

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

NGUYỄN NHƯ CƯỜNG

**NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG THIẾT BỊ UPFC
ĐỂ ĐIỀU KHIỂN DÒNG CÔNG SUẤT
TRÊN CÁC ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI**

Chuyên ngành: Mạng và Hệ thống điện

Mã số: 60.52.50

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng - Năm 2012

Công trình được hoàn thành tại
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: **PGS.TS. Ngô Văn Dưỡng**

Phản biện 1: **TS. Đoàn Anh Tuấn**

Phản biện 2: **TS. Nguyễn Bê**

Luận văn được bảo vệ tại Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ Mạng và Hệ thống điện hợp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 27 tháng 10 năm 2012

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

Cùng với sự phát triển chung của nền kinh tế toàn cầu, nhu cầu tiêu thụ năng lượng ngày càng tăng, trong đó năng lượng điện đóng vai trò rất quan trọng. Để đáp ứng nhu cầu trên hệ thống điện (HTĐ) cũng ngày càng phát triển và mở rộng, nhiều đường dây (ĐD) truyền tải điện dài điện áp siêu cao được hình thành để liên kết các HTĐ của nhiều khu vực với nhau.

Sự nối liền các hệ thống điện con thành hệ thống điện duy nhất mang lại nhiều lợi ích nhưng cũng đặt ra nhiều vấn đề kỹ thuật phức tạp, trong đó có vấn đề ổn định hệ thống, vấn đề thừa công suất phản kháng trong chế độ non tải, vấn đề trao đổi công suất giữa các khu vực.

Để giải quyết bài toán kỹ thuật và kinh tế trong vấn đề truyền tải mạng điện cao áp, những vấn đề liên quan đến ổn định động, ổn định tĩnh, khả năng truyền tải của các đường dây, chất lượng điện năng, giảm tổn thất trên đường dây truyền tải... hạn chế tới mức thấp nhất những sự cố có thể xảy ra. Để nâng cao khả năng tải của đường dây người ta sử dụng các thiết bị bù cố định như tụ bù dọc và kháng bù ngang với dung lượng thích hợp, nhưng tất cả các thiết bị loại này sử dụng các thiết bị đóng cắt cơ khí, thao tác chậm. Khi phạm vi thay đổi công suất truyền tải lớn thì phương pháp trên bị hạn chế. Hiện nay, trên thế giới các nước tiên tiến như Mỹ, Canada, Brasil... là những nước tiên phong trong ứng dụng kỹ thuật công nghệ FACTS trong lưới điện truyền tải. FACTS là hệ thống điện truyền tải điện xoay chiều linh hoạt sử dụng các thiết bị điều khiển công suất, hoạt động ở chế độ tự động với dòng điện và điện áp cao, cho phép điều khiển để ổn định điện áp hệ thống nhanh chóng, góc pha trở kháng

đường dây, gần như tức thời. Ngoài ra nó còn cho phép đường dây vận hành gần với mức giới hạn về nhiệt của đường dây truyền tải. Các thiết bị thường được sử dụng như: SVC, TSC, TCR, TSR, TCSC, STATCOM, SSSC, UPFC. Trong đó thiết bị điều khiển nối tiếp-song song (UPFC) cho phép điều khiển có chọn lọc điện áp, trở kháng, góc pha đường dây do đó thay đổi dòng công suất tác dụng và phản kháng truyền trên đường dây. Trong khuôn khổ luận văn cao học tác giả sẽ tập trung nghiên cứu thiết bị UPFC sử dụng cho việc điều chỉnh dòng công suất trên các đường dây truyền tải điện xoay chiều thuộc hệ thống điện Việt Nam đến năm 2030.

2. Mục đích nghiên cứu :

Tìm hiểu cấu tạo, nguyên lý làm việc của thiết bị bù UPFC, xây dựng mô hình tính toán của thiết bị sử dụng cho bài toán giải tích mạng điện. Xây dựng phần mềm mô phỏng để nghiên cứu khả năng điều khiển trào lưu công suất truyền tải trên đường dây. Áp dụng tính toán lựa chọn vị trí lắp đặt thiết bị UPFC trên các đường dây truyền tải HTĐ Việt Nam.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu:

- Các đường dây truyền tải điện siêu cao áp 500kV HTĐ Việt Nam. Sự thay đổi trào lưu công suất trên các đường dây theo chế độ vận hành của hệ thống.

- Vai trò và công dụng của các thiết bị thuộc hệ thống FACTS nói chung, đi sâu tìm hiểu để sử dụng thiết bị UPFC.

4. Phương pháp nghiên cứu

- Thu thập số liệu về thông số hệ thống và thông số vận hành của HTĐ Việt Nam hiện tại và quy hoạch phát triển của HTĐ đến năm 2030.

- Nghiên cứu cấu tạo, nguyên lý làm việc của thiết bị UPFC để xây dựng mô hình tính toán trong bài toán giải tích mạng điện, từ đó xây dựng chương trình mô phỏng để nghiên cứu vai trò điều khiển trào lưu công suất khi lắp đặt trên các đường dây truyền tải.

- Áp dụng tính toán lựa chọn vị trí lắp đặt thiết bị để điều khiển trào lưu công suất cho các đường dây truyền tải thuộc HTĐ Việt Nam.

5. Chọn tên đề tài:

Căn cứ vào mục đích, đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu. Đề tài được đặt tên: “Nghiên cứu sử dụng thiết bị UPFC để điều khiển dòng công suất trên các đường dây truyền tải”.

6. Bố cục luận văn:

Mở đầu.

Chương 1: Tổng quan về quá trình hình thành và qui hoạch phát triển hệ thống điện Việt Nam đến năm 2020.

Chương 2: Tổng quan về các thiết bị của hệ thống truyền tải điện xoay chiều linh hoạt FACTS, nghiên cứu lựa chọn phần mềm ứng dụng để tính toán và phân tích hệ thống điện.

Chương 3: Nghiên cứu cấu tạo, nguyên lý làm việc, mô hình tính toán và xây dựng chương trình mô phỏng hoạt động của thiết bị UPFC.

Chương 4: Áp dụng tính toán lắp đặt thiết bị UPFC để điều khiển dòng công suất trên đường dây truyền tải 500kV thuộc HTĐ Việt Nam.

Kết luận và kiến nghị.

Tài liệu tham khảo.

