



GIỚI THIỆU MÔN HỌC

VẬN HÀNH VÀ ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG ĐIỆN OPERATION AND CONTROL ELECTRICAL SYSTEM

GV: HUỲNH PHÁT TRIỂN

EMAIL: hpatrien@ctu.edu.vn

SĐT: 0988 199 194

1

1

Đề cương học phần



- Mã số: DT051
- Số Tín chỉ: 2 (30 tiết lý thuyết)
- Học phần tiên quyết: Máy điện 2
- Khoa phụ trách: Khoa Điện – Điện tử - Viễn thông

2

2

Đề cương học phần



- Môn học nhằm cung cấp cho sinh viên các kiến thức về các phần tử trong hệ thống điện;
- Các chế độ làm việc khác nhau của hệ thống điện, tính toán vận hành tối ưu các tổ máy và nhà máy nhiệt điện và thủy điện;
- Các công tác vận hành ở các nhà máy điện, trạm biến áp và đường dây;
- Các nguyên lý điều chỉnh tần số và điện áp trong hệ thống điện và nguyên lý điều khiển nguồn.

3

3

Đề cương học phần



Mục tiêu: Trang bị cho sinh viên:

1. Nắm vững các kiến thức cơ bản về chế độ làm việc và vận hành các phần tử trong hệ thống điện.
2. Nắm vững được kiến thức về các chế độ làm việc khác nhau của hệ thống điện
3. Giúp sinh viên nắm được các đặc tính thiết bị, các nguyên lý vận hành và điều khiển các thiết bị điện.

4

4



Đề cương học phần

4. Nắm vững các công tác vận hành ở các nhà máy điện và trạm biến áp
5. Nắm vững các nguyên lý điều chỉnh tần số, điện áp trong hệ thống điện và nguyên lý điều khiển nguồn.
6. Nắm vững phương pháp tính toán vận hành tối ưu.

5

5

Nội dung	Tiết – buổi
Chương 1: Các chế độ làm việc của HTĐ	6 tiết
Chương 2: Công tác vận hành đảm bảo chất lượng điện	6 tiết
Chương 3: Vận hành máy phát điện	6 tiết
Chương 4: Chế độ làm việc kinh tế của HTĐ	12 tiết

6

6



Tài liệu tham khảo

- [1] Trần Bách, Lưới điện và Hệ thống điện-Tập 2, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật 2008.
- [2] Trần Quang Khánh, Vận hành hệ thống điện, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật 2006.
- [3] Nguyễn Hoàng Việt, Hồ Văn Hiến, Phan Thị Thanh Bình, Thiết kế Hệ Thống Điện, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh, 2006.
- [4] Huỳnh Châu Duy, Bài giảng Vận hành hệ thống điện, ĐH Bách khoa TP HCM

7

7

Hình thức đánh giá



- Kiểm tra – đánh giá quá trình: Điểm quá trình có trọng số là 40%
 - Tính chuyên cần trong quá trình học tập (10%)
 - [Chia nhóm làm báo cáo](#), nộp tuần 9 (30%)
- Kiểm tra – đánh giá cuối kỳ: Điểm thi kết thúc học phần có trọng số 60%
 - Thi tự luận và trắc nghiệm.
 - Thời gian: 60 phút

8

8



Chương 1

CÁC CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN

9

9

1. Khái niệm chung



*Vận hành hệ thống điện là tập hợp các thao tác nhằm **duy trì chế độ làm việc bình thường** của HTĐ, đáp ứng yêu cầu **chất lượng, tin cậy và kinh tế**.*

