

**ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP HỒ CHÍ MINH
KHOA CÔNG NGHỆ ĐIỆN**

NGUYỄN TRUNG NHÂN

GIÁO TRÌNH

VẬN HÀNH VÀ ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG ĐIỆN



TP HỒ CHÍ MINH 2008

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP HCM
GIÁO TRÌNH GỐC

LỜI NÓI ĐẦU

Nhu cầu sử dụng điện của loài người ngày càng tăng, đòi hỏi lượng nguồn phát (số tổ máy) phải tăng theo. Trong khi đó vấn đề khủng hoảng năng lượng và môi trường là hai bài toán cần được xem xét hàng đầu khi phát triển nguồn năng lượng này. Bên cạnh phát triển thêm nguồn mới thì việc vận hành các tổ máy sao cho hiệu quả và tin cậy nhất cũng là bài toán vô cùng quan trọng. Vận hành và điều khiển tốt hệ thống điện không chỉ mang lại hiệu quả về mặt kinh tế mà còn giúp phát triển bền vững cho nguồn năng lượng của ta. Trước thực trạng nguồn tài liệu về lĩnh vực này còn khan hiếm, để đáp ứng cho nhu cầu học tập nghiên cứu trong lĩnh vực vận hành và điều khiển hệ thống điện chúng tôi đã biên soạn cuốn giáo trình này nhằm giúp các bạn Sinh viên và quý Thầy, Cô cô đọng lại những vấn đề cần thiết cơ bản cho môn học Vận hành và điều khiển Hệ thống điện và các môn học có liên quan.

Giáo trình được xây dựng theo hướng chương trình hóa, phục vụ cho các Sinh viên và Bạn đọc muốn tìm hiểu về vận hành và điều khiển hệ thống điện. Cụ thể, giáo trình tóm lược các vấn đề lý thuyết cơ bản và cần thiết, giải quyết các bài toán thông qua ví dụ và giúp Sinh viên rèn luyện kỹ năng, tư duy tính toán thông qua một số bài tập. Các ví dụ tính toán và bài tập trong giáo trình có các đoạn chương trình được viết trong Matlab đi kèm để tiện cho việc kiểm tra kết quả của Sinh viên. Giáo trình cũng đưa ra các quy trình vận hành cơ bản các phần tử trong hệ thống điện.

Giáo trình được trình bày trong 7 chương và một phụ lục với các nội dung như sau:

Chương 1: Trình bày về các vấn đề chung như: tính tất yếu của môn học, lĩnh vực nghiên cứu của môn học và các vấn đề liên quan; trình bày về lịch sử phát triển của các mô hình máy phát nhiệt điện qua các thời kỳ. Chương 1 cũng bàn về đặc tính tổ máy phát, phương pháp xây dựng đặc tính tổ máy phát và cách giải bài toán tối ưu hàm phi tuyến.

Chương 2: Trình bày về điều độ kinh tế giữa các tổ máy phát nhiệt điện bao gồm: vấn đề chung về điều độ kinh tế, điều độ kinh tế trong trường hợp không có ràng buộc, có ràng buộc về công suất tổ máy và điều độ trong trường hợp có ràng buộc về giới hạn công suất tổ máy và tổn thất trong mạng. Chương này cũng đưa ra giải thuật của chương trình điều độ trên máy tính.

Chương 3: Phân tích quá trình điều động và dự trữ tổ máy phát trong vận hành hệ thống điện. Chương này bàn về vấn đề điều động và dự trữ tổ máy, dự trữ quay, ràng buộc trong điều động tổ máy phát. Ngoài ra nội dung trong chương cũng trình bày về phương pháp giải bài toán điều động tổ máy sao cho tối ưu.

Chương 4: Phân tích quá trình điều độ kết hợp giữa nhà máy nhiệt điện và nhà máy thủy điện bao gồm vận hành nhà máy thủy điện, đặc tính năng lượng của nhà máy thủy điện và bài toán điều độ kết hợp.

Chương 5: Trình bày quy trình vận hành nhà máy nhiệt điện bao gồm quy trình vận hành turbine khí, quy trình vận hành máy phát, các thuật ngữ chuyên dùng trong vận hành nhà máy điện và các lỗi thường gặp và cách xử lý trong quá trình vận hành nhà máy nhiệt điện.

