	223.6	482.8	229.3
34	Di Linh	470.3	194.3	481.3	199.9
38	Mỹ Phước	465.3	191.8	474.7	196.5
39	Tân Định	472.9	194.0	479.4	197.4
45	Cầu Bông	462.1	191.7	468.3	194.8
46	Củ Chi	463.0	192.2	470.8	196.1
47	Đức Hòa	470.0	192.6	475.0	195.1
48	Phú Lâm	468.1	191.6	472.7	193.9
49	Nhà Bè	472.2	193.7	476.3	195.8

Bảng 4.4. Điện áp của các nút yếu trước và sau khi đặt SVC tại Đông Anh và Dốc Sỏi ở chế độ thấp điểm

Nút	Tên nút	Sau khi đặt SVC tại Đông Anh		Sau khi đặt SVC tại Đông Anh và Dốc Sỏi	
		U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (kV)	U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (kV)
11	Đông Anh	500.0	219.0	500.0	219.0
14	Bắc Ninh	504.2	218.7	504.0	218.7
19	Long Biên	502.7	218.0	502.6	218.0
30	Dốc Sỏi	502.3	216.7	500.0	215.6
32	Pleiku	510.5	229.5	510.0	229.2
33	DakNong	508.0	230.5	507.6	230.4
34	Di Linh	504.0	215.1	503.6	214.9
38	Mỹ Phước	504.3	216.4	504.0	216.3
39	Tân Định	500.4	213.3	500.2	213.2

Nút	Tên nút	Sau khi đặt SVC tại Đông Anh		Sau khi đặt SVC tại Đông Anh và Đốc Sởi	
		U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (kV)	U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (kV)
45	Cầu Bông	498.0	213.4	497.8	213.3
46	Củ Chi	501.8	215.2	501.6	215.1
47	Đức Hòa	502.7	215.7	502.5	215.6
48	Phú Lâm	501.1	214.9	501.0	214.9
49	Nhà Bè	503.0	215.8	502.9	215.7

Kết quả xác định vị trí lắp đặt SVC và tính toán dung lượng bù cho thấy điện áp các nút khu vực 1 và khu vực 2 đã được cải thiện đáng kể và đều nằm trong giới hạn cho phép. Điện áp các nút ở khu vực 3 tuy có cải thiện nhưng vẫn còn thấp hơn so với điện áp cho phép theo quy định vận hành. Do đó tiếp tục tiến hành tính toán lắp đặt SVC lần lượt tại các nút ở khu vực 3.

4.1.4. Tính toán, lựa chọn vị trí lắp đặt SVC tại khu vực 3

a. Đặt SVC tại nút Mỹ Phước

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-200 \div 1300)$ MVar.

b. Đặt SVC tại nút Tân Định

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-100 \div 1800)$ MVar.

c. Đặt SVC tại nút Cầu Bông

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-100 \div 1700)$ MVar.

d. Đặt SVC tại nút Củ Chi

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-200 \div 1500)$ MVar.

e. Đặt SVC tại nút Đức Hòa

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-300 \div 1800)$ MVar.

f. Đặt SVC tại nút Phú Lâm

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-200 \div 1900)$ MVar.

g. Đặt SVC tại nút Nhà Bè

Công suất của SVC được chọn là $Q_{SVC} = (-300 \div 1600)$ MVar.

h. Lựa chọn vị trí lắp đặt SVC tại khu vực 3

Qua kết quả tính toán phạm vi điều chỉnh CSPK của SVC khi lắp đặt tại 7 nút ở khu vực 3 cho thấy lắp đặt SVC tại nút Mỹ Phước có phạm vi điều chỉnh nhỏ nhất (công suất SVC nhỏ nhất). Do đó tác giả lựa chọn nút Mỹ Phước để lắp đặt SVC ở khu vực 3 với phạm vi điều chỉnh CSPK của SVC là $Q_{SVC} = (-200 \div 1300)$ MVar.

i. Tính toán, phân tích điện áp các nút trong hệ thống sau khi lắp đặt thiết bị SVC tại Đông Anh, Đốc Sỏi và Mỹ Phước ở các chế độ vận hành