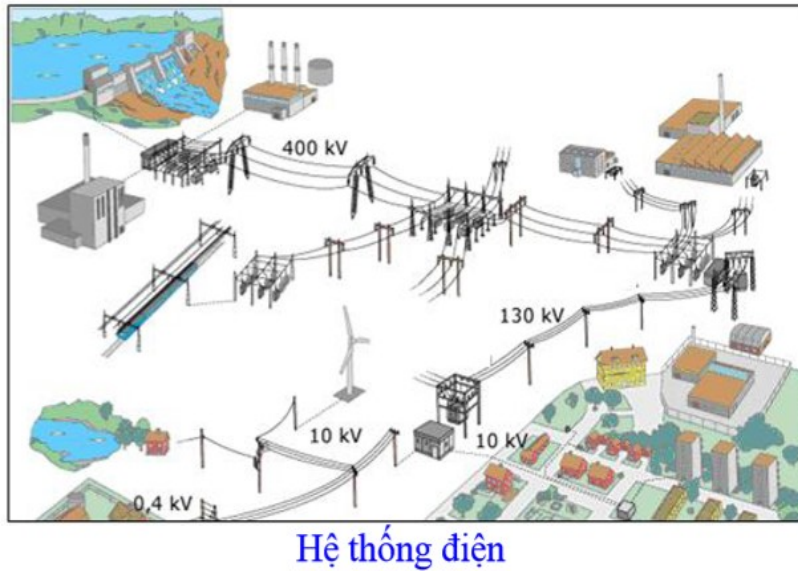
- Hệ thống điện bao gồm các phần tử có mối liên hệ chặt chẽ với nhau.
- Sự làm việc tin cậy và kinh tế của hệ thống xuất phát từ sự tin cậy và chế độ làm việc kinh tế của từng phần tử.

10

10



1.1 Các đặc điểm của HTĐ



11

11



- Quá trình sản xuất và tiêu thụ điện năng diễn ra hầu như đồng thời
- HTĐ là một hệ thống thống nhất
- Quá trình diễn ra trong HTĐ diễn ra rất nhanh
- HTĐ có liên quan mật thiết đến tất cả các ngành
- HTĐ phát triển liên tục trong không gian và thời gian

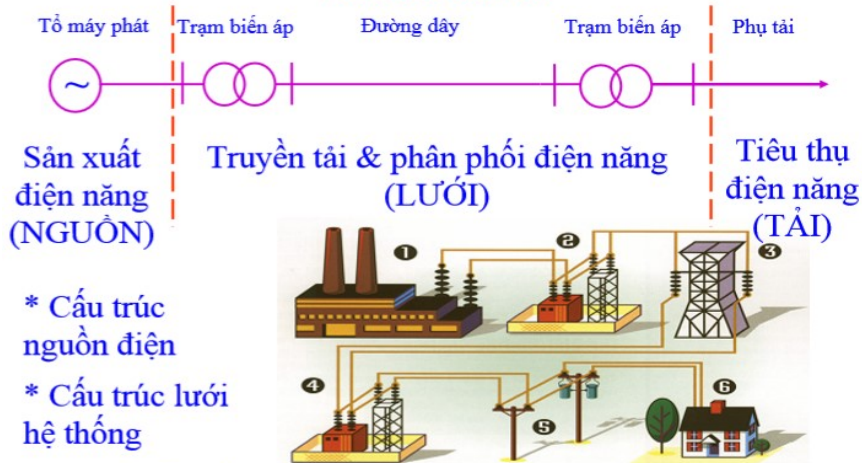
12

12



1. Các đặc điểm của HTĐ

Cấu trúc HTĐ



13

13

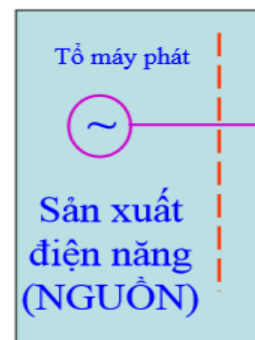
Cấu trúc nguồn điện



Nguồn điện là một tổ hợp của các nhà máy các loại:

- Nhà máy thủy điện
- Nhà máy nhiệt điện
- Nhà máy điện nguyên tử
- Nhà máy điện gió
- Nhà máy điện mặt trời

...



