

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

NGUYỄN VĂN HIẾU

**NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH THIẾT BỊ UPFC
VÀ ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ XÁC LẬP
HỆ THỐNG ĐIỆN 500 KV VIỆT NAM**

Chuyên ngành : Mạng và hệ thống điện

Mã số : 60.52.50

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng - Năm 2011

Công trình được hoàn thành tại

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: **TS. TRẦN TẤN VINH**

Phản biện 1: **PGS.TS. ĐINH THÀNH VIỆT**

Phản biện 2: **PGS.TS. NGUYỄN HỒNG ANH**

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn
tốt nghiệp thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng
vào ngày 15 tháng 12 năm 2011

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

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

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài.

Với nhiều ưu điểm nổi bật như dễ dàng chuyển đổi sang dạng năng lượng khác, dễ dàng trong sản xuất, vận chuyển và sử dụng. Hiện nay điện năng là dạng năng lượng được sử dụng rộng rãi và phổ biến nhất trên thế giới. Ngày nay, hệ thống điện Việt Nam đã phát triển tương đối đầy đủ về quy mô lẫn công nghệ, từ 3 hệ thống điện độc lập Bắc, Trung, Nam trước đây, đến nay Việt Nam đã có đường dây 500kV hai mạch liên kết các hệ thống điện khu vực thành hệ thống điện hợp nhất Việt Nam. Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật điện tử, công nghệ chế tạo các linh kiện bán dẫn công suất lớn và kỹ thuật đo lường điều khiển trong hệ thống điện, các thiết bị bù dọc và bù ngang điều chỉnh nhanh bằng thyristor hay triac đã được ứng dụng và mang lại hiệu quả cao trong việc nâng cao ổn định chất lượng điện áp cũng như điều khiển dòng công suất của hệ thống điện. Các thiết bị thường dùng là: thiết bị bù tĩnh có điều khiển (SVC), thiết bị bù dọc có điều khiển (TCSC), thiết bị điều khiển dòng công suất (UPFC). Các thiết bị này cho phép chúng ta vận hành hệ thống điện một cách linh hoạt, hiệu quả. Việc nghiên cứu thiết bị điều khiển dòng công suất UPFC với việc nâng cao ổn định và khả năng truyền tải của hệ thống điện Việt Nam là rất cần thiết. Nhằm mở ra một hướng mới trong việc áp dụng các phương pháp điều chỉnh, điều khiển hoạt động của hệ thống điện. Bản luận văn sẽ nghiên cứu mô hình thiết bị UPFC và áp dụng tính toán chế độ xác lập hệ thống điện 500 kV Việt Nam.

2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.

- Đối tượng nghiên cứu: Nguyên lý làm việc và mô hình thiết bị UPFC.

- Phạm vi nghiên cứu: Tính toán chế độ xác lập của hệ thống điện có sử dụng UPFC bằng phương pháp Newton-Raphson. Áp

dụng tính toán chế độ xác lập hệ thống điện 500 kV Việt Nam.

3. Mục tiêu và nhiệm vụ nghiên cứu.

- Nghiên cứu nguyên lý làm việc và mô hình thiết bị UPFC

- Xây dựng thuật toán tính toán chế độ xác lập của hệ thống điện có sử dụng thiết bị UPFC.

- Ứng dụng thuật toán mới xây dựng tính toán chế độ xác lập hệ thống điện 500kV năm 2015 có sử dụng thiết bị UPFC.

4. Phương pháp nghiên cứu.

- Trên cơ sở lý thuyết phương pháp Newton-Raphson và mô hình tính toán của thiết bị UPFC, tiến hành xây dựng thuật toán tính toán chế độ xác lập của hệ thống điện có sử dụng thiết bị UPFC.

- Tính toán một số sơ đồ mẫu để kiểm tra tính đúng đắn của thuật toán.

- Thu thập số liệu của hệ thống điện 500 kV Việt Nam để tính chế độ xác lập khi có UPFC.

5. Tên đề tài.

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH THIẾT BỊ UPFC VÀ ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ XÁC LẬP HỆ THỐNG ĐIỆN 500 KV VIỆT NAM

6. Bộ cục luận văn.

Luận văn được bố cục như sau:

Mở đầu

Chương 1. Tổng quan về vấn đề sử dụng thiết bị FACTS trong hệ thống điện.

Chương 2. Nguyên lý làm việc và mô hình của thiết bị UPFC trong bài toán tính toán chế độ xác lập của hệ thống điện.

Chương 3. Tính toán chế độ xác lập của hệ thống điện có sử dụng UPFC bằng phương pháp Newton-Raphson.

Chương 4. Ứng dụng tính toán chế độ xác lập của hệ thống điện 500kV năm 2015 có sử dụng thiết bị UPFC

Kết luận và kiến nghị

Chương 1

TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ SỬ DỤNG THIẾT BỊ FACTS TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

1.1. Khái quát sự hình thành và phát triển của hệ thống truyền tải điện xoay chiều linh hoạt (FACTS).

1.2 Cấu hình và các thiết bị cơ bản của FACTS

1.3 Phân loại thiết bị FACTS

1.3.1 Thiết bị bù ngang (Shunt Devices)

1.3.1.1 SVC (Static Var Compensator)

1.3.1.2 STATCOM

1.3.2 Thiết bị bù dọc (Series Devices)

1.3.2.1 TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor)

1.3.2.2 SSSC (Static Synchronous Series Compensator)

1.3.3 Thiết bị bù nối tiếp-song song

1.3.3.1 DFC (Dynamic Flow Controller)

1.3.3.2 UPFC (Unified Power Flow Controller)

1.3.3.3 IPFC (Interline Power Flow Controller)

1.3.3.4 GUPFC (Generalize Unified Power Flow Controller)

Chương 2

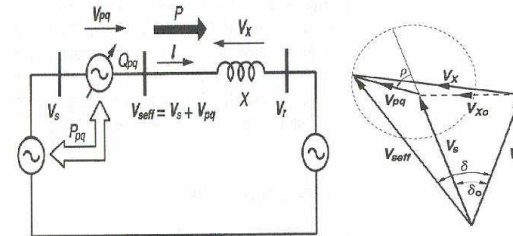
NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC VÀ MÔ HÌNH CỦA THIẾT BỊ UPFC TRONG BÀI TOÁN TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ XÁC LẬP CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN

2.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc của thiết bị UPFC

Thiết bị bù UPFC là sự kết hợp của hai bộ biến đổi nối tiếp và song song, được xem như một dạng nguồn áp đồng bộ, tạo nên điện áp V_{pq} đặt nối tiếp vào đường dây truyền tải. Điện áp này có tần số cơ bản bằng tần số của hệ thống điện, biên độ điện áp điều chỉnh được

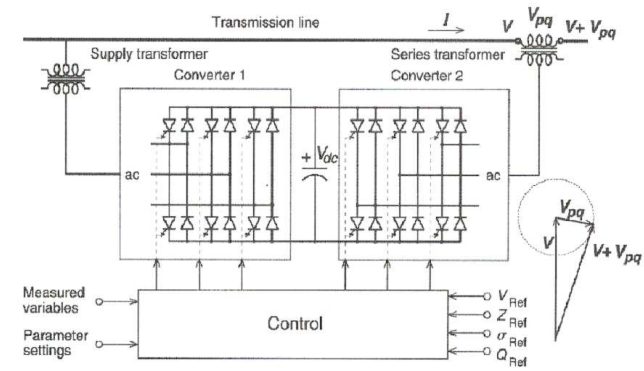
trong phạm vi $0 \leq V_{pq} \leq V_{pq\max}$ và góc pha γ được điều chỉnh trong phạm vi $0 \leq \gamma \leq 2\pi$.