Bảng 4.5. Điện áp của các nút yếu sau khi đặt SVC tại 3 khu vực ở chế độ cao điểm

Nút	Tên nút	Sau khi đặt SVC tại Đông Anh và Đốc Sỏi		Sau khi đặt SVC tại Đông Anh, Đốc Sỏi, Mỹ Phước	
		U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (kV)	U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (kV)
11	Đông Anh	500.0	210.5	500.0	210.5
14	Bắc Ninh	496.9	210.3	497.0	210.4
19	Long Biên	484.7	201.6	484.9	201.7
30	Đốc Sỏi	510.0	216.7	510.0	216.7
32	Pleiku	488.9	219.0	501.5	224.8
33	DakNong	482.8	229.3	499.5	234.7
34	Di Linh	481.3	199.9	492.0	205.2
38	Mỹ Phước	474.7	196.5	500.0	209.2
39	Tân Định	479.4	197.4	487.5	201.5
45	Cầu Bông	468.3	194.8	481.4	201.4
46	Cù Chi	470.8	196.1	491.2	206.2
47	Đức Hòa	475.0	195.1	486.0	200.7
48	Phú Lâm	472.7	193.9	482.1	198.7
49	Nhà Bè	476.3	195.8	484.1	199.7

*Bảng 4.6. Điện áp của các nút yếu sau khi đặt SVC
tại 3 khu vực ở chế độ thấp điểm*

Nút	Tên nút	Sau khi đặt SVC tại Đông Anh và Dốc Sỏi		Sau khi đặt SVC tại Đông Anh, Dốc Sỏi, Mỹ Phước	
		U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (kV)	U ₅₀₀ (kV)	U ₂₂₀ (kV)
11	Đông Anh	500.0	219.0	500.0	219.0
14	Bắc Ninh	504.0	218.7	504.1	218.7
19	Long Biên	502.6	218.0	502.6	218.0
30	Dốc Sỏi	500.0	215.6	500.0	215.6
32	Pleiku	510.0	229.2	508.4	228.5
33	DakNong	507.6	230.4	505.1	229.6
34	Di Linh	503.6	214.9	502.3	214.2
38	Mỹ Phước	504.0	216.3	500.0	214.4
39	Tân Định	500.2	213.2	499.1	212.7
45	Cầu Bông	497.8	213.3	495.9	212.4
46	Củ Chi	501.6	215.1	498.5	213.6
47	Đức Hòa	502.5	215.6	501.0	214.9
48	Phú Lâm	501.0	214.9	499.8	214.3
49	Nhà Bè	502.9	215.7	501.9	215.3

4.1.5. Kết luận

Qua kết quả phân tích điện áp nút trong Bảng 4-5 và Bảng 4-6 cho thấy sau khi lắp đặt SVC tại 3 nút Đông Anh, Dốc Sỏi và Mỹ Phước thì điện áp các nút yếu ở 3 khu vực lắp đặt SVC đều được nâng lên đáng kể và đều nằm trong giới hạn điện áp vận hành cho phép. Điện áp các nút còn lại trong hệ thống điện cũng được tăng lên kéo theo do việc lắp đặt thiết bị SVC vào từng khu vực. Đây chính là giải pháp lắp đặt thiết bị SVC tác giả lựa chọn để ổn định điện áp trong các chế độ vận hành của hệ thống điện.