Chương 6: Trình bày quy trình vận hành nhà máy thủy điện bao gồm vấn đề thủy văn trong vận hành, quy trình vận hành khối tổ máy phát, các chế độ vận hành không bình thường của tổ máy. Chương 6 cũng đề cập đến những vấn đề chung về xử lý sự cố khối tổ máy phát.

Chương 7: Đề cập đến một nội dung riêng biệt với các chương khác đó là vấn đề điều khiển hệ thống điện (điều khiển tổ nguồn phát). Nội dung trong chương giới thiệu về mô hình toán của hệ thống điều khiển máy phát, các nguyên tắc điều khiển máy phát điện. Trình bày chi tiết về các bộ điều khiển chính trong máy phát bao gồm bộ điều chỉnh điện áp (AVR) và bộ điều chỉnh công suất (LFC). Chương 7 cũng đưa ra các mô hình được xây dựng trong Matlab nhằm mô phỏng các bộ điều khiển trong các trường hợp khác nhau.

Ngoài ra, giáo trình còn có phần **phụ lục** bao gồm một số chương trình tính toán và mô phỏng được viết trên nền Matlab để phục vụ cho việc tính các ví dụ và bài tập trong giáo trình. Đây là nền tảng để các bạn Sinh viên và Bạn đọc có thể xây dựng các chương trình lớn hơn phục vụ cho học tập và nghiên cứu sau này.

Hy vọng rằng cuốn tài liệu này là công cụ bổ ích để các bạn Sinh viên có thể tóm lược được nội dung cơ bản trong môn học Vận hành và điều khiển Hệ thống điện, là cơ sở để nghiên cứu các vấn đề chuyên sâu về hệ thống điện.

Cho dù đã cố gắng rất nhiều nhưng tài liệu này không tránh khỏi những sai sót, rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến từ phía quý Thầy, Cô, các bạn Sinh viên và bạn đọc để cuốn tài liệu được hoàn thiện hơn. Mọi chi tiết xin

liên hệ Bộ môn Hệ thống điện - Khoa Công nghệ Điện – Đại Học Công Nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh, số 12 – Nguyễn Văn Bào – F4 – Gò Vấp Thành Phố Hồ Chí Minh – Điện thoại 08.8940390 hoặc liên hệ trực tiếp với tác giả.

Xin chân thành cảm ơn!

Nguyễn Trung Nhân

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

MỤC LỤC

	Trang
MỞ ĐẦU	
MỤC LỤC	
Chương 1: CÁC VẤN ĐỀ CHUNG	001
1.1. Mục tiêu môn học	001
1.2. Tính cần thiết của môn học	002
1.3. Đặc tính máy phát trong vận hành hệ thống	003
1.3.1. Đặc tính turbine hơi	003
1.3.2. Đặc tính biến đổi và lịch sử phát triển của turbine hơi	006
1.3.3. Đặc tính của turbine thủy điện	010
1.4. Phương pháp xây dựng đặc tính chi phí tổ máy phát	011
1.5. Phương pháp giải bài toán tối ưu hàm phi tuyến	013
1.5.1. Nhắc lại về cực trị hàm nhiều biến	013
1.5.2. Bài toán tối ưu không ràng buộc	014
1.5.3. Bài toán tối ưu với ràng buộc dạng đẳng thức	016
1.5.4. Bài toán tối ưu với ràng buộc dạng bất đẳng thức	019
1.6. Câu hỏi và bài tập	021
Chương 2: ĐIỀU ĐỘ KINH TẾ GIỮA CÁC MÁY PHÁT NHIỆT ĐIỆN	023
2.1. Vấn đề điều độ kinh tế	023
2.2. Điều độ kinh tế khi bỏ qua tổn thất và giới hạn công suất tổ máy	024
2.3. Điều độ kinh tế khi tính đến giới hạn công suất tổ máy	029
2.4. Điều độ kinh tế khi kể đến tổn thất và giới hạn công suất tổ máy	031
2.5. Chương trình điều độ tối ưu	038
2.6. Phương pháp xác định hàm tổn thất P_{TT}	041
2.7. Bài tập	046
Chương 3: ĐIỀU ĐỘNG VÀ DỰ TRỮ TỔ MÁY TRONG VẬN HÀNH HỆ THỐNG ĐIỆN	050
3.1. Vấn đề chung	050