Phụ lục.

Chương 1 - TỔNG QUAN VỀ QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH VÀ QUI HOẠCH PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM ĐẾN NĂM 2020

1.1. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM

1.1.1 Quá trình phát triển của lưới truyền tải điện

1.1.2. Nguồn và lưới truyền tải hiện tại

1.2. KẾ HOẠCH PHÁT TRIỂN NGUỒN VÀ LƯỚI ĐIỆN 500KV VIỆT NAM ĐẾN NĂM 2020

1.2.1. Sự tăng trưởng phụ tải điện giai đoạn 2011-2020:

1.2.2. Kế hoạch phát triển nguồn điện:

1.2.3. Kế hoạch phát triển lưới truyền tải điện:

1.2.4. Sơ đồ tổng thể HTĐ Việt Nam đến năm 2020

1.3. KẾT LUẬN

Hệ thống truyền tải điện 500kV đã được đầu tư xây dựng nhằm đảm bảo sự phát triển hài hoà của hệ thống điện, đảm bảo tính đồng bộ giữa phát triển nguồn và khả năng truyền tải điện tới các trung tâm phụ tải một cách tin cậy, hiệu quả. Nhìn chung, lưới điện 500kV vận hành tương đối ổn định và đóng vai trò rất quan trọng trong việc đảm bảo an toàn cung cấp điện. Tuy nhiên tần suất sự cố trên hệ thống 500kV các năm 2005 trở lại đây cao hơn giai đoạn 1999-2004 một phần do sự mất cân đối giữa tăng phụ tải và nguồn đưa vào các miền trong các năm vừa qua. Giai đoạn gần đây các nguồn đưa vào ở miền Bắc bị chậm tiến độ, dẫn đến các ĐD 500kV phải làm việc căng thẳng để tải điện từ miền Trung và Nam ra Bắc.

Trong quy hoạch phát triển HTĐ Việt Nam đến năm 2020 xét đến 2030, phương án nhu cầu điện cho toàn quốc và các miền dựa trên dự

báo tốc độ tăng trưởng GDP toàn quốc đến năm 2030, dự báo nhu cầu điện của các Tổng công ty điện lực đến năm 2020 và dựa vào Pmax của các trạm hiện có. Quy hoạch nguồn và lưới được thiết kế trên cơ sở đáp ứng phương án phụ tải cơ sở và có cả dự phòng cho phương án phụ tải cao. Quy hoạch nguồn phát triển cân đối công suất nguồn trên từng miền Bắc, Trung và Nam, đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện trên từng hệ thống điện miền liên kết với nhau sao cho giảm tổn thất truyền tải, chia sẻ công suất nguồn dự trữ và tận dụng mùa nước để khai thác hợp lý kinh tế các nhà máy thủy điện. Chương trình phát triển lưới điện truyền tải dựa trên cơ sở cân bằng nguồn và phụ tải các vùng miền và khu vực.

Chương 2 - TỔNG QUAN VỀ CÁC THIẾT BỊ CỦA HỆ THỐNG TRUYỀN TẢI ĐIỆN XOAY CHIỀU LINH HOẠT FACTS, NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN PHẦN MỀM ỨNG DỤNG ĐỂ TÍNH TOÁN VÀ PHÂN TÍCH HỆ THỐNG ĐIỆN

2.1. HỆ THỐNG TRUYỀN TẢI ĐIỆN XOAY CHIỀU LINH HOẠT FACTS

2.1.1 Mở đầu

2.1.2. Nhóm các thiết bị điều khiển song song

2.1.2.1. Thiết bị bù đồng bộ tĩnh (STATCOM)

2.1.2.2 Máy bù tĩnh (SVC-Static Var Compensator)

2.1.2.3 SSG (Static Synchronous Generator):

2.1.2.4 BESS (Battery Energy Storage System)

2.1.2.5 SMES (Superconducting Magnetic Energy Storage)

2.1.3. Nhóm các thiết bị điều khiển nối tiếp

2.1.3.1. Máy bù dọc đồng bộ tĩnh SSSC (Static Synchronous Series Compensators)

2.1.3.2. Các bộ tụ bù nối tiếp được điều khiển bằng Thyristor (TCSC-Thyristor Controlled Series Capacitor)

2.1.3.3. Các bộ tụ nối tiếp chuyển mạch bằng Thyristor (TSSC-Thyristor Switched Series Capacitor)

2.1.3.4. Các bộ kháng nối tiếp được điều khiển bằng Thyristor (TCSSR-Thyristor Controller Series Reactor)

2.1.3.5. Các bộ kháng nối tiếp chuyển mạch bằng Thyristor (TSSSR-Thyristor Switched Series Reactor)

2.1.4. Nhóm các thiết bị điều khiển nối tiếp – song song kết hợp

2.1.4.1. Thiết bị điều khiển dòng công suất hợp nhất (UPFC- Unified Power Flow Controller)

2.1.4.2. Máy biến áp dịch pha điều khiển bằng Thyristor (TCPST-Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer)

2.1.4.3. Bộ điều chỉnh áp dùng thyristor (TCVR - Thyristor-Controlled Voltage Regulator)

2.1.5. Hiệu quả của việc sử dụng các thiết bị FACTS

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. Chương trình PSS/E (Power system simulation/engineer)

2.3.2. Chương trình POWERWORLD

2.3.3. Chương trình CONUS

2.3.4. Phân tích lựa chọn chương trình tính toán

2.4. KẾT LUẬN

Hệ thống truyền tải điện xoay chiều linh hoạt (Facts) sử dụng thiết bị điện tử công suất hoạt động ở chế độ tự động với dòng điện và

điện áp cao, cho phép điều khiển để ổn định điện áp hệ thống, góc pha, trở kháng đường dây gần như tức thời, điều khiển dòng công suất trên các đường dây truyền tải một cách linh hoạt và nhanh chóng. Thiết bị Facts mang lại hiệu quả:

- Điều khiển công suất theo yêu cầu và tăng khả năng tải của đường dây đến gần giới hạn nhiệt. Sử dụng tốt hơn các hệ thống truyền tải hiện có.

- Giảm tổn thất công suất và điện năng trên đường dây truyền tải.

- Giảm quá điện áp trong chế độ sự cố, tăng độ tin cậy và tính khả dụng của hệ thống truyền tải. Giúp ổn định điện áp trong những hệ thống khó hiệu chỉnh, cung cấp chất lượng điện năng theo yêu cầu.