14

14



Thủy điện



Nhiệt điện



Điện hạt nhân



Điện gió

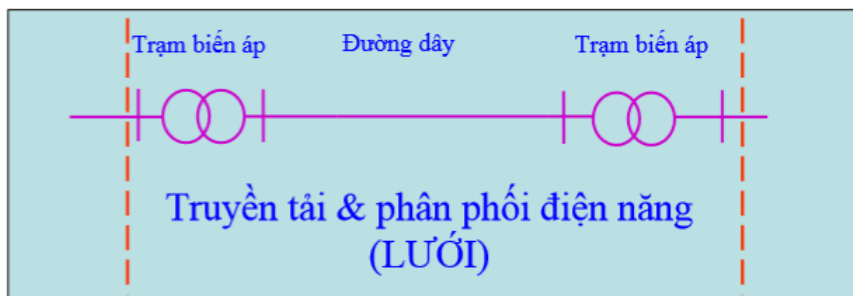


Điện mặt trời

15

15

Cấu trúc lưới hệ thống điện



Lưới hệ thống điện ?

Lưới hệ thống điện là một hệ bao gồm các trạm biến áp và các đường dây được sử dụng để liên kết các nguồn và phụ tải

16

16



Phụ tải điện

Phụ tải của hệ thống điện ?

Phụ tải điện là các thiết bị hay tập hợp các khu vực gồm nhiều thiết bị sử dụng điện năng để biến đổi thành các dạng năng lượng khác như quang năng, nhiệt năng, cơ năng, hóa năng, ...



17

17

Các mục tiêu chính của vận hành HTĐ



* Cân bằng công suất:

Công suất phát **PHẢI** luôn luôn được cân bằng với công suất yêu cầu của phụ tải.

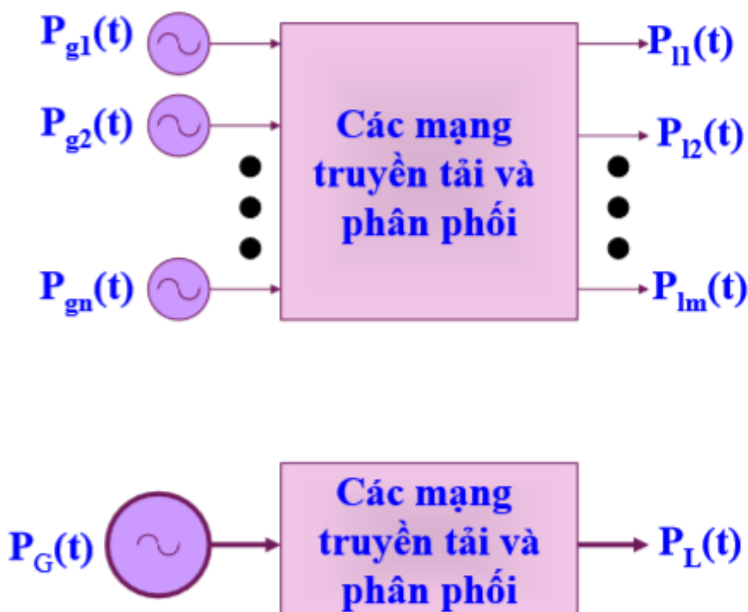
$$\text{Tổng công suất phát}(t) = \text{Tổng công suất yêu cầu phụ tải}(t)$$

* An ninh HTĐ:

Các dòng phân bố công suất qua các phần tử HTĐ **PHẢI** không được vượt quá các giới định mức và cho phép của chúng.