3.2. Dự trữ quay	052
3.3. Ràng buộc trong điều động và dự trữ tổ máy	055
3.3.1. Ràng buộc nhiệt độ tổ máy	055
3.3.2. Ràng buộc về tình hình thủy năng	057
3.3.3. Tổ máy vận hành bắt buộc	057
3.3.4. Ràng buộc về nhiên liệu	058
3.4. Phương pháp giải bài toán điều động tổ máy	058
3.4.1. Vấn đề chung	058
3.4.2. Phương pháp danh sách ưu tiên	059
3.5. Bài tập	061
Chương 4: ĐIỀU ĐỘNG KẾT HỢP GIỮA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN V. THỦY ĐIỆN	064
4.1. Các vấn đề chung về nhà máy thủy điện	064
4.1.1. Giới thiệu	064
4.1.2. Lịch vận hành của nhà máy thủy điện	065
4.2. Đặc tính năng lượng của turbine thủy điện	066
4.3. Bài toán điều độ kết hợp	067
4.3.1. Phân loại	067
4.3.2. Điều độ điện năng	068
4.4. Bài toán điều độ kết hợp ngắn hạn	072
Chương 5: QUY TRÌNH VẬN HÀNH NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN	075
5.1. Quy trình vận hành turbine	075
5.1.1. Các thiết bị chính trong turbine khí	075
5.1.2. Kiểm tra trước khi khởi động turbine khí	077
5.1.3. Vận hành turbine khí	082
5.1.4. Kiểm tra thao tác khi chạy turbine khí	083
5.1.5. Kiểm tra trước khi dừng turbine	085
5.1.6. Kiểm tra khi turbine ngừng dự phòng	086
5.1.7. Xử lý sự cố bất thường của turbine khí	086
5.2. Quy trình vận hành máy phát	100
5.2.1. Đặc tính máy phát điện	100

5.2.2. Màn hình điều khiển máy phát	101
5.2.3. Kiểm tra trước khi chạy máy phát	104
5.2.4. Vận hành máy phát	105
5.2.5. Xử lý bất thường ở máy phát điện	107
Chương 6: QUY TRÌNH VẬN HÀNH NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN	115
6.1. Thông tin về nguồn nước	115
6.2. Quy trình vận hành khối tổ máy	116
6.2.1. Các thiết bị chính	117
6.2.2. Phương thức vận hành và chế độ làm việc	118
6.2.3. Khởi động tổ máy	123
6.2.4. Dừng tổ máy	124
6.3. Chế độ vận hành không bình thường của tổ máy phát	125
6.4. Xử lý sự cố khối tổ máy	127
Chương 7: ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG ĐIỆN	130
7.1. Giới thiệu	130
7.2. Điều khiển tần số tải	132
7.2.1. Mô hình máy phát điện trong điều khiển	132
7.2.2. Mô hình động cơ sơ cấp	135
7.2.3. Mô hình tải	136
7.2.4. Mô hình bộ điều tốc	137
7.3. Tự độ điều khiển công suất phát	147
7.3.1. Tự độ điều khiển công suất trong hệ thống cô lập	148
7.3.2. Tự độ điều khiển công suất trong hệ thống đa liên kết	150
7.3.3. Tự độ điều khiển công suất phát tối ưu	158
7.4. Điều khiển công suất phản kháng và điện áp	159
7.4.1. Mô hình toán các khối trong bộ AVR	160
7.4.2. Bộ AVR cải tiến	165
7.4.3. Bộ AVR tích hợp trong AGC	169
7.5. Bài tập	171
Phục lục: CHƯƠNG TRÌNH MATLAB	175

P1.1. Chương trình Matlab cho chương 1	175
P1.2. Chương trình Matlab cho chương 2	176
P1.3. Chương trình Matlab cho chương 3	178
P1.4. Chương trình Matlab cho chương 7	181
P1.5. Một số chương trình ứng dụng	183
TÀI LIỆU THAM KHẢO	193