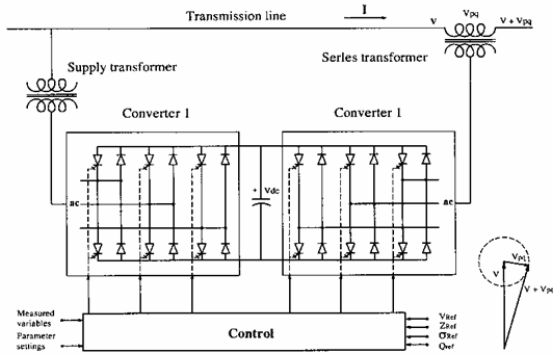
- Điều khiển các quá trình quá độ nâng cao tính ổn định cho hệ thống.

Trên cơ sở 2 phương pháp lặp Gauss – Seidel và Newton – Raphson người ta đã xây dựng nhiều phần mềm tính toán và đang được sử dụng như: PSS/E, CONUS, POWER WORLD... Chương trình PSS/E có nhiều ưu điểm nên trong luận văn tác giả sử dụng chương trình PSS/E để tính toán, phân tích các chế độ làm việc của HTĐ.

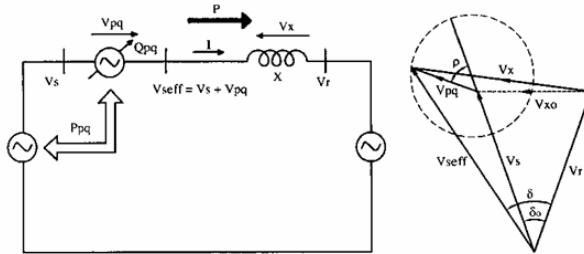
Chương 3 - NGHIÊN CỨU CẤU TẠO, NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC, MÔ HÌNH TÍNH TOÁN VÀ XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH MÔ PHỎNG HOẠT ĐỘNG CỦA THIẾT BỊ UPFC

3.1. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA THIẾT BỊ UPFC

Thiết bị UPFC có cấu tạo gồm hai bộ biến đổi công suất dạng nghịch lưu áp, mắc theo kiểu lưng tựa lưng liên kết với tụ DC dự trữ công suất như hình 3.1



Hình 3.1: Cấu tạo của thiết bị UPFC



Hình 3.2: Nguyên lý làm việc cơ bản của thiết bị bù UPFC

Bộ nghịch lưu thứ hai (mắc nối tiếp trên đường dây) thực hiện nhiệm vụ chính của UPFC là đặt nối tiếp với đường dây một điện áp V_{pq} có biên độ V_{pq} và góc pha ρ điều chỉnh được. Điện áp nối tiếp nêu trên có tác dụng như một nguồn đồng bộ xoay chiều. Theo giản đồ véctơ hình 3.2 cho thấy UPFC có thể điều khiển được môđul \vec{V}_s và góc lệch δ giữa \vec{V}_s và \vec{V}_r .

Công suất tác dụng, phản kháng truyền tải trên đường dây lúc này:

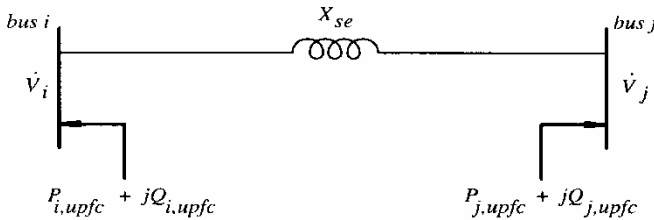
$$P = \frac{V_r V_{seff}}{X} \cdot \sin \delta \quad (3.1)$$

$$Q = \frac{V_r V_{seff}}{X} (1 - \cos \delta) \quad (3.2)$$

Việc điều khiển UPFC dẫn đến thay đổi biên độ V_{seff} và góc lệch δ do đó có thể điều khiển được dòng công suất truyền tải trên đường dây.

Bộ nghịch lưu thứ nhất hỗ trợ hoạt động cho bộ nghịch lưu thứ hai bằng cách thực hiện đưa vào mạch DC lượng công suất tác dụng yêu cầu cần cho quá trình thiết lập điện áp nối tiếp trên đường dây của bộ nghịch lưu thứ hai. Ngoài chức năng trên, bộ nghịch lưu thứ nhất cũng có thể thực hiện việc trao đổi công suất phản kháng với hệ thống điện xoay chiều (bù ngang) một cách độc lập với chức năng thứ nhất.

3.2. MÔ HÌNH TÍNH TOÁN CỦA THIẾT BỊ UPFC[5]



Hình 3.7: Mô hình toán học của UPFC ở trạng thái ổn định
Các thành phần công suất tương đương đặt vào như ở hình 3.7 là:

$$P_{i,upfc} = 0.02rb_{se} V_i^2 \sin \gamma - 1.02rb_{se} V_i V_j \sin(\delta_i - \delta_j + \gamma) \quad (3.25)$$

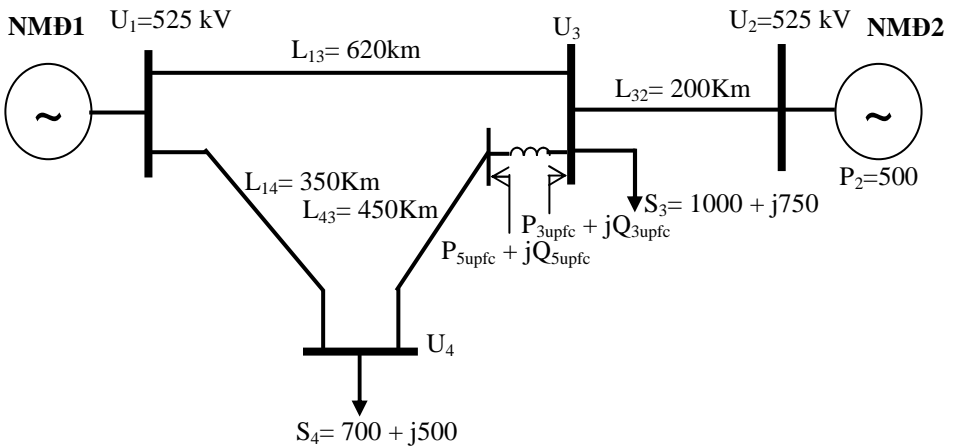
$$P_{j,upfc} = rb_{se} V_i V_j \sin(\delta_i - \delta_j + \gamma) \quad (3.26)$$