18

18



19

19

Các yêu cầu về chất lượng điện năng



Điều chỉnh tần số:

Tần số của hệ thống phải luôn luôn được duy trì trong một giới hạn cho phép của nó.

$$f_{\min} \leq f(t) \leq f_{\max}$$

Điều chỉnh điện áp:

Điện áp tại các nút phải luôn luôn được duy trì trong các giới hạn vận hành cho phép của chúng.

$$V_{\min} \leq V(t) \leq V_{\max}$$



20

20



• Các hình thức điều khiển HTĐ:

- Điều khiển tập trung (Dựa vào các dữ liệu trên diện rộng)
- Điều khiển phân tán (Dựa vào các dữ liệu cục bộ)

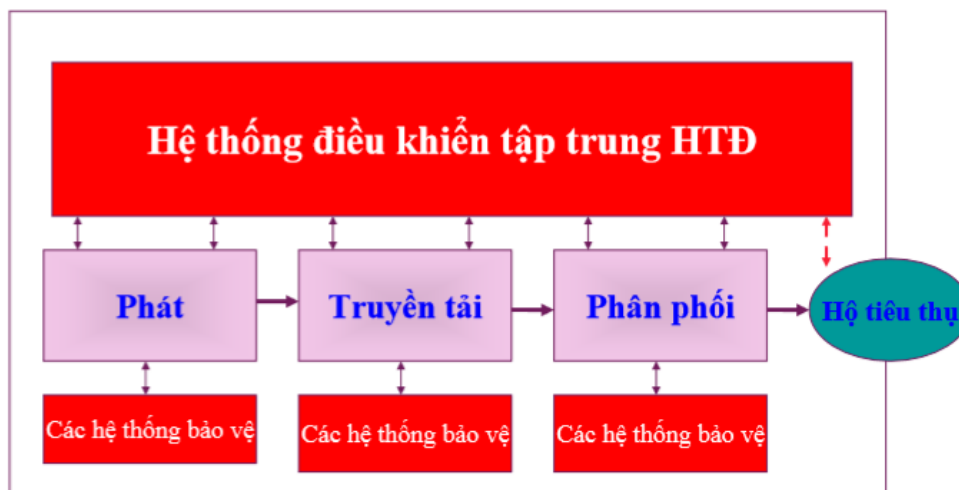
• Điều khiển HTĐ mang tính chất phân cấp:

- Có thể sử dụng cả hai chiến lược điều khiển tập trung và điều khiển phân tán.
- Các sự kiện chậm thường được thực hiện bằng các điều khiển tập trung.
- Các sự kiện nhanh thường được giải quyết bằng các điều khiển phân tán.

21

21

So sánh giữa điều khiển tập trung và điều khiển phân tán



22

22



- **Điều khiển tập trung được thực hiện bởi:**

- Các kỹ sư vận hành.
- Các phần mềm được dựa trên các hệ thống máy tính như:
 - * SCADA (Supervisory control and data acquisition).
 - * EMS (Energy Management System).

- **Điều khiển phân tán được thực hiện bởi các đo lường cục bộ thông qua:**

- Các hệ thống điều khiển tương tự (analog control) truyền thống.
- Các hệ thống vi xử lý.

- **Các hệ thống bảo vệ phần lớn được dựa trên phương thức điều khiển phân tán.**

23

23

Các trường hợp có thể sử dụng điều khiển tập trung:



- Điều chỉnh tần số.
- Điều phối công suất phát giữa các nhà máy điện.
- Đánh giá và nâng cao an ninh của HTĐ.
- Quy hoạch nguồn phát.

24

24



Các trường hợp có thể sử dụng điều khiển phân bố:

- Điều khiển tốc độ máy phát.
- Điều khiển điện áp đầu cực máy phát.
- Bảo vệ thiết bị chống lại các sự cố quá dòng và quá áp.

25

25



1.2 Yêu cầu cơ bản của HTĐ

- a. Đảm bảo hiệu quả kinh tế.
- b. Đảm bảo chất lượng điện năng.
- c. Đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện liên tục.
- d. Đảm bảo tính linh hoạt và đáp ứng đồ thị phụ tải.

- Việc thiết lập sự hài hòa của các yêu cầu cơ bản trên là lời giải của bài toán tối ưu đa mục tiêu.
- Để đảm bảo được những yêu cầu chặt chẽ trên, HTĐ phải luôn luôn được giám sát và vận hành hợp lý nhất.