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

1

CÁC VẤN ĐỀ CHUNG

1.1. Mục tiêu môn học

Môn học phục vụ cho các học viên ngành công nghệ kỹ thuật điện - chuyên ngành hệ thống với mục tiêu như sau:

- Giới thiệu cho học viên về hệ thống điện với các vấn đề liên quan như: hệ thống nguồn phát, vận hành hệ thống nguồn phát trong các chế độ khác nhau, điều khiển máy phát điện, vận hành hệ thống truyền tải,...
- Hiểu các đặc tính giới hạn quan trọng của hệ thống nguồn phát loại nhiệt điện và thủy điện.
- Giới thiệu các giải thuật toán về tối ưu và áp dụng trong bài toán vận hành hệ thống điện.
- Giới thiệu phương pháp giải các bài toán phức tạp liên quan đến giải tích mạng và phân tích kinh tế.
- Đưa ra các mô hình điều khiển hệ thống và giới thiệu hệ thống điều khiển điển hình.
- Giới thiệu qui trình vận hành các phần tử trong hệ thống điện.

Môn học đề cập đến các vấn đề sau:

- Đặc tính của hệ thống nguồn phát
- Điều độ kinh tế và bài toán điều độ kinh tế
- Phương pháp giải bài toán điều độ kinh tế
- Tổn thất và tối ưu tổn thất trong hệ thống điện
- Bài toán qui hoạch động

- Bài toán điều độ tối ưu với các ràng buộc của hàm năng lượng
- Điều khiển hệ thống
- An ninh hệ thống điện
- Đánh giá trạng thái hệ thống điện

Lưu ý rằng bài giảng chỉ trình bày những vấn đề cơ bản nhất của môn học, các nội dung liên quan học viên phải tự tìm hiểu thông qua các bài tập lớn và tiểu luận môn học.

1.2. Tính cần thiết của môn học

Chúng ta đều biết chi phí năng lượng sơ cấp trong nền công nghiệp rất lớn, chiếm trên 20% tổng ngân khố quốc gia. Vì vậy, hiệu quả và tối ưu các ràng buộc về kinh tế của bài toán vận hành hệ thống nguồn phát luôn chiếm giữ một vị trí quan trọng trong nền công nghiệp năng lượng. Lấy nước Mỹ làm một ví dụ minh họa. Vào thời kỳ trước năm 1973, tình trạng cấm vận dầu đã làm giá dầu leo thang một cách nhanh chóng. Nước Mỹ phải chi khoảng 20% tổng ngân khố quốc gia cho nhiên liệu sơ cấp để sản xuất điện, đến năm 1980 là trên 40%. Hơn thế nữa nguồn năng lượng tự nhiên không phải là vô tận. Do đó, hiệu quả trong bài toán vận hành không chỉ mang lại hiệu quả kinh tế mà còn đem lại sự phát triển bền vững cho nhân loại.

Vấn đề cụ thể mà chúng ta cần xem xét là độ giảm chi phí có được từ hiệu quả của việc vận hành hiệu quả hệ thống năng lượng hằng năm. Nếu gọi P_{max} là tải đỉnh của đồ thị phụ tải năm; k_t là hệ số tải; H_e là lượng nhiệt trung bình hằng năm (do nhiên liệu sơ cấp tạo ra) để tạo ra 1 kWh điện năng; C_{f0} là chi phí trung bình trên mỗi đơn vị nhiệt lượng (nhiên liệu); khi đó:

Tổng sản lượng điện năng tạo ra trong năm là:

$$A_e = 8760 \cdot k_t \cdot P_{max} \quad (1.01)$$

Lượng nhiệt (nhiên liệu) tiêu thụ hằng năm:

$$F_c = H_e \cdot A_e \quad (1.02)$$

Chi phí nhiệt (nhiên liệu) hằng năm:

$$C = C_{f0} \cdot F_c \quad (1.03)$$

Ví dụ: lấy một hệ thống điện vừa phải có $P_{max} = 10000\text{MW}$; $k_t = 0.6$; $H_e = 10000\text{Btu/kWh}$ (Btu: British thermal unit - đơn vị nhiệt lượng Anh tương