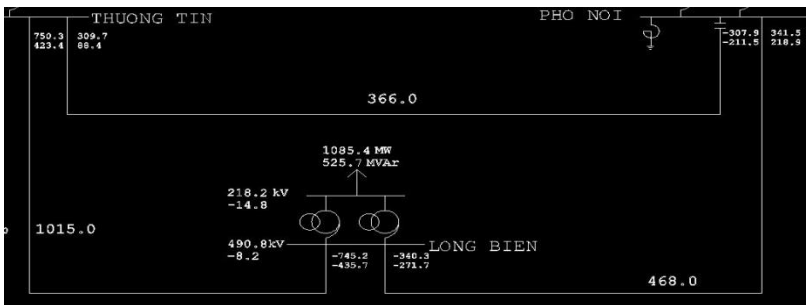
4.2. GIẢI PHÁP LẮP ĐẶT THIẾT BỊ TCSC ĐỂ KHẮC PHỤC TÌNH TRẠNG QUÁ TẢI ĐƯỜNG DÂY

4.2.1. Phương pháp tính toán lựa chọn vị trí đặt TCSC

Để tìm vị trí lắp đặt thiết bị TCSC, ta lần lượt đặt thiết bị TCSC tại hai đầu đường dây trong mạch vòng bị quá tải. Đối với mỗi vị trí đặt TCSC, thực hiện tính toán trong các chế độ vận hành và điều chỉnh giá trị X_{TCSC} thích hợp để phân bố lại trào lưu công suất trong các nhánh mạch vòng để khắc phục tình trạng quá tải trên các đường dây. Ứng với mỗi vị trí đặt TCSC ghi nhận giá trị được điều chỉnh của X_{TCSC} sau đó so sánh giá trị này với giá trị của X_{TCSC} được điều chỉnh khi đặt tại các đường dây khác trong mạch vòng, vị trí nào có giá trị X_{TCSC} được điều chỉnh bé nhất đó chính là vị trí tối ưu được lựa chọn để lắp đặt thiết bị TCSC.

4.2.2. Trường hợp đặt TCSC đầu đường dây Thường Tín - Long Biên

a. Chế độ thấp điểm

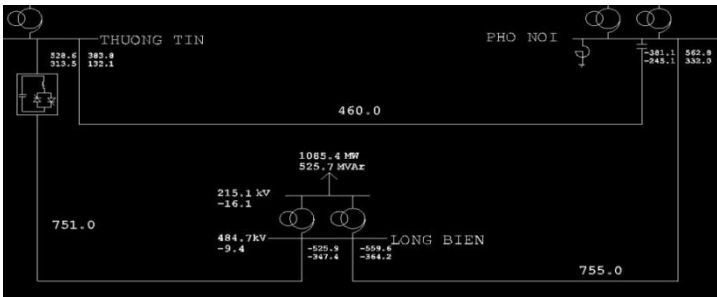


Hình 4.29. Dòng điện trong mạch vòng trước khi đặt TCSC ở chế độ thấp điểm

Kết quả tính toán phân tích cho thấy, sau khi lắp đặt thiết bị TCSC với $X_{TCSC} = 17 \Omega$ ở đầu đường dây Thường Tín – Long Biên, trào lưu công suất trong mạch vòng được phân bố lại và đường dây Thường Tín – Long Biên không còn vận hành trong tình trạng quá tải.

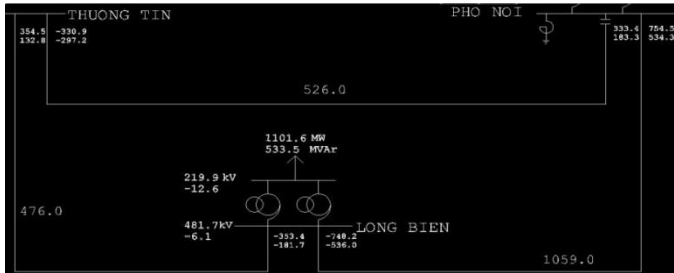
Bảng 4.7. Dòng điện trong mạch vòng sau khi đặt TCSC tại đầu đường dây Thường Tín – Long Biên ở chế độ thấp điểm

Đường dây Thường Tín - Long Biên		Đường dây Phố Nối - Thường Tín		Đường dây Phố Nối - Long Biên	
I	I _{cp}	I	I _{cp}	I	I _{cp}
751	1000	460	1000	755	1000