26

26



2 Các chế độ vận hành hệ thống điện

***Chế độ của HTĐ:** là một trạng thái nhất định nào đó mà được thiết lập bởi các tham số như điện áp, tần số, dòng điện, công suất,... Các tham số này gọi là tham số chế độ.

***Các chế độ làm việc cơ bản của HTĐ:**

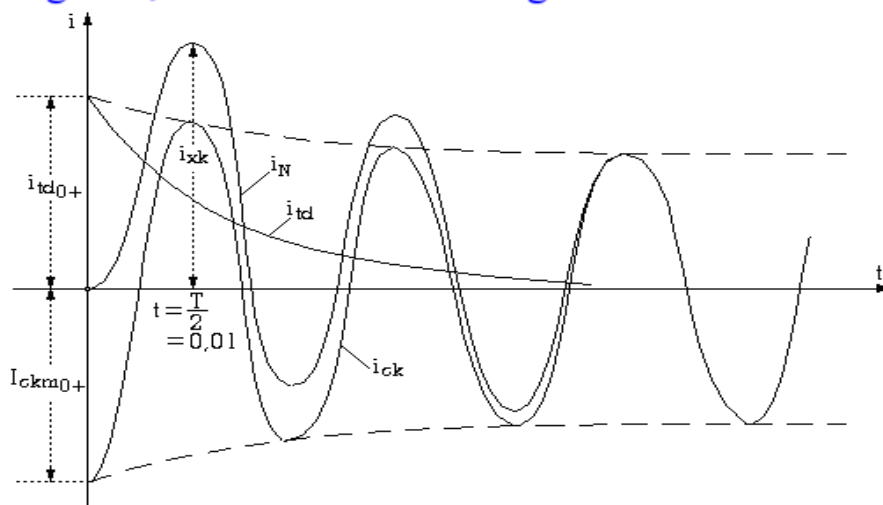
-Chế độ xác lập.

-Chế độ quá độ.

27

27

Chế độ xác lập: là chế độ trong đó các thông số chế độ (U , I , P , Q , δ ...) biến thiên rất nhỏ quanh giá trị trung bình, có thể xem như là hằng số.



28

28



* CHẾ ĐỘ XÁC LẬP BÌNH THƯỜNG

Chế độ xác lập bình thường ? là chế độ làm việc bình thường của HTĐ. HTĐ được thiết kế để làm việc với các chế độ xác lập này. Với chế độ xác lập bình thường, đòi hỏi thỏa mãn các chỉ tiêu sau:

- *Chất lượng điện năng.
- *Độ tin cậy cung cấp điện.
- *Hiệu quả kinh tế (chi phí sản xuất điện năng nhỏ nhất).
- *An toàn cho người và thiết bị.

29

29

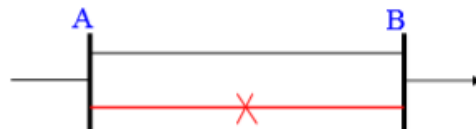
* CHẾ ĐỘ XÁC LẬP SAU SỰ CỐ



Chế độ xác lập sau sự cố ?

Cũng là chế độ đã được tính đến trước vì sự cố là không thể tránh khỏi trong vận hành HTĐ. Trong chế độ này các chỉ tiêu về:

- Chất lượng điện năng.
- Độ tin cậy cung cấp điện.
- Hiệu quả kinh tế (chi phí sản xuất điện năng nhỏ nhất).
- An toàn cho người và thiết bị.



30

30



* CHẾ ĐỘ SỰ CỐ XÁC LẬP

Chế độ sự cố xác lập ?

Chế độ này **KHÔNG ĐƯỢC PHÉP** gây hại và duy trì quá thời hạn cho phép.

31

31



Chế độ quá độ: là chế độ các thông số chế độ ($U, I, P, Q, \delta \dots$) biến thiên mạnh theo thời gian. Người ta lại phân thành hai loại chế độ quá độ.

+Chế độ quá độ bình thường.

+Chế độ quá độ sự cố.