Về chức năng, UPFC cho phép điều khiển đồng thời trào lưu công suất tác dụng, phản kháng và cả biên độ điện áp tại nút nối với UPFC. Trong cấu trúc thiết bị bù UPFC thì sự trao đổi công suất tác dụng được thực hiện bởi nút điện áp phát V_s của hệ thống, như được minh họa ở hình 2.2



Hình 2.2 Nguyên lý làm việc cơ bản của thiết bị bù UPFC.

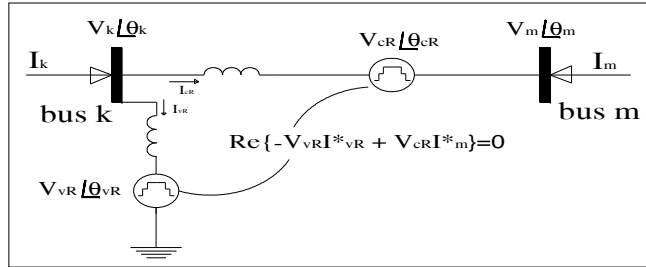
Thiết bị UPFC có cấu tạo gồm hai máy biến áp mắc song song và mắc nối tiếp, được nối với 2 bộ nghịch lưu áp, mắc theo kiểu lưỡng tựa lưỡng với 1 tụ DC chung như hình 2.3.



Hình 2.3 Cấu trúc của thiết bị UPFC bởi hai bộ nghịch lưu áp dùng chung tụ DC đầu lưỡng tựa lưỡng.

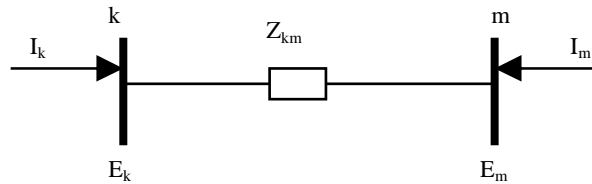
2.2 Mô hình tính toán

Dựa vào cấu tạo và nguyên lý làm việc của thiết bị UPFC, chúng ta nghiên cứu một mô hình cụ thể như sau:



Hình 2.4 Sơ đồ tương đương của UPFC

Để xây dựng mô hình tính toán của UPFC, trước hết ta xét hệ thống gồm 2 nguồn nối với nhau thông qua tổng trở Z_{km} như hình vẽ:



Hình 2.5. Sơ đồ mạng 2 nút

2.3 Kết luận

Dựa vào việc phân tích mô hình tính toán và tính dòng công suất truyền tải trên đường dây ta có:

Công suất truyền tải trên đường dây như sau:

Khi không có thiết bị UPFC:

$$P_k^{cal} = V_k^2 G_{kk} + V_k V_m [G_{km} \cos(\theta_k - \theta_m) + B_{km} \sin(\theta_k - \theta_m)] \quad (2.71)$$

$$Q_k^{cal} = -V_k^2 B_{kk} + V_k V_m [G_{km} \sin(\theta_k - \theta_m) + B_{km} \cos(\theta_k - \theta_m)] \quad (2.72)$$

Khi lắp đặt thiết bị UPFC vào đường dây, công suất tại các nút được tăng thêm một lượng là:

$$P_k = -V_k^2 G_{vr} - V_k^2 G_{km} + V_k V_m [G_{km} \cos(\theta_k - \theta_m) + B_{km} \sin(\theta_k - \theta_m)] + V_k V_{cr} [G_{km} \cos(\theta_k - \delta_{cr}) + B_{km} \sin(\theta_k - \delta_{cr})] \quad (2.73)$$

$$+ V_k V_{vr} [G_{vr} \cos(\theta_k - \delta_{vr}) + B_{vr} \sin(\theta_k - \delta_{vr})]$$

$$Q_k = V_k^2 B_{vr} + V_k^2 B_{km} + V_k V_m [G_{km} \sin(\theta_k - \theta_m) - B_{km} \cos(\theta_k - \theta_m)] + V_k V_{cr} [G_{km} \sin(\theta_k - \delta_{cr}) - B_{km} \cos(\theta_k - \delta_{cr})] \quad (2.74)$$

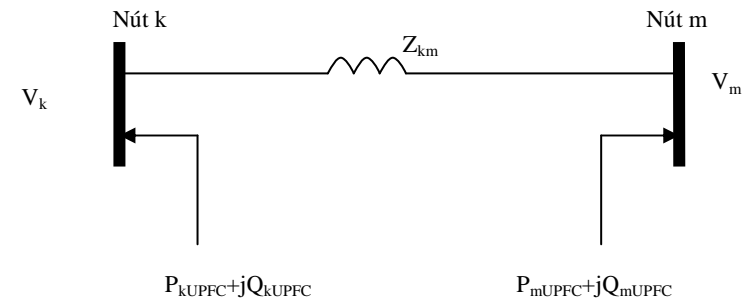
$$+ V_k V_{vr} [G_{vr} \sin(\theta_k - \delta_{vr}) - B_{vr} \cos(\theta_k - \delta_{vr})]$$

$$P_m = -V_m^2 G_{mk} + V_m V_{cr} [G_{mk} \cos(\theta_m - \delta_{cr}) + B_{mk} \sin(\theta_m - \delta_{cr})] + V_m V_k [G_{mk} \cos(\theta_m - \theta_k) + B_{mk} \sin(\theta_m - \theta_k)] \quad (2.75)$$

$$Q_m = V_m^2 B_{mk} + V_m V_k [G_{mk} \sin(\theta_m - \theta_k) - B_{mk} \cos(\theta_m - \theta_k)] + V_m V_{cr} [G_{mk} \sin(\theta_m - \delta_{cr}) - B_{mk} \cos(\theta_m - \delta_{cr})] \quad (2.76)$$

Như vậy, ta thấy rằng, khi có lắp đặt thiết bị UPFC thì lượng công suất tại mỗi nút thay đổi. Lượng công suất này ta xem như được cung cấp bởi UPFC bơm vào các nút k và m.