Hình 4.30. Dòng điện trong mạch vòng sau khi đặt TCSC tại đầu đường dây Thường Tín – Long Biên ở chế độ thấp điểm

b. Chế độ cao điểm

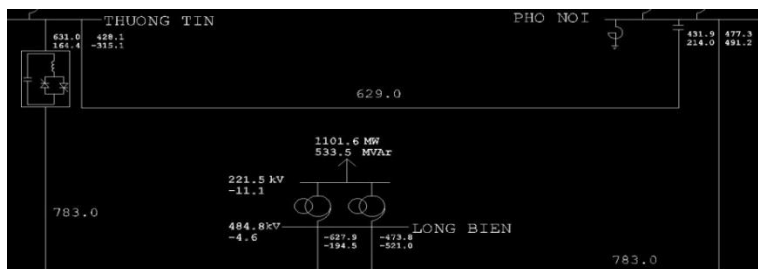


Hình 4.31. Dòng điện trong mạch vòng trước khi đặt TCSC ở chế độ cao điểm

Kết quả tính toán phân tích cho thấy, sau khi lắp đặt thiết bị TCSC với $X_{TCSC} = -18.5 \Omega$ ở đầu đường dây Thường Tín -Long Biên, trào lưu công suất trong mạch vòng được phân bố lại và đường dây Phố Nối - Long Biên không còn vận hành trong tình trạng quá tải.

Bảng 4.8. Dòng điện trong mạch vòng sau khi đặt TCSC tại đầu đường dây Thường Tín – Long Biên ở chế độ cao điểm

Đường dây Thường Tín - Long Biên		Đường dây Phố Nối - Thường Tín		Đường dây Phố Nối - Long Biên	
I	I _{cp}	I	I _{cp}	I	I _{cp}
783	1000	629	1000	783	1000



Hình 4.32. Dòng điện trong mạch vòng sau khi đặt TCSC tại đầu đường dây Thường Tín – Long Biên ở chế độ cao điểm

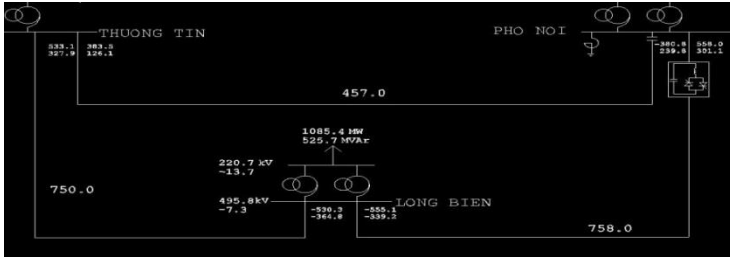
4.2.3. Trường hợp đặt TCSC đầu đường dây Phố Nối – Long Biên

a. Chế độ thấp điểm

Kết quả tính toán phân tích cho thấy, sau khi lắp đặt thiết bị TCSC với $X_{TCSC} = -16 \Omega$ ở đầu đường dây Phố Nối - Long Biên, trào lưu công suất trong mạch vòng được phân bố lại và đường dây Thường Tín - Long Biên không còn vận hành trong tình trạng quá tải.

Bảng 4.9. Dòng điện trong mạch vòng sau khi đặt TCSC tại đường dây Phố Nối – Long Biên ở chế độ thấp điểm

Đường dây Thường Tín - Long Biên		Đường dây Phố Nối - Thường Tín		Đường dây Phố Nối - Long Biên	
I	I _{cp}	I	I _{cp}	I	I _{cp}
750	1000	457	1000	758	1000



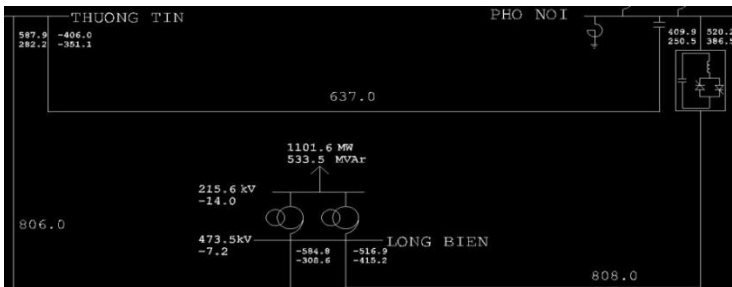
Hình 4.33. Dòng điện trong mạch vòng sau khi đặt TCSC tại đầu đường dây Phó Nối - Long Biên ở chế độ thấp điểm

b. Chế độ cao điểm

Kết quả tính toán phân tích cho thấy, sau khi lắp đặt thiết bị TCSC với $X_{TCSC} = 18 \Omega$ ở đầu đường dây Phó Nối – Long Biên, trào lưu công suất trong mạch vòng được phân bố lại và đường dây Phó Nối – Long Biên không còn vận hành trong tình trạng quá tải.