32

32



* CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ BÌNH THƯỜNG

Chế độ quá độ bình thường ? xảy ra thường xuyên khi HTĐ chuyển từ chế độ xác lập này sang chế độ xác lập khác.

Yêu cầu đối với chế độ này là **KẾT THÚC NHANH** và các thông số biến đổi **TRONG GIỚI HẠN CHO PHÉP**.

33

33



* CHẾ ĐỘ QUÁ ĐỘ SỰ CỐ

Chế độ quá độ sự cố ?

Chế độ quá độ sự cố: xảy ra khi có sự cố trong hệ thống điện.

Yêu cầu đối với chế độ này là không gây hại cho hệ thống điện và phải được loại trừ nhanh nhất có thể.

34

34



3. Tính kinh tế của chế độ vận hành:

- Tính kinh tế của HTĐ được đặc trưng bởi chi phí cực tiểu để việc sản xuất, truyền tải và phân phối điện năng.

- Tính kinh tế của HTĐ cũng có thể được thể hiện ở mức thu lợi nhuận cao nhất và đáp ứng được đầy đủ nhu cầu của các hộ dùng điện.

- Chỉ tiêu kinh tế có thể được xem xét dưới góc độ giá thành kWh điện năng hữu ích.

Chỉ tiêu này phụ thuộc vào nhiều yếu tố: giá nhiên liệu, giá thiết bị, yêu cầu và đặc điểm dùng điện, các điều kiện thiên văn, thủy văn ... và đặc biệt là phương thức vận hành HTĐ.

35

35



Đề đảm bảo tính kinh tế của HTĐ cần:

- Xác định sự phân bố công suất tối ưu giữa các phần tử của hệ thống điện như giữa máy phát với máy bù đồng bộ, lò hơi ...
- Lựa chọn tốt nhất tổ hợp các phần tử của hệ thống. Hao tổn trong các phần tử bao gồm hai thành phần là tổn hao không tải và tổn hao phụ thuộc
- Xác định quy luật vận hành tối ưu của từng phần tử và của cả hệ thống, như quy luật điều chỉnh điện, quy luật điều chỉnh dung lượng bù Q.

36

36



4. Nhiệm vụ vận hành HTĐ

4.1 Nhiệm vụ chung

Khi vận hành các phần tử cần phải hoàn thành các nhiệm vụ để đảm bảo thực hiện tốt những yêu cầu cơ bản như:

- Đảm bảo cung cấp điện đầy đủ, liên tục và tin cậy cho hệ tiêu thụ để đảm bảo sự làm việc liên tục của thiết bị.
- Giữ được chất lượng điện năng cung cấp (U , f).
- Đáp ứng được đồ thị phụ tải hàng ngày một cách linh hoạt.
- Đảm bảo được tính kinh tế cao của thiết bị làm việc,
- Đồ thị phụ tải phải được san bằng tốt nhất.
- Đảm bảo giá thành sản xuất, truyền tải và phân phối thấp nhất.

37

37

4.2 Thử nghiệm

Việc thử nghiệm các thiết bị được tiến hành để kiểm tra và đánh giá trạng thái của thiết bị. Khối lượng công việc thử nghiệm tùy vào loại thiết bị và mục đích thử nghiệm.

- Sau mỗi lần đại tu.
- Khi có sự sai lệch thông số so với giá trị chuẩn một cách hệ thống mà cần phải giải thích rõ nguyên nhân của sự sai lệch này.
- Định kỳ sau một thời gian nhất định tính từ khi thiết bị bắt đầu được đưa vào vận hành.

38

38





4.3 Phân tích thử nghiệm

Sau khi thử nghiệm, các kết quả sẽ được phân tích chi tiết để đưa ra các kết luận và đánh giá:

- a. Xác định hiệu quả của việc thay đổi cấu trúc thiết bị.
- b. Xác định chỉ tiêu vận hành liên quan đến công tác hiệu chỉnh hay thay đổi nhiên liệu.
- c. Thiết lập các đặc tính chế độ, công nghệ khác.
- d. Giải thích nguyên nhân của sự sai lệch thông số của thiết bị:
 - Bằng các thực nghiệm để xác định được các đặc tính phụ trợ cần thiết.
 - Từ kết quả phân tích, xác định nguyên nhân sai lệch và đưa ra giải pháp khắc phục.