$$Q_{i,upfc} = -rb_{se} V_i^2 \cos \gamma \quad (3.27)$$

$$Q_{j,upfc} = rb_{se} V_i V_j \cos(\delta_i - \delta_j + \gamma) \quad (3.28)$$

3.3. XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH MÔ PHỎNG VẬN HÀNH THIẾT BỊ UPFC

3.3.1. Sơ đồ hệ thống điện nghiên cứu



Hình 3.8: Sơ đồ hệ thống điện có lắp đặt thiết bị UPFC

3.3.2 Các bước xây dựng chương trình mô phỏng hệ thống điện

Để xây dựng chương trình mô phỏng, cần phải tiến hành các bước sau:

- Vẽ sơ đồ hệ thống điện như trên (hình 3.8) trên màn hình máy tính.
- Nhập số liệu sơ đồ lưới điện vào file chương trình tính toán Matlab. File tính toán chế độ xác lập được tác giả viết dựa theo phương pháp lặp Gauss-Seidel trên nền chương trình Matlab.
- Xây dựng chương trình gồm các Unit để thực hiện các chức năng sau:
 - ✓ Đọc số liệu từ file số liệu của chương trình Matlab.
 - ✓ Chạy file tính toán chế độ xác lập của chương trình Matlab.
 - ✓ Đọc kết quả từ file kết quả của chương trình Matlab.
 - ✓ Hiển thị kết quả đọc được lên sơ đồ hệ thống điện.

- ✓ Cho phép thay đổi các thông số vận hành của hệ thống điện trực tiếp trên giao diện chương trình, từ đó khảo sát các chế độ vận hành của hệ thống điện khi có sự tham gia của thiết bị UPFC.

3.3.3. Tính toán chế độ xác lập

3.3.3.1. Dùng chương trình Conus

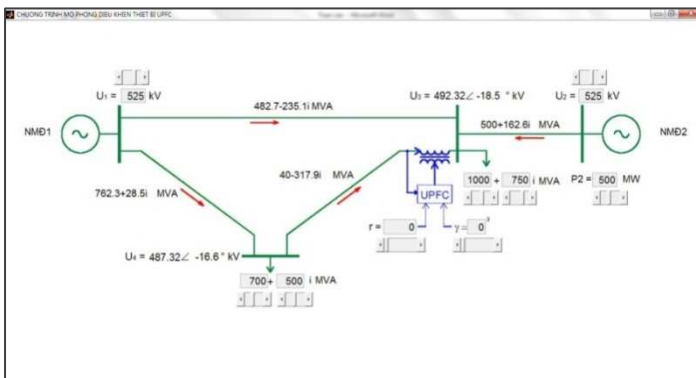
3.3.3.2. Dùng file tính toán viết bằng chương trình Matlab

Kết quả tính toán chế độ xác lập cho hệ thống điện như hình 3.8 bằng chương trình Conus hoàn toàn trùng với kết quả tính toán theo phương pháp lặp Gauss-Seidel bằng chương trình Matlab do tác giả viết. Do đó có thể ứng dụng file chương trình Matlab do tác giả viết để tính toán chế độ xác lập khi có sự tham gia của thiết bị UPFC.

3.3.4. Sơ đồ thuật toán mô phỏng hoạt động của thiết bị UPFC khi lắp đặt trên hệ thống điện

3.3.5. Chương trình mô phỏng hoạt động của thiết bị UPFC

3.3.5.1. Xây dựng chương trình



Hình 3.10: Giao diện của chương trình mô phỏng UPFC

3.3.5.2. Khảo sát các chức năng của chương trình

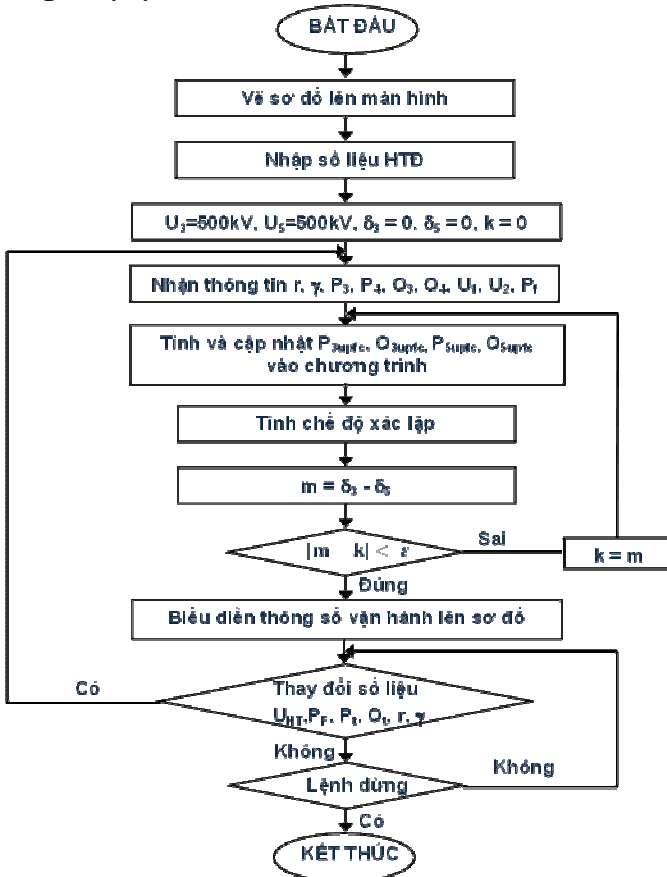
a) Thay đổi thông số vận hành

b) Khảo sát khả năng điều khiển công suất trên đường dây của UPFC

c) Khảo sát khả năng điều khiển điện áp nút lắp đặt UPFC

d) Khảo sát khả năng điều khiển góc δ của điện áp nút lắp đặt UPFC

e) Khảo sát khả năng khống chế công suất trên đường dây lắp đặt theo giá trị định trước của UPFC



Hình 3.9: Sơ đồ thuật toán mô phỏng khả năng điều chỉnh công suất theo r và γ của UPFC trên đường dây

3.4. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu cấu tạo, nguyên lý làm việc, phân tích đánh giá khả năng hoạt động của thiết bị UPFC nhận thấy:

UPFC điều khiển vectơ điện áp nối tiếp trên đường dây truyền tải cả về modul lẫn góc pha cho nên cho phép điều khiển linh hoạt dòng công suất truyền tải trên đường dây và điện áp cuối đường dây theo chế độ vận hành. Điều khiển độc lập công suất tác dụng và phản kháng trong phạm vi rộng.