Mô hình tính toán của thiết bị UPFC như hình sau:



Hình 2.7 Mô hình tính toán thiết bị UPFC

Mô hình trên hình 2.5 và các công thức ở biểu thức từ (2.73) đến (2.76) được sử dụng để thay thế thiết bị UPFC trong các sơ đồ tính toán các bài toán giải tích mạng điện.

Chương 3

TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ XÁC LẬP CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN CÓ SỬ DỤNG UPFC BẰNG PHƯƠNG PHÁP NEWTON-RAPHSON

3.1 Tính trào lưu công suất bằng phương pháp Newton-Raphson

3.1.1 Phương pháp Newton-Raphson

3.1.2 Tính trào lưu công suất bằng phương pháp Newton-Raphson

Áp dụng phương pháp Newton-Raphson để giải bài toán trào lưu công suất thì phương trình có dạng như sau:

$$\Delta X^{(i)} = -[J^{(i)}]^{-1} \cdot F(x^{(i)}) \quad (3.9)$$

$$X^{(i+1)} = X^{(i)} + \Delta X^{(i)} \quad (3.10)$$

Trong đó X là vector các biến chưa biết: biên độ V và góc pha θ .

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}}_{F(x^{(i)})} = - \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \theta} & \frac{\partial P}{\partial V} \\ \frac{\partial Q}{\partial \theta} & \frac{\partial Q}{\partial V} \end{bmatrix}}_{J(x^{(i)})} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix}}_{\Delta X^{(i)}} \quad (3.31)$$

Ma trận Jacobian có thể lên đến cấp (nb-1) x (nb-1) và các phần tử của ma trận có dạng:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial P_k}{\partial \theta_m}, \quad \frac{\partial P_k}{\partial V_m} \\ \frac{\partial Q_k}{\partial \theta_m}, \quad \frac{\partial Q_k}{\partial V_m} \end{array} \right\} V_m \quad (3.32)$$

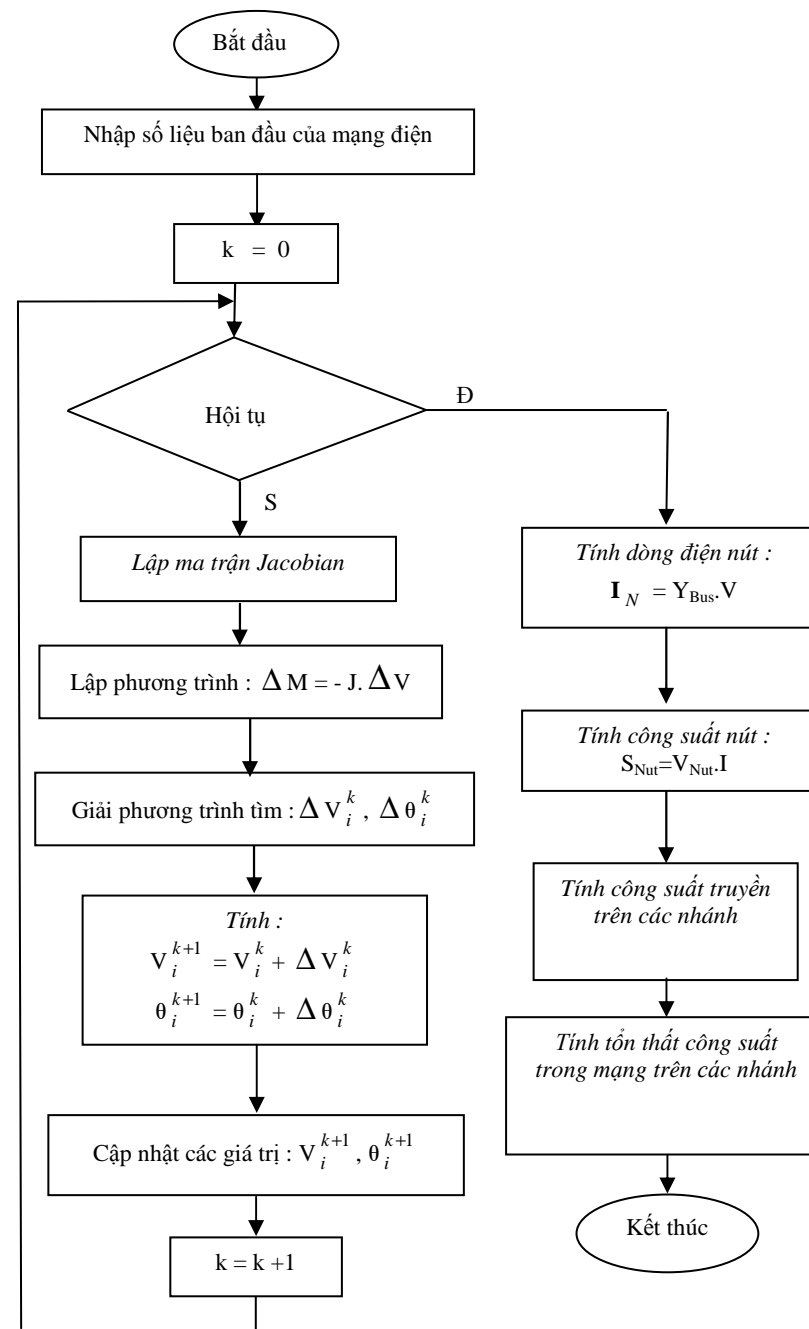
với: $k = 1, \dots, nb$ và $m = 1, \dots, nb$