39

39



4.4 Sửa chữa định kỳ

Sự làm việc lâu dài, liên tục và ổn định của thiết bị trong HTĐ được đảm bảo bởi chế độ sửa chữa phòng ngừa theo kế hoạch. Có các loại sửa chữa:

- a. Đại tu.
- b. Bảo dưỡng định kỳ.
- c. Ngoài ra, còn có sửa chữa sự cố và khôi phục sự cố.

40

40



5. Điều độ và tổ chức vận hành hệ thống điện:

Hệ thống điều độ được phân chia thành nhiều cấp: điều độ Quốc gia (A0); điều độ khu vực (A1; A2;...) và điều độ địa phương (điều độ Điện lực).

1.4.1 Điều độ Quốc gia:

- Nhiệm vụ:
 - + Thỏa mãn nhu cầu của phụ tải về điện năng và công suất đỉnh.
 - + Đảm bảo toàn bộ hệ thống điện vận hành an toàn và tin cậy.

41



Hình ảnh phòng điều độ Quốc gia

42

42



Đảm bảo chất lượng điện năng (tần số, điện áp của các nút trong hệ thống điện).

- + Nhanh chóng loại trừ các sự cố trong hệ thống điện.
- Điều độ Quốc gia được chia làm hai bộ phận: chỉ huy và thường trực
- + Bộ phận chỉ huy: theo dõi các hoạt động và chỉ huy trực tiếp cấp dưới thực hiện theo nhiệm vụ được giao.

43

43



+ Bộ phận thường trực:

- Lập kế hoạch bảo dưỡng các tổ máy, đường dây và trạm biến áp nhằm đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện cao nhất.
- Cân bằng năng lượng hằng năm, quý, tháng.
- Xác định đồ thị phụ tải ngày đêm.
- Lập sơ đồ vận hành lưới điện chính.
- Tính toán phân bố tối ưu công suất tác dụng, công suất phản kháng, tính mức điện áp tại các nút chính.

44

44

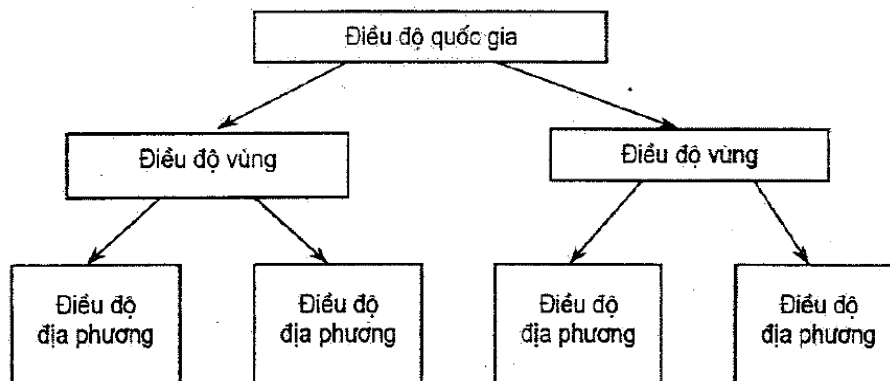


- Tính toán độ ổn định, lựa chọn và chỉnh định cấu trúc hệ thống bảo vệ relay đảm bảo loại trừ các sự cố trên hệ thống.
- Lập trình tự điều chỉnh tần số và điện áp.
- Xây dựng các tình huống giả lập sự cố và các giải pháp loại trừ.
- Lập sơ đồ sử dụng tối ưu các dạng nguồn năng lượng (nước, nhiệt, dầu, gas,...) huy động phát lên trên hệ thống điện Quốc gia.