Trên cơ sở phân tích mô hình tính toán UPFC đã xây dựng được sơ đồ thuật toán chương trình mô phỏng khả năng điều chỉnh công suất theo r và γ của UPFC trên đường dây cho một hệ thống điện đơn giản để nghiên cứu như hình 3.8.

Các tính năng của chương trình mô phỏng:

Cho phép khảo sát chế độ vận hành HTĐ như thực tế nhờ các chức năng : thay đổi thông số vận hành P_t , Q_t , P_r , U_r , hiển thị thông số chế độ $U \angle \delta_{\text{nút}}$, P_{dd} , Q_{dd} lên sơ đồ.

Khảo sát khả năng điều khiển của thiết bị UPFC:

- ✓ UPFC có khả năng điều khiển độc lập dòng công suất tác dụng trên đường dây khi điều chỉnh $\gamma = 90^0$ và thay đổi giá trị r .
- ✓ UPFC điều khiển độc lập dòng công suất phản kháng trên đường dây khi điều chỉnh $\gamma = 0^0$ và thay đổi giá trị r .
- ✓ Phối hợp điều khiển r và góc γ thích hợp cho phép điều khiển được dòng công suất truyền tải trên đường dây theo yêu cầu khi thông số vận hành của hệ thống thay đổi.

Chương trình có thể sử dụng làm mô hình học tập cho sinh viên nghiên cứu nguyên lý làm việc và vai trò điều khiển của thiết bị UPFC trong HTĐ.

Chương 4 - ÁP DỤNG TÍNH TOÁN LẮP ĐẶT THIẾT BỊ UPFC ĐỂ ĐIỀU KHIỂN DÒNG CÔNG SUẤT TRÊN ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI 500kV THUỘC HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM

4.1. SƠ ĐỒ VÀ SỐ LIỆU TÍNH TOÁN HTĐ VIỆT NAM

Nghiên cứu tính toán các chế độ vận hành hệ thống điện 500kV Việt Nam năm 2020 xét đến năm 2030. Qua tìm hiểu tác giả đã nắm được các thông tin về nguồn, đường dây, phụ tải, máy biến áp sơ đồ HTĐ 500kV hiện tại và quy hoạch phát triển đến năm 2020 xét đến 2030 (phụ lục 1, 2, 3, 4, 5) được cung cấp bởi Công ty tư vấn xây dựng điện 4.

Toàn bộ số liệu được nhập vào file số liệu của chương trình PSS/E (phụ lục 6, 7, 8, 9, 10). File số liệu của chương trình PSS/E về chế độ phụ tải cực đại trong điều kiện vận hành bình thường của HTĐ 500kV Việt Nam năm 2020 xét đến 2030 được cung cấp bởi Công ty tư vấn xây dựng điện 4.

4.2. TÍNH TOÁN CÁC CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH CHO HTĐ VIỆT NAM

4.2.1. Chế độ cơ sở

Để khảo sát điện áp trên các nút và khả năng tải của đường dây siêu cao áp thuộc HTĐ Việt Nam năm 2020 xét đến 2030, chọn chế độ phụ tải cực đại trong điều kiện vận hành bình thường, nguồn điện các máy phát thủy điện phát 100% công suất đặt, còn lại huy động từ các nhà máy nhiệt điện, tuabin khí, điện hạt nhân... làm chế độ cơ sở.

4.2.2. Chế độ công suất truyền từ miền Trung ra miền Bắc và miền Trung vào miền Nam (chế độ 1)

a/ Giới thiệu chế độ vận hành:

Chế độ phụ tải cực đại vào mùa khô. Các nhà máy thủy điện lớn (công suất đặt > 500MW) phát khoảng 50% công suất đặt, nhà máy

hiệt điện, thủy điện nhỏ phát 100% công suất đặt (phụ lục 11). Tổng hợp về nguồn và tải, trào lưu công suất 3 miền Bắc - Trung - Nam từ file chế độ phụ tải cực đại vào mùa khô của chương trình PSS/E như bảng 4.1, 4.2

b/ Kết quả tính toán:

Khi huy động công suất miền Trung cấp cho miền Bắc, công suất sẽ truyền tải rất lớn trên đường dây 500kV từ Dốc Sỏi về Đà Nẵng (3215,3MVA), vượt quá công suất định mức đường dây này ($S_{dm} = 2636\text{MVA}$). Công suất truyền tải các đường dây khác đều nhỏ hơn công suất định mức của đường dây. Điện áp nút 500kV Đà Nẵng thấp hơn mức cho phép ($< 95\%U_{dm}$): 464,7kV, điện áp nút Dốc Sỏi: 482,3kV, điện áp các nút khác nằm trong giới hạn $95\%U_{dm}$ đến $105\%U_{dm}$

Công suất truyền tải trên các đường dây liên quan ở bảng 4.3:

Bảng 4.3: Công suất trên các đường dây liên quan (chế độ 1)

Nút đầu	Nút cuối	Công suất truyền tải trên ĐD S_t (MVA)	Công suất định mức ĐD S_{dm} (MVA)	Hệ số mang tải $k_m = \frac{S_t}{S_{dm}} \cdot 100\%$
Dốc Sỏi	Đà Nẵng	3208.2 + j214.3	2636	122
Pleiku	Dốc Sỏi	137 + j339.4	2636	13.9
Pleiku	Thạnh Mỹ	1208.8 + j287.1	2636	47.1
Thạnh Mỹ	Đà Nẵng	1411.4 + j379.4	2636	55.4

c/ **Nhận xét:** Trong chế độ phụ tải cực đại vào mùa khô, công suất truyền từ miền Trung ra miền Bắc thì điện áp tại nút Đà Nẵng là

464,7kV thấp hơn mức giới hạn cho phép 475kV, công suất truyền tải trên đường dây 500kV từ Dốc Sỏi về Đà Nẵng là 3215,3MVA vượt quá công suất định mức đường dây này ($S_{dm} = 2636MVA$).