3.2 Tính trào lưu công suất bằng phương pháp Newton-Raphson khi xét đến thiết bị UPFC.

3.2.1 Các biểu thức cơ bản

3.2.2 Phương trình độ lệch

3.2.3 Thuật toán.



Hình 3.3 Sơ đồ thuật toán tính phân bố công suất bằng phương pháp Newton-Raphson

3.3. Thuật toán xây dựng ma trận Jacobian khi xét đến UPFC.

3.3.1. Cấu trúc của ma trận Jacobian.

3.3.2 Các biểu thức tính các phần tử của ma trận Jacobian

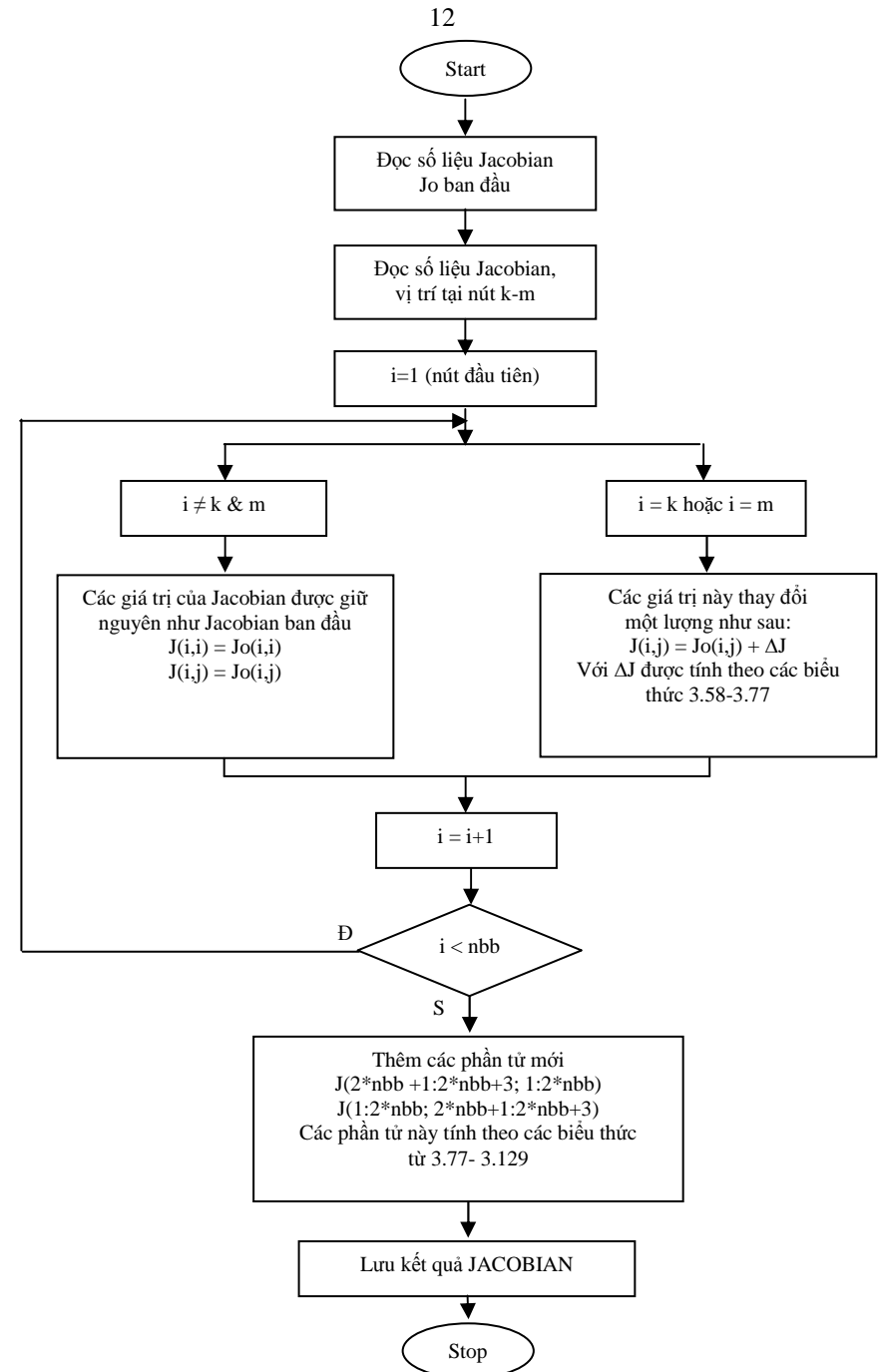
3.3.3. Thuật toán

Theo như phân tích ở những phần trên, chúng ta đã biết được những phần tử của ma trận Jacobian ban đầu có thể thay đổi giá trị hoặc giữ nguyên như cũ. Những phần tử được giữ nguyên là đạo hàm của các thành phần công suất của các nút mà không nối thiết bị vào, công suất của nó được tính như ban đầu. Vì vậy, khi xây dựng ma trận Jacobian có xét đến thiết bị UPFC ta dựa trên cơ sở là ma trận Jacobian đã có. Do vậy, trong thành phần của ma trận Jacobian mới bao gồm cả những phần tử của Jacobian đã xây dựng trước đó với giá trị như ban đầu.

Các phần tử cần phải hiệu chỉnh lại là các phần tử tính theo đạo hàm của các thành phần công suất của các nút có thiết bị nối vào, do lúc này công suất tại các nút đó có thêm lượng công suất do thiết bị cung cấp. Do đó các phần tử trong ma trận Jacobian mới được tính bằng giá trị của nó trong ma trận cũ cộng thêm với đạo hàm của phần công suất do thiết bị cung cấp.

Bên cạnh những phần tử được hiệu chỉnh từ ma trận ban đầu và những phần tử được giữ nguyên từ trước còn có những phần tử mới xuất hiện, đó là đạo hàm của các thành phần công suất trên các bộ biến đổi của thiết bị UPFC theo biên độ và góc pha điện áp tại các nút mà nó được lắp đặt, một số phần tử mới nữa chính là đạo hàm của công suất tại các nút đặt thiết bị vào theo biên độ điện áp và góc pha của điện áp trên các bộ biến đổi.

Qua những phân tích trên đây ta có thể xây dựng sơ đồ thuật toán thành lập ma trận Jacobian khi có xét đến thiết bị UPFC.

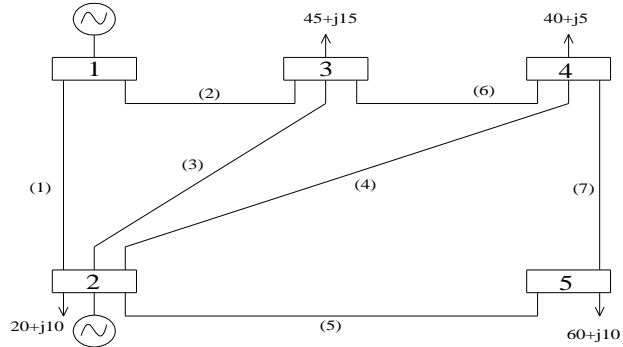


Hình 3.5 Sơ đồ thuật toán thành lập ma trận Jacobian khi xét đến thiết bị UPFC

3.4. Ví dụ áp dụng đối với một số sơ đồ mẫu.

3.4.1 Khi chưa lắp đặt thiết bị UPFC

3.4.1.1 Sơ đồ tính toán



Hình 3.6 Sơ đồ mạng điện bình thường

3.4.1.2 Số liệu tính toán

3.4.1.3 Kết quả tính toán.

Phân bố công suất trên các đường dây trong mạng điện:

SỐ BƯỚC LẠP = 5

ĐỒNG CÔNG SUẤT TRÊN CÁC ĐƯỜNG DÂY

STT	NUT ĐẦU	NUT CUỐI	CÔNG SUẤT ĐẦU ĐƯỜNG DÂY		CÔNG SUẤT CUỐI ĐƯỜNG DÂY	
			P	Q	P	Q
1	1	2	0.893	0.740	-0.868	-0.729
2	1	3	0.418	0.168	-0.403	-0.175
3	2	3	0.245	-0.025	-0.241	-0.004
4	2	4	0.277	-0.017	-0.273	-0.008
5	2	5	0.547	0.056	-0.534	-0.048
6	3	4	0.194	0.029	-0.193	-0.047
7	4	5	0.066	0.005	-0.066	-0.052