Bảng 4.10. Dòng điện trong mạch vòng sau khi đặt TCSC tại đầu đường dây Phó Nối – Long Biên ở chế độ cao điểm

Đường dây Thường Tín - Long Biên		Đường dây Phó Nối - Thường Tín		Đường dây Phó Nối - Long Biên	
I	I_{cp}	I	I_{cp}	I	I_{cp}
806	1000	637	1000	808	1000



Hình 4.34. Dòng điện trong mạch vòng sau khi đặt TCSC tại đầu đường dây Phó Nối – Long Biên ở chế độ thấp điểm

4.2.4. Lựa chọn vị trí đặt TCSC để khắc phục tình trạng quá tải đường dây

Qua kết quả tính toán phân tích cho thấy, khi lắp đặt TCSC tại đầu đường dây Thường Tín – Long Biên, giá trị X_{TCSC} được điều chỉnh thấp hơn và điện áp tại các nút được nâng lên cao hơn so với khi lắp đặt TCSC tại đầu đường dây Phố Nối – Long Biên, do đó tác giả chọn lắp đặt TCSC tại đầu đường dây Thường Tín – Long Biên với giá trị X_{TCSC} được điều chỉnh $X_{TCSC} = (-18.5 \div 17) \Omega$ để lắp đặt trong mạch vòng Thường Tín – Long Biên – Phố Nối. Vậy TCSC được lựa chọn để lắp đặt trong mạch vòng có dải điều chỉnh $X_{TCSC} = (-20 \div 20) \Omega$. Đây là phương án tác giả lựa chọn để phân bố lại trào lưu công suất trong mạch vòng nhằm khắc phục tình trạng quá tải tại các nhánh đường dây trong mạch vòng để hệ thống điện vận hành ổn định trong các chế độ.

4.3. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu tìm hiểu công nghệ FACTS, tác giả đã sử dụng thiết bị SVC và TCSC để lắp đặt tại các vị trí thích hợp trong hệ thống điện để nâng cao độ tin cậy vận hành của hệ thống điện. Để tính toán lựa chọn vị trí lắp đặt SVC, tác giả đã lựa chọn 3 khu vực để tính toán phân tích và đã tiến hành lắp đặt SVC tại các nút nguy hiểm ở từng khu vực. Kết quả cho thấy sau khi lắp đặt SVC tại Đông Anh với dung lượng $Q_{SVC} = (-200 \div 1100) \text{ MVar}$, Dốc Sỏi với dung lượng $Q_{SVC} = (-100 \div 900) \text{ MVar}$ và Mỹ Phước với dung lượng $Q_{SVC} = (-200 \div 1300) \text{ MVar}$, điện áp tại các nút trong toàn hệ thống điện đã được nâng lên đáng kể và đều nằm trong giới hạn điện áp vận hành cho phép.

Kết quả tính toán phân tích cũng cho thấy, khi lắp đặt thiết bị TCSC trong mạch vòng Thường Tín - Phố Nối - Long Biên tại đầu đường dây Thường Tín - Long Biên với giá trị X_{TCSC} ở chế độ thấp điểm được điều chỉnh $X_{TCSC} = 17 \Omega$ và chế độ cao điểm $X_{TCSC} = -18.5 \Omega$ trào lưu công suất trong mạch vòng đã được phân bố lại đều đặn

hơn tại các nhánh và các đường dây không còn vận hành trong tình trạng quá tải. Việc lắp đặt thiết bị TCSC còn góp phần cải thiện chất lượng điện áp tại các nút và giảm tổn thất công suất trên đường dây.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Cùng với sự phát triển của nền kinh tế, hệ thống điện Việt Nam ngày càng mở rộng quy mô cả về nguồn, lưới và phụ tải tiêu thụ, dẫn đến một số thông số ở các chế độ vận hành sẽ thay đổi nhiều và có khả năng vượt ra khỏi phạm vi cho phép. Hệ thống điện Việt Nam đến giai đoạn 2020 cũng được quy hoạch theo sơ đồ quy hoạch điện VII với sự phát triển và thay đổi mạnh của nguồn và phụ tải. Do đó, việc phân tích, tính toán các chế độ vận hành và đề xuất các giải pháp để nâng cao độ tin cậy vận hành hệ thống điện đến giai đoạn 2020 là vấn đề hết sức cần thiết và là mục tiêu mà đề tài quan tâm giải quyết.