4.2.3. Chế độ sự cố đường dây Bắc Ái - Điện Hạt Nhân 2 (chế độ 2)

a/ Giới thiệu chế độ vận hành:

Chế độ phụ tải cực đại vào mùa mưa. Vào mùa mưa (tháng 1 ÷ tháng 9), các nhà máy thủy điện phát 100% công suất đặt, còn lại huy động từ các nhà máy nhiệt điện, tuabin khí, điện hạt nhân...(phụ lục 10). Tổng hợp về nguồn và tải, trào lưu công suất 3 miền Bắc - Trung - Nam từ file chế độ phụ tải cực đại vào mùa mưa như bảng 4.4, 4.5.

Hệ thống đang ở chế độ phụ tải cực đại, công suất đường dây kép 500kV Bắc Ái đi Điện Hạt Nhân 2 (miền Trung cấp vào miền Nam): 3109,4MVA. Giả sử sự cố cô lập một đường dây Bắc Ái - Điện Hạt Nhân 2.

b/ Kết quả tính toán:

Khảo sát nhận thấy công suất trên đường dây Bắc Ái - Điện Hạt Nhân 2 còn lại: 2742,2MVA vượt công suất định mức đường dây này (2636MVA). Công suất truyền tải các đường dây khác đều nhỏ hơn công suất định mức của đường dây. Điện áp các nút nằm trong giới hạn $95\% U_{dm}$ đến $105\% U_{dm}$. Công suất truyền tải trên các đường dây liên quan ở bảng 4.6.

Bảng 4.6: Công suất trên các đường dây liên quan (chế độ 2)

Nút đầu	Nút cuối	Công suất truyền tải trên ĐĐ S_t (MVA)	Công suất định mức ĐĐ S_{dm} (MVA)	Hệ số mang tải $k_m = \frac{S_t}{S_{dm}} \cdot 100\%$
Bắc Ái	Điện hạt nhân 2	2742 + j32.2	2636	104
Vân Phong	Bắc Ái	573.7 – j184.8	2636	22.9
Vân Phong	Bình Định	431.7 - j213	2636	18.3
Bình Định	Dốc Sỏi	978.5 + j89.7	2636	37.3
Dốc Sỏi	Pleiku	777.1 – j280	2636	31.3

c/ Nhận xét:

Trong chế độ công suất truyền từ miền Bắc vào miền Nam vào mùa mưa, nếu sự cố một đường dây Bắc Ái - Điện Hạt Nhân 2 thì công suất truyền tải trên đường dây còn lại: 2742,2MVA, vượt quá công suất định mức đường dây này (2636MVA).

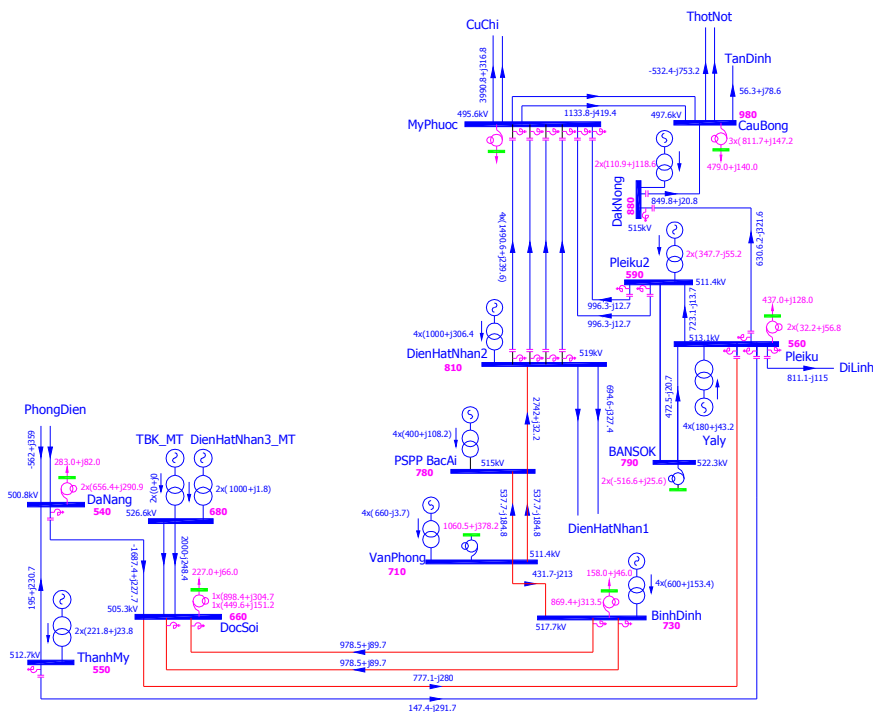
4.2.4. Phân tích lựa chọn vị trí lắp đặt thiết bị UPFC

Ở chế độ 1, trào lưu công suất miền Trung cấp ra miền Bắc, đường dây Dốc Sỏi - Đà Nẵng bị quá tải, trên sơ đồ hình 4.1 nhận thấy nếu điều khiển tăng dòng công suất truyền trên mạch vòng Dốc Sỏi - Pleiku - Thạnh Mỹ - Đà Nẵng lên thì sẽ giảm được công suất truyền trên đường dây Dốc Sỏi - Đà Nẵng đồng thời giảm hệ số mang tải đường dây này và nếu nâng điện áp tại nút Dốc Sỏi lên thì điện áp tại các nút 500kV Đà Nẵng sẽ được cải thiện

Ở chế độ 2, trào lưu công suất miền Trung cấp vào miền Nam, khi sự cố đường dây Bắc Ái - Điện Hạt Nhân 2, đường dây Bắc Ái -

Điện Hạt Nhân 2 còn lại bị quá tải, theo sơ đồ hình 4.2 nhận thấy nếu điều khiển dòng công suất trên đường dây từ Đốc Sỏi đi Pleiku tăng lên thì sẽ giảm được công suất truyền trên đường dây Bắc Ái - Điện Hạt Nhân 2 xuống tránh quá tải đường dây này.

Trên các cơ sở này nhận thấy vị trí thích hợp nhất để đặt UPFC là tại nút Đốc Sỏi trên đường dây Đốc Sỏi - Pleiku.