Điện áp tại các nút trong mạng điện:

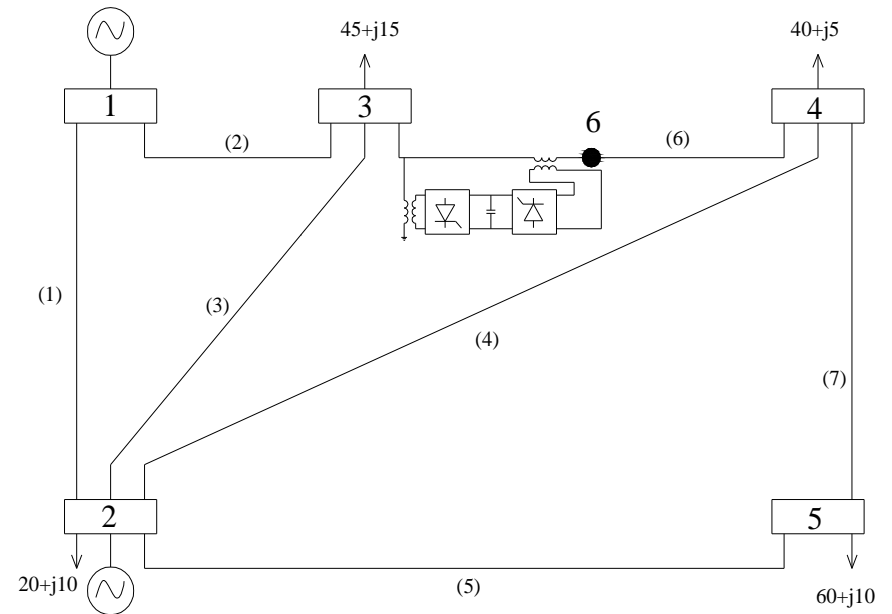
SỐ BƯỚC LẠP = 5

DIỆN ÁP TẠI CÁC NÚT TRONG MẠNG ĐIỆN

STT	DIỆN ÁP CÁC NÚT	
	BIÊN ĐỘ (pu)	GÓC PHA (rad)
1	1.060	0.000
2	1.000	-2.061
3	0.987	-4.637
4	0.984	-4.957
5	0.972	-5.765

3.4.2 Khi lắp đặt thiết bị UPFC vào trong mạng

3.4.2.1 Sơ đồ tính toán



3.4.2.2 Số liệu tính toán khi lắp đặt UPFC

3.4.2.3 Kết quả tính toán khi lắp đặt thiết bị UPFC

Dòng công suất trên các đường dây khi có UPFC.

SƠ BƯỚC LẠP = 6						
DÒNG CÔNG SUẤT TRÊN CÁC ĐƯỜNG DÂY KHI CÓ UPFC						
STT	NÚT ĐẦU	NÚT CUỐI	CÔNG SUẤT ĐẦU ĐƯỜNG DÂY	CÔNG SUẤT CUỐI ĐƯỜNG DÂY	P	Q
1	1	2	0.811	0.764	-0.788	-0.759
2	1	3	0.503	0.093	-0.484	-0.089
3	2	3	0.375	-0.130	-0.366	0.117
4	2	4	0.137	-0.018	-0.136	-0.018
5	2	5	0.476	0.051	-0.467	-0.053
6	6	4	0.400	0.020	-0.398	-0.035
7	4	5	0.135	0.003	-0.133	-0.047

Điện áp tại các nút.

SƠ BƯỚC LẠP = 6		
DIỆN ÁP TẠI CÁC NÚT TRONG MẠNG ĐIỆN KHI CÓ UPFC		
STT	DIỆN ÁP CÁC NÚT	
	BIÊN ĐỘ (pu)	GÓC PHA (độ)
1	1.060	0.000
2	1.000	-1.769
3	1.000	-6.016
4	0.992	-3.191
5	0.975	-4.974
6	0.997	-2.512

3.4.3 Nhận xét kết quả.

Khi có thiết bị UPFC thì dòng công suất trên các nhánh 2 và 3 tăng lên, truyền về phía nút 3. Sự tăng lên này nhằm đáp ứng nhu cầu công suất của bộ biến đổi nối tiếp trên UPFC.

Tổn thất công suất lớn nhất trong mạng khi làm việc trong

điều kiện bình thường là trên nhánh 1 với $\Delta P = 2.5$ MW, khi có UPFC thì tổn thất công suất trên nhánh đó giảm còn lại là $\Delta P = 2.3$ MW. Như vậy khi có UPFC thì nó cũng góp phần làm giảm tổn thất công suất trong mạng điện.

So với trường hợp bình thường, khi có UPFC thì điện áp tại tất cả các nút trong mạng điện được cải thiện hơn so với ban đầu, điện áp tăng lên gần bằng giá trị định mức. Tại nút có nối thiết bị UPFC vào, để điều chỉnh điện áp ta có thể đặt giá trị điện áp tại nút đó theo giá trị mong muốn, sau khi tính toán ta thấy biên độ điện áp tại đó đảm bảo yêu cầu điều chỉnh điện áp đặt ra.

Lúc bình thường dòng công suất trên nhánh 6 là $19.4+j2.9$ MVA, khi đặt UPFC vào nhánh này với $P = 40$ MW và $Q = 2$ MVAR thì ta thấy dòng công suất trên nhánh 6 đúng bằng giá trị đặt ban đầu, như vậy ta thấy rằng UPFC có khả năng điều khiển dòng công suất.

Qua các nhận xét ta thấy được tác dụng của UPFC trong việc truyền tải điện năng như điều chỉnh điện áp, điều khiển dòng công suất trên các đường dây, cải thiện điện áp tại các nút trong mạng điện đúng như lý thuyết đã nghiên cứu trong các phần ở trên.