Công nghệ FACTS ra đời vào cuối thập niên 1980 là giải pháp thích hợp cho các hệ thống điện có sự biến động lớn về các thông số trong các chế độ vận hành. Qua tìm hiểu cấu tạo và nguyên lý hoạt động của các thiết bị FACTS, tác giả đã lựa chọn thiết bị SVC và TCSC để sử dụng lắp đặt cho HTĐ Việt Nam đến giai đoạn năm 2020. Quá trình nghiên cứu và lắp đặt các thiết bị SVC và TCSC tại một số vị trí hợp lý trong hệ thống điện đã cho thấy vai trò của một số thiết bị FACTS trong việc điều khiển nhanh các thông số của hệ thống điện cụ thể như sau:

SVC là thiết bị bù ngang tác động nhanh trên lưới truyền tải điện áp cao dùng để điều khiển điện áp tại các nút có dao động điện áp lớn và nâng cao được khả năng ổn định điện áp cho toàn hệ thống điện.

TCSC có khả năng điều khiển linh hoạt dòng công suất trên các đường dây, phân bố lại trào lưu công suất trong các mạch vòng nhằm khắc phục tình trạng quá tải trên các đường dây quá tải và phân

bổ lại công suất truyền tải trên các đường dây vận hành non tải. Ngoài ra, TCSC có thể điều chỉnh nhanh giá trị X_C trên đường dây nên có khả năng dập tắt dao động rất nhanh làm nâng cao độ dự trữ ổn định động cho hệ thống điện.

Áp dụng kết quả nghiên cứu, đề tài đã tính toán phân tích các chế độ vận hành và lựa chọn vị trí lắp đặt SVC và TCSC cho hệ thống điện Việt Nam đến giai đoạn 2020, kết quả như sau:

Việc lắp đặt SVC tại các nút Đông Anh với dung lượng $Q_{SVC} = (-200 \div 1100)$ MVar, Dốc Sỏi với dung lượng $Q_{SVC} = (-100 \div 900)$ MVar và Mỹ Phước với dung lượng $Q_{SVC} = (-200 \div 1300)$ MVar, điện áp tại các nút trong toàn hệ thống đã được nâng lên đáng kể và đều nằm trong giới hạn điện áp vận hành cho phép, đây cũng là phương án tối ưu nhằm nâng cao độ dự trữ ổn định cho toàn hệ thống điện ở các chế độ vận hành.

Lắp đặt thiết bị TCSC có dải điều chỉnh $X_{TCSC} = (-20 \div 20) \Omega$ trong mạch vòng Thường Tín – Phố Nối – Long Biên tại đầu đường dây Thường Tín - Long Biên đã góp phần đáng kể trong việc nâng cao điện áp vận hành của hệ thống. Đồng thời, việc lắp đặt thiết bị TCSC đã phân bố hợp lý trào lưu công suất trong các nhánh của mạch vòng có các đường dây vận hành quá tải, giảm tổn thất trên các đường dây và góp phần giảm gánh nặng đầu tư xây dựng mới các đường dây truyền tải.

Số liệu tính toán, phân tích các chế độ vận hành của hệ thống điện Việt Nam đến giai đoạn 2020 của đề tài này dựa theo sơ đồ quy hoạch điện VII. Do đó, tùy thuộc vào tình hình thực tế vận hành cụ thể trong tương lai, hệ thống điện sẽ có những thay đổi nhất định, nên kết quả tính toán của luận văn này có thể sử dụng để tham khảo cho việc tính toán một hệ thống điện bất kỳ với các số liệu của hệ thống điện được thu thập một cách chính xác.