Hình 4.2: Sơ đồ HTĐ ở chế độ 2

4.3. TÍNH TOÁN SAU KHI LẮP ĐẶT THIẾT BỊ UPFC 4.3.1.

4.3.1. Tính toán điều chỉnh UPFC làm việc ở chế độ 1:

Đặt thiết bị UPFC tại Đốc Sỏi để điều khiển dòng công suất truyền tải trên đường dây từ Đốc Sỏi đi Pleiku. Trong chương trình

PSS/E đặt thêm 1 nút UPFC đặt tên 667 UPFC_DS gần nút 660 DOCSOI trên đường dây Dốc Sỏi - Pleiku, xem nút 667 UPFC_DS như là một nút PQ. Đối với thông số đường dây sửa lại nhánh Dốc Sỏi-Pleiku là 660 DOCSOI - 678 PK-TU thành nhánh 667 UPFC_DS - 678 PK-TU, thêm vào nhánh 660 DOCSOI - 667 UPFC_DS và thiết lập các thông số trong mục FACTS DEVICE của chương trình PSS/E ở bảng 4.7

Bảng 4.7: Giá trị cài đặt UPFC trên đường dây Dốc Sỏi - Pleiku(chế độ 1)

Sending Bus Number/ Name	Terminal Bus Number/ Name	P Setpoint (MW)	Q Setpoint (MVAR)	Shunt max (MVA)	Bridge max (MW)	V term max (pu)	V term min (pu)
660 [DOCSOI]	667 [UPFC_DS]	1000	100	150	9999	1.1	0.9

Sau khi chạy chương trình tính toán, kết quả trào lưu công suất trên đường dây Dốc Sỏi - Pleiku như ở bảng 4.8

Bảng 4.8: Điện áp, dòng công suất trên đường dây Dốc Sỏi - Pleiku (chế độ 1)

TO	660 DOCSOI	678 PK-TU
BUS	500kV	503,08kV
667 UPFC_DS 524,63kV	-1000 - j100 (MVA)	1000 + j100 (MVA)

Công suất trên các đường dây liên quan sau khi lắp đặt UPFC tại Dốc Sỏi ở bảng 4.9.

Bảng 4.9: Công suất trên các đường dây liên quan sau khi lắp đặt UPFC tại Dốc Sỏi (chế độ 1)

Nút đầu	Nút cuối	Công suất truyền tải trên ĐĐ S_t (MVA)	Công suất định mức ĐĐ S_{dm} (MVA)	Hệ số mang tải $k_m = \frac{S_t}{S_{dm}} \cdot 100\%$ (%)
Dốc Sỏi	Đà Nẵng	2278.4 + j432.2	2636	88
Dốc Sỏi	Pleiku	1000 + j100	2636	38.1
Pleiku	Thanh Mỹ	1985 + j369.7	2636	76.6
Thanh Mỹ	Đà Nẵng	2040.9 + j192.8	2636	77.8

Nhận xét: Khi lắp đặt thiết bị UPFC vào tại Dốc Sỏi điều khiển dòng công suất tác dụng và phản kháng đường dây Dốc Sỏi - Pleiku tăng lên tới trị số mong muốn, dẫn đến dòng công suất truyền tải trên đường dây Pleiku-Thanh Mỹ, Thanh Mỹ - Đà Nẵng tăng lên thì lập tức giảm công suất truyền tải trên đường dây Dốc Sỏi - Đà Nẵng xuống và giảm hệ số mang tải đường dây Dốc Sỏi - Đà Nẵng từ **122%** xuống **88%**, hệ số mang tải đường dây Thanh Mỹ - Đà Nẵng tăng từ 55,4% → 77,8%.

Điện áp nút 500kV Đà Nẵng tăng lên đáng kể **464,7kV** → **480,51kV**, điện áp tại nút đặt UPFC là Dốc Sỏi tăng lên **500kV** so với khi chưa đặt thiết bị UPFC **482,3kV**, đảm bảo chất lượng điện áp. Điện áp các nút khác nằm trong giới hạn cho phép 475kV đến 525kV.

4.3.2. Tính toán điều chỉnh UPFC làm việc ở chế độ 2:

Tương tự, lắp đặt thiết bị UPFC tại Dốc Sỏi để điều khiển dòng công suất truyền tải trên đường dây từ Dốc Sỏi đi Pleiku. Trong

chương trình PSS/E, đặt thêm nút 667 UPFC_DS và sửa lại thông tin đường dây Dốc Sỏi - Pleiku như mục 4.3.1, thiết lập các thông số trong mục FACTS DEVICE của chương trình PSS/E như bảng 4.10

Bảng 4.10: Giá trị cài đặt UPFC trên đường dây Dốc Sỏi - Pleiku (chế độ 2)

Sending Bus Number/ Name	Terminal Bus Number/ Name	P Setpoint (MW)	Q Setpoint (MVAR)	Shunt max (MVA)	Bridge max (MW)	V term max (pu)	V term min (pu)
660 [DOCSOI]	667 [UPFC_DS]	2000	100	150	9999	1.1	0.9

Sau khi chạy chương trình tính toán, kết quả trào lưu công suất trên đường dây Dốc Sỏi - Pleiku như ở bảng 4.11.

Bảng 4.11: Điện áp, dòng công suất trên đường dây Dốc Sỏi - Pleiku (chế độ 2)

TO	660 DOCSOI	678 PK-TU
BUS	500kV	526,7kV
667 UPFC_DS 528,5kV	-2000 - j100 (MVA)	2000 + j100 (MVA)

Công suất trên các đường dây liên quan sau khi lắp đặt UPFC tại Dốc Sỏi ở bảng 4.12

Bảng 4.12: Công suất trên các đường dây liên quan sau khi lắp đặt UPFC tại Đốc Sỏi (chế độ 2)

Nút đầu	Nút cuối	Công suất truyền tải trên ĐĐ S_t (MVA)	Công suất định mức ĐĐ S_{dm} (MVA)	Hệ số mang tải $k_m = \frac{S_t}{S_{dm}} \cdot 100\%$ (%)
Bắc Ái	Điện hạt nhân 2	2549.7 - j4.1	2636	96.7
Vân Phong	Bắc Ái	476.9 - j198	2636	19.6
Vân Phong	Bình Định	649.7 - j171.4	2636	25.5
Bình Định	Đốc Sỏi	1110.6 + j110.8	2636	42.3
Đốc Sỏi	Pleiku	2000 + j100	2636	76

Nhận xét: Khi lắp đặt thiết bị UPFC vào tại Đốc Sỏi điều khiển dòng công suất tác dụng và phản kháng trên đường dây Đốc Sỏi - Pleiku tăng lên tới trị số mong muốn, dẫn đến dòng công suất truyền tải trên đường dây Bắc Ái - Điện Hạt Nhân 2 giảm xuống và giảm hệ số mang tải đường dây này từ **104%** xuống **96,7%**, hệ số mang tải đường dây Đốc Sỏi - Pleiku tăng 30,7% → 76%. Điện áp các nút khác nằm trong giới hạn cho phép 475kV đến 525kV.