Chương 4

ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ XÁC LẬP CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN 500kV NĂM 2015 CÓ SỬ DỤNG THIẾT BỊ UPFC

4.1. Tổng quan về hệ thống điện Việt Nam.

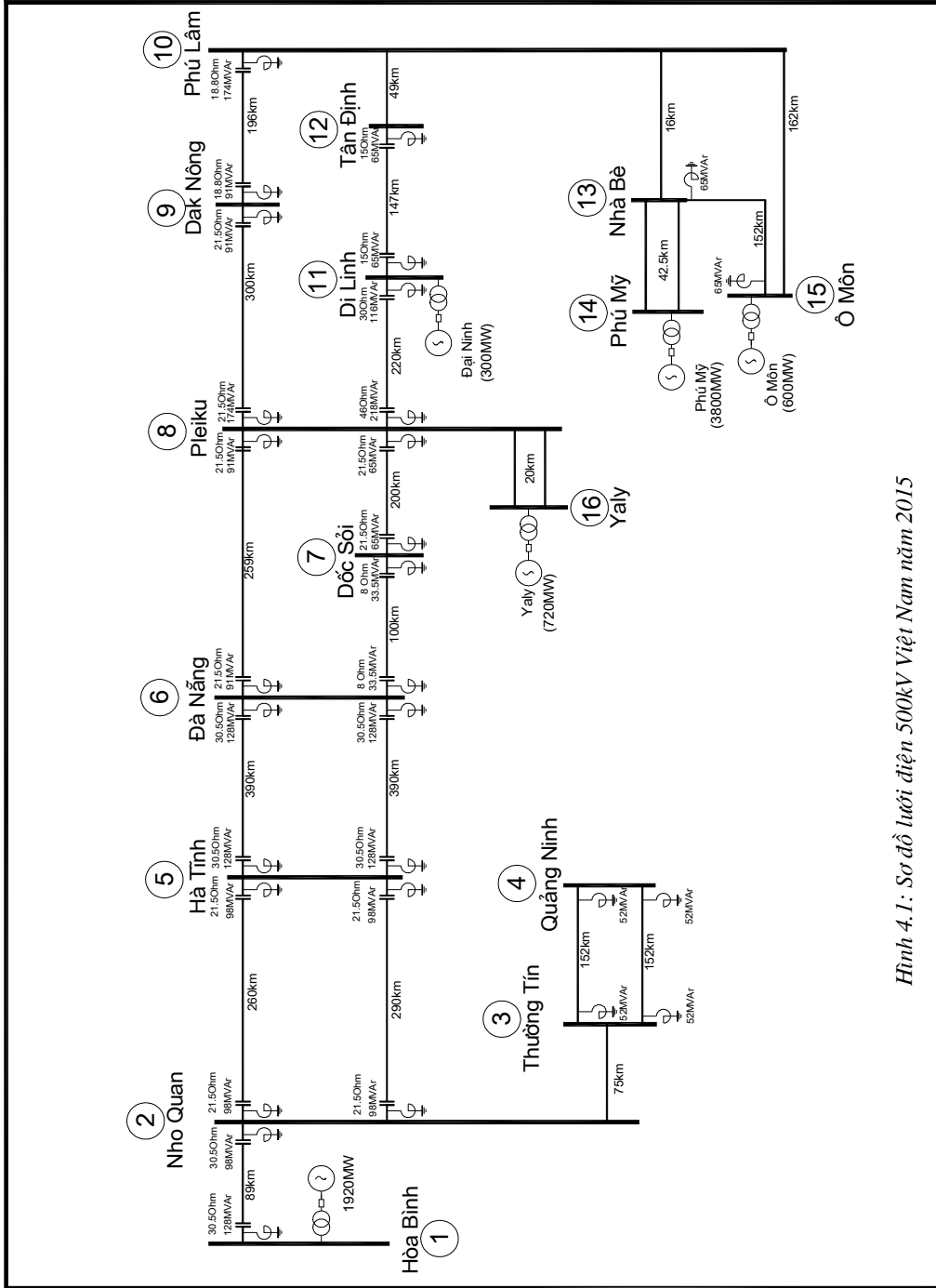
4.1.1 Hiện trạng hệ thống điện Việt Nam

4.1.2. Hệ thống điện Việt Nam giai đoạn 2010 - 2020

4.2. Tính toán chế độ xác lập của hệ thống điện 500kV năm 2015 khi chưa lắp đặt UPFC.

4.2.1 Sơ đồ đường dây 500 kV Việt Nam

Ta sử dụng sơ đồ vận hành của hệ thống điện 500kV Việt Nam năm 2015 theo tổng sơ đồ 6 để tính toán



Hình 4.1: Sơ đồ lưới điện 500kV Việt Nam năm 2015

4.2.2. Số liệu tính toán.

4.2.3. Kết quả tính toán lúc chưa đặt thiết bị UPFC.

- Dòng công suất phân bố trên các đường dây.

SỐ BƯỚC LAP = 5

ĐÔNG CÔNG SUẤT TRÊN CÁC ĐƯỜNG DÂY

STT	NUT ĐẦU	NUT CUỐI	CÔNG SUẤT ĐẦU ĐƯỜNG DÂY		CÔNG SUẤT CUỐI ĐƯỜNG DÂY	
			P (pu)	Q (pu)	P (pu)	Q (pu)
1	Hoa Binh	Nho Quan	8.712	8.099	8.537	11.123
2	Nho Quan	Thuong Tin	8.170	4.422	8.107	4.701
3	Thuong Tin	Quang Ninh	1.354	-0.195	1.350	1.535
4	Thuong Tin	Quang Ninh	1.354	-0.195	1.350	1.535
5	Nho Quan	Ha Tinh	-1.071	0.939	-1.095	4.342
6	Nho Quan	Ha Tinh	-1.262	1.912	-1.297	4.925
7	Ha Tinh	Da Nang	-2.546	1.429	-2.627	5.315
8	Ha Tinh	Da Nang	-2.546	1.429	-2.627	5.315
9	Da Nang	Pleiku	-5.725	1.215	-5.841	3.390
10	Da Nang	Doc Soi	-4.930	3.865	-4.979	4.687
11	Doc Soi	Pleiku	-7.679	1.677	-7.834	3.326
12	Pleiku	Dak Nong	-3.914	0.813	-3.987	3.416
13	Dak Nong	Phu Lam	-6.687	-1.264	-6.794	0.325
14	Pleiku	Di Linh	-7.971	3.823	-8.198	5.985
15	Di Linh	Tan Dinh	-7.898	4.450	-8.046	5.566
16	Tan Dinh	Phu Lam	-10.746	2.886	-10.815	2.682
17	Phu Lam	Nha Be	-20.722	0.475	-20.803	-0.167
18	Nha Be	Phu My	-13.905	-1.805	-14.000	-2.332
19	Nha Be	Phu My	-13.905	-1.805	-14.000	-2.332
20	Nha Be	Omon	-0.193	-2.557	-0.199	-1.004
21	Phu Lam	Omon	-2.287	-2.428	-2.301	-0.866
22	Yaly	Pleiku	3.600	3.060	3.595	3.215
23	Yaly	Pleiku	3.600	3.060	3.595	3.215

Ton that cong suat = 1.71223

- Điện áp tại các nút trong mạng điện:

SO BUOC LAP = 5

DIEN AP TAI CAC NUT TRONG MANG DIEN

STT	TEN NUT	DIEN AP CAC NUT	
		BIEN DO(p.u.)	GOC PHA(degree)
1	Hoa Binh	1.000	0.000
2	Nho Quan	1.095	5.636
3	Thuong Tin	1.053	2.403
4	Quang Ninh	1.040	1.250
5	Ha Tinh	1.058	6.940
6	Da Nang	0.997	10.784
7	Doc Soi	0.982	12.486
8	Pleiku	0.985	15.397
9	Dak Nong	0.961	19.989
10	Phu Lam	0.980	22.914
11	Di Linh	1.000	16.662
12	Tan Dinh	0.990	19.300
13	Nha Be	0.983	25.139
14	Phu My	1.000	28.979
15	Omon	1.015	25.157
16	Yaly	0.993	15.833

4.3. Tính toán chế độ xác lập hệ thống điện 500kV năm 2015 Khi lắp đặt UPFC

4.3.1. Sơ đồ tính toán

Như kết tính toán chế độ xác lập hệ thống điện 500kV khi chưa đặt UPFC, tại nút số Đắk Nông (9) có điện áp thấp nhất, dòng công suất trên hai tuyến đường dây Pleiku → Đắk Nông → Phú Lâm và Pleiku → Di Linh → Tân Định → Phú Lâm còn chênh lệch lớn.