4.3.3. Chọn thông số của thiết bị UPFC

Từ các giá trị cài đặt UPFC ở bảng 4.7 và bảng 4.10 chọn công suất UPFC 150MVA điều khiển dòng công suất như yêu cầu để cải thiện các thông số chế độ cho HTĐ 500kV Việt Nam năm 2020 xét đến năm 2030 trong các chế độ 1 và 2.

4.4 KẾT LUẬN

Qua tính toán phân tích các chế độ làm việc của HTĐ Việt Nam, tác giả đã tìm được hai chế độ gây qua tải trên đường dây truyền tải:

- Chế độ phụ tải cực đại vào mùa khô, trào lưu công suất truyền từ miền Trung ra miền Bắc và miền Trung vào miền Nam (chế độ 1) gây quá tải đường dây Dốc Sỏi - Đà Nẵng.
- Chế độ phụ tải cực đại vào mùa mưa, trào lưu công suất miền Bắc cấp vào miền Trung và miền Trung cấp vào miền Nam và sự cố một đường đường dây Bắc Ái - Điện Hạt Nhân 2 gây quá tải đường dây Bắc Ái - Điện Hạt Nhân 2 còn lại.

Phân tích khả năng điều khiển trào lưu công suất trên hệ thống đề tài đã tìm được vị trí lắp đặt UPFC tại nút Dốc Sỏi trên đường dây Dốc Sỏi - Pleiku. Kết quả tính toán các chế độ sau khi lắp đặt thiết bị UPFC trên HTĐ 500kV Việt Nam và điều khiển dòng công suất trên đường dây được lắp đặt, cho thấy:

- Điều khiển được dòng công suất tác dụng và phản kháng trên đường dây lắp đặt UPFC theo giá trị mong muốn, nâng cao khả năng tải đường dây gần giới hạn nhiệt và thay đổi được dòng công suất trên các đường dây liên quan, tránh quá tải cho các đường dây này.
- Chất lượng điện áp tại các nút trong mạng được cải thiện.

Từ các thông số cài đặt UPFC tác giả chọn được công suất UPFC là 150MVA để lắp đặt UPFC tại nút Dốc Sỏi trên đường dây Dốc Sỏi - Pleiku cho HTĐ Việt Nam năm 2020 xét đến 2030.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Hệ thống điện Việt Nam trải dài từ Bắc vào Nam, công suất phát các nhà máy thay đổi phụ thuộc vào các mùa trong năm và phụ tải giữa các khu vực cũng rất khác nhau do chịu ảnh hưởng điều kiện khí hậu dẫn đến trào lưu công suất trên hệ thống thường xuyên thay đổi làm cho các thông số chế độ thay đổi trong phạm vi rộng. Các thiết bị bù cố định hiện nay chưa đáp ứng được yêu cầu điều khiển, cần phải sử dụng thiết bị bù có điều khiển FACTS để điều khiển nhanh và linh hoạt dòng công suất truyền tải trên đường dây. Đặc biệt để đáp ứng yêu cầu mua bán điện cũng như điều khiển trào lưu công suất để hạn chế quá tải trên một số đường dây trong các trường hợp sự cố cần thiết phải sử dụng các thiết bị FACTS nói chung, mà cụ thể thiết bị UPFC nói riêng. Trong luận văn này, tác giả đã chọn nghiên cứu sử dụng thiết bị UPFC để điều khiển dòng công suất trên các đường dây truyền tải.

Trên cơ sở nghiên cứu cấu tạo, nguyên lý làm việc và mô hình tính toán của thiết bị UPFC, đề tài đã xây dựng chương trình mô phỏng khả năng điều khiển dòng công suất của thiết bị UPFC cho một HTĐ đơn giản. Chương trình cho phép khảo sát các chế độ vận hành HTĐ như thực tế. Kết quả khảo sát trên chương trình mô phỏng cho thấy UPFC có khả năng điều khiển nhanh và độc lập dòng công suất tác dụng, phản kháng trên đường dây theo yêu cầu, điều khiển được điện áp và góc pha δ tại nút đặt UPFC và có thể khống chế dòng công suất tác dụng và phản kháng truyền tải trên đường dây lắp đặt theo giá trị định trước.

Qua tính toán phân tích các chế độ làm việc của HTĐ Việt Nam giai đoạn 2020, đề tài đã tìm được vị trí thích hợp để lắp đặt UPFC tại nút Đốc Sỏi trên đường dây Đốc Sỏi - Pleiku. Sau khi tính toán

điều khiển các thông số UPFC cho phép điều khiển được trào lưu công suất trong hệ thống thu được kết quả:

- Điều khiển được dòng công suất trên đường dây lắp đặt UPFC theo giá trị mong muốn, nâng cao khả năng tải đường dây gần giới hạn nhiệt và thay đổi được dòng công suất trên các đường dây liên quan, tránh quá tải cho các đường dây này trong các chế độ vận hành khác nhau.

- Chất lượng điện áp tại các nút trong mạng được cải thiện.

Qua đó đề tài cũng đã chọn được công suất UPFC 150MVA để lắp đặt tại nút Dốc Sỏi trên đường dây Dốc Sỏi - Pleiku cho HTĐ Việt Nam năm 2020 xét đến 2030.

Hướng mở rộng của đề tài:

- Xây dựng chương trình mô phỏng tìm vị trí và dung lượng thích hợp để lắp đặt thiết bị UPFC cho HTĐ Việt Nam theo các chế độ vận hành.

- Tính toán chi phí lắp đặt UPFC trên HTĐ và so sánh về kinh tế với một số thiết bị khác.