Do đó ta chọn vị trí chọn đặt thiết bị UPFC là nút Đắk Nông (9) về phía Pleiku. Tính toán phân bố công suất cho mạng điện khi có thiết bị UPFC. Trên sơ đồ này ta bố trí thiết bị UPFC tại Đắk Nông. Như vậy khi không có thiết bị, mạng điện gồm 16 nút, khi lắp đặt thiết bị vào thì ta xem như có một nút giả tưởng là nút 17 được thêm vào trong mạng và gần Đắk Nông, hai nút này chính là 2 nút nối thiết bị UPFC vào. UPFC được nối nối tiếp vào đường dây Pleiku → Đắk Nông. Xem nút 17 như là một nút PQ với điện áp ban đầu giả định là 1(pu) và góc pha ban đầu bằng 0. Đối với thông số đường dây, khi đặt UPFC vào gần nút Đắk Nông (9) thì ta xem như nhánh Pleiku → Đắk Nông lúc này nối giữa nút Pleiku và nút giả tưởng 17.

4.3.2. Số liệu tính toán khi lắp đặt UPFC

4.3.3. Kết quả tính toán khi lắp đặt UPFC

- Dòng công suất trên các đường dây khi có UPFC.

SO BUOC LAP = 19 DONG CONG SUAT TREN CAC DUONG DAY KHI CO UPFC						
STT	NUT DAU	NUT CUOI	CONG SUAT DAU DUONG DAY		CONG SUAT CUOI DUONG DAY	
			P(pu)	Q(pu)	P(pu)	Q(pu)
1	Hoa Binh	Nho Quan	8.510	6.947	8.357	9.702
2	Nho Quan	Thuong Tin	8.166	4.572	8.101	4.802
3	Thuong Tin	Quang Ninh	1.352	-0.143	1.349	1.535
4	Thuong Tin	Quang Ninh	1.352	-0.143	1.349	1.535
5	Nho Quan	Ha Tinh	-1.139	0.254	-1.154	3.649
6	Nho Quan	Ha Tinh	-1.375	1.027	-1.397	4.048
7	Ha Tinh	Da Nang	-2.620	0.643	-2.683	4.663
8	Ha Tinh	Da Nang	-2.620	0.643	-2.683	4.663
9	Da Nang	Pleiku	-5.737	0.611	-5.843	2.921
10	Da Nang	Doc Soi	-5.008	3.164	-5.050	4.047
11	Doc Soi	Pleiku	-7.740	1.035	-7.886	2.786
12	Pleiku	Dak Nong	-4.895	0.279	-4.987	2.949
13	Dak Nong	Phu Lam	-7.750	2.224	-7.906	3.763
14	Pleiku	Di Linh	-6.985	3.393	-7.158	5.669
15	Di Linh	Tan Dinh	-6.846	4.353	-6.963	5.612
16	Tan Dinh	Phu Lam	-9.654	2.930	-9.709	2.886
17	Phu Lam	Nha Be	-20.723	3.991	-20.804	3.349
18	Nha Be	Phu My	-13.908	0.058	-14.000	-0.436
19	Nha Be	Phu My	-13.908	0.058	-14.000	-0.436
20	Nha Be	Omon	-0.188	-2.767	-0.195	-1.190
21	Phu Lam	Omon	-2.291	-2.301	-2.305	-0.680
22	Yaly	Pleiku	3.594	3.058	3.589	3.224
23	Yaly	Pleiku	3.594	3.058	3.589	3.224

Ton that cong suat = 1.56874

- Điện áp tại các nút sau khi lắp đặt UPFC.

SO BUOC LAP = 19 DIEN AP TAI CAC NUT TRONG MANG DIEN KHI CO UPFC			
STT	TEN NUT	DIEN AP CAC NUT	
		BIEN DO(p.u.)	GOC PHA(degree)
1	Hoa Binh	1.000	0.000
2	Nho Quan	1.082	5.521
3	Thuong Tin	1.038	2.210
4	Quang Ninh	1.024	1.027
5	Ha Tinh	1.056	6.779
6	Da Nang	1.011	10.471
7	Doc Soi	0.999	12.100
8	Pleiku	1.006	14.845
9	Dak Nong	1.000	17.697
10	Phu Lam	0.995	21.364
11	Di Linh	1.018	15.943
12	Tan Dinh	1.006	18.210
13	Nha Be	0.992	23.571
14	Phu My	1.000	27.427
15	Omon	1.027	23.566
16	Yaly	1.014	15.262
17	Dak Nong	0.994	20.075

Trong do nut 17-Dak Nong là nut gia tuong

4.4. Nhận xét.*** Về chất lượng điện áp tại các nút.**

Theo kết quả tính toán được khi có và không có UPFC, ta thấy khi có UPFC vào thì nó có tác dụng điều chỉnh được điện áp tại vị trí đặt, góp phần điều chỉnh điện áp trên các đường dây trong hệ thống. Như trong ví dụ thực tế trên, khi có UPFC vào thì:

- Nhờ có thiết bị UPFC điện áp tại nút Đắc Nông được giữ bằng điện áp định mức 1(p.u) so với điện áp chưa có UPFC là 0.961 (pu)
- Sau khi đặt thiết bị UPFC tại Đắc Nông, tại các vị trí có điện áp thấp như Dốc Sỏi, Pleiku, Phú Lâm, Nhà Bè đã tăng nhiều so với ban đầu. Tại các nút có điện áp cao như Nho Quan, Thường Tín, Quảng Ninh, Hà Tĩnh cũng được giảm đáng kể. Điện áp các nút tiến sát về giá trị định mức, thoả mãn yêu cầu điện áp các nút.

*** Về khả năng điều khiển dòng công suất trên lưới.**

Như phân tích ở trên, khi chưa có UPFC dòng công suất trên hai tuyến đường dây song song là Pleiku → Đắc Nông → Phú Lâm và Pleiku → Di Linh → Tân Định → Phú Lâm còn chênh lệch lớn, cụ thể như sau.

Nút đầu	Nút cuối	Công suất đầu đường dây	Công suất cuối đường dây
Pleiku	Đắc Nông	3,914 – j0,813	3,987 – j 3,416
Đắc Nông	Phú Lâm	6,687 + j1,246	6,794 – j0,325
Pleiku	Di Linh	7,971 – j3,823	8,198 – j5,985
Di Linh	Tân Định	7,898 – j4,450	8,046 – j5,566
Tân Định	Phú Lâm	10,746 – j2,886	10,815 – j2,682

Sau khi đặt UPFC tại Đắc Nông, với yêu cầu điều chỉnh dòng công suất thì dòng công suất trên hai tuyến trên được phân bố lại như sau.

Nút đầu	Nút cuối	Công suất đầu đường dây	Công suất cuối đường dây
Pleiku	Đắc Nông	4,895 – j0,279	4,987 – j2,949
Đắc Nông	Phú Lâm	7,750 – j2,224	7,906 – j3,763
Pleiku	Di Linh	6,985 – j3,393	7,158 – j5,669
Di Linh	Tân Định	6,846 – j4,353	6,963 – j5,612
Tân Định	Phú Lâm	9,654 – j2,930	9,709 – j2,886

*** Về tổn thất công suất.**

Vì điện áp tại các nút được cải thiện, do đó tổn thất trong toàn mạng cũng được giảm đáng kể, cụ thể như sau:

Tổng tổn thất công suất trên trên lưới 500kV khi chưa có UPFC.

+ Tổng tổn thất : $\Delta P = 1,71223$ (pu) = 171,223 MW

+ Tổng tổn thất %:

$$\Delta P\% = \frac{\Delta P}{P_{\text{phat}}} = \frac{1,71223}{54,2} \cdot 100\% = 3,16\%$$

Tổng tổn thất công suất trên trên lưới 500kV khi có UPFC.

+ Tổng tổn thất : $\Delta P' = 1,56874$ (pu) = 156,874 MW

+ Tổng tổn thất %:

$$\Delta P'\% = \frac{\Delta P'}{P_{\text{phat}}} = \frac{1,56874}{54,2} \cdot 100\% = 2,89\%$$

Như vậy sau khi đặt UPFC trên lưới điện, thì tổn thất công suất giảm một lượng là:

$$\frac{\Delta P - \Delta P'}{\Delta P} \cdot 100\% = \frac{1,71223 - 1,56874}{1,71223} \cdot 100\% = 8,38\%$$

Tóm lại, khi lắp đặt thiết bị UPFC mạng điện 500kV thì ta thu được kết quả như sau:

- Chất lượng điện áp tại các nút trong mạng được cải thiện.
- Tổn thất công suất trong toàn mạng giảm xuống.
- Điều khiển, phân bố được dòng công suất trên đường dây.
- Tại nút đặt UPFC nếu ta muốn điều chỉnh điện áp ta có thể đặt giá trị điện áp mong muốn theo các thông số đầu vào của UPFC, khi đó UPFC sẽ tác động điều chỉnh điện áp tại vị trí đó theo giá trị mà ta mong muốn.

- Khi cần điều chỉnh dòng công suất trên một nhánh bất kỳ, ta đặt UPFC vào nhánh đó và đặt các giá trị dòng công suất mong muốn cho UPFC, nó sẽ điều chỉnh dòng công suất gần như giá trị đặt.

Qua các nhận xét đưa ra trên đây ta thấy được một số tác

dụng của UPFC trong việc truyền tải điện năng như điều chỉnh điện áp, tác động không chế dòng công suất trên các đường dây, cải thiện điện áp tại các nút trong mạng ...v.v... đúng như lý thuyết đã nghiên cứu trong các phần ở trên.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận chung.

- Luận văn đã hoàn thành được việc nghiên cứu mô hình tính toán của thiết bị UPFC, xây dựng thuật toán tính toán chế độ xác lập của hệ thống điện khi có sử dụng UPFC bằng phương pháp lặp Newton – Raphson. Với lý thuyết mô hình hóa mới xây dựng, tác giả đã tiến hành tính toán, kiểm chứng được tính đúng đắn của lý thuyết qua sơ đồ mẫu.

- Từ kết quả phân tích và nghiên cứu trong các chương 1,2 và 3. Tác giả sử dụng chương trình Matlab mới xây dựng được, tiến hành tính chế độ xác lập hệ thống điện 500kV Việt Nam năm 2015 khi chưa có và khi có sử dụng thiết bị FACTS (UPFC). Từ đó rút ra những nhận xét và kết luận đồng thời đưa ra đề xuất việc ứng dụng thiết bị FACTS nói trên trong hệ thống điện.

2. Kiến nghị.

- Sử dụng thiết bị điều khiển công suất UPFC không những gia tăng khả năng truyền tải trên các đường dây dài, điều khiển ổn định điện áp, mà còn đóng vai trò quan trọng nâng cao độ ổn định của hệ thống. Việc chọn lựa đúng vị trí thanh cái cần đặt không những giảm được chi phí lắp đặt trang bị bù, cải tạo đường dây mà còn làm dễ dàng cho việc vận hành cũng như tính toán bảo vệ hệ thống.

- Trong tương lai, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật điện tử cũng như công nghệ chế tạo các thyristor công suất lớn, các thiết bị truyền tải điện xoay chiều linh hoạt FACTS ngày càng được ứng dụng rộng rãi với chi phí đầu tư giảm, đáp ứng các yêu cầu về tối

ưu trong vận hành và điều khiển hệ thống truyền tải điện. Thêm vào đó, Việt Nam với tốc độ phát triển phụ tải nhanh như hiện nay, nhất là hai lĩnh vực công nghiệp và dịch vụ thì hệ thống điện 500kV sẽ đầy tải trong một tương lai không xa. Khi đó việc nghiên cứu và ứng dụng công nghệ truyền tải điện linh hoạt FACTS cho hệ thống điện cao áp và siêu cao áp của Việt Nam là rất cần thiết.

3. Hướng phát triển của đề tài.

- Trong phạm vi đề tài, tác giả đã nghiên cứu, tính toán chế độ xác lập của hệ thống điện 500kV Việt Nam năm 2015 khi sử dụng 1 UPFC trong mạng. Như tác giả đã phân tích ở trên, việc chọn vị trí thích hợp trên lưới điện để đặt thiết bị FACTS là rất quan trọng. do đó, nếu điều kiện cho phép đề tài có thể phát triển theo hướng *lựa chọn vị trí tối ưu trên lưới điện 500kV Việt Nam để đặt thiết bị FACTS*.

- Với chương trình Matlab đã xây dựng được, người dùng có thể tính toán, làm quen, tìm hiểu ngôn ngữ MATLAB để hiệu chỉnh, nâng cấp chương trình cho phù hợp với yêu cầu của công việc.