45

45

- Chỉ định biểu đồ phụ tải cho các nhà máy điện và điều chỉnh nó trong suốt quá trình vận hành hệ thống.
- Đưa ra các yêu cầu tối cần thiết đối với việc lập qui hoạch phát triển và thiết kế hệ thống điện Quốc gia..



46

46



1.4.2 Điều độ địa phương:

- Có nhiệm vụ điều khiển việc tiếp nhận và phân phối nguồn điện năng từ các trạm biến áp trung gian cho mạng điện phân phối trung - hạ áp. Điều độ địa phương phải đảm bảo cung cấp điện tin cậy và chất lượng cho khách hàng với tổn thất ở mức thấp nhất.
- **Ở chế độ vận hành bình thường:**
- Thực hiện các thao tác đóng cắt và điều chỉnh trên lưới điện nhằm tối ưu hoá chế độ của mạng điện.
- Thao tác bảo dưỡng định kỳ.

47

47



Hình ảnh phòng điều độ điện lực tỉnh Bến Tre

48

48



- Đưa các thiết bị mới vào vận hành trên lưới.
- Điều chỉnh đóng cắt các trạm biến áp phân phối sao cho phù hợp với công suất nguồn cấp.
- Kiểm tra hoạt động của các phụ tải.
- Duy trì hành lang an toàn điện của lưới điện.

❑ Ở chế độ sự cố:

- Đánh giá nhận định tính chất, mức độ của tình trạng sự cố.
- Loại trừ hậu quả của các sự cố.

49

49



- Cô lập các phân tử bị sự cố ra khỏi lưới điện, đóng chuyển các nguồn dự phòng để đảm bảo duy trì sự hoạt động bình thường của các thiết bị còn lại.

❑ Khắc phục hậu quả sự cố.

- Nhiệm vụ của các ban phương thức vận hành địa phương:
- Lập kế hoạch cấu trúc vận hành lưới điện.
- Lập kế hoạch bảo dưỡng định kỳ, nâng cấp, sửa chữa các phân tử trong hệ thống điện.

50

50



- Sa thải phụ tải khi thiếu hụt công suất nguồn.
- Đo đếm và điều chỉnh thông số của các chế độ lưới điện.
- Lập kế hoạch cho các đội công tác.

❑ Các nguyên tắc chung:

- Phải có đầy đủ các thông tin về đặc tính của các phân tử trong hệ thống điện và các trạng thái của chúng.
- Xử lý nhanh các thông tin để ra quyết định vận hành chính xác.

51

51



- Truyền thông tin nhanh và chính xác đến các vị trí, tổ công tác thừa hành.
- Tiếp nhận đúng các thông tin phản hồi để kiểm tra và hiệu chỉnh kịp thời.
- Lưu giữ và phân tích các trạng thái của các phân tử trong hệ thống điện để đúc kết các kinh nghiệm và nghiên cứu các giải pháp phù hợp.
- Dự báo và qui hoạch quá trình vận hành trong tương lai.
- Các hoạt động được thực hiện trong một hệ thống thống nhất và đồng bộ.

52

52



Chương 2

CÔNG TÁC VẬN HÀNH ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG ĐIỆN

53

53

1. Chất lượng tần số

- Tần số của dòng điện xoay chiều $f = \frac{np}{60} (hz)$
 n: tốc độ quay của roto (vòng/ph).
 p: số cặp cực của stato.

- Độ lệch tần số tuyệt đối $\Delta f = \frac{f - f_{dm}}{f_{dm}}$

- Độ lệch tần số tương đối $\Delta f(\%) = \frac{f - f_{dm}}{f_{dm}} 100$

54

54



1. Chất lượng tần số

- Độ lệch tần số phải nằm trong giới hạn cho phép: $f_{min} \leq f \leq f_{max}$
- Độ dao động tần số: đặc trưng bởi độ lệch giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của tần số khi tần số biến thiên nhanh với tốc độ lớn hơn 0,1%

55

55

2. Chất lượng điện áp

- Chất lượng điện áp được đánh giá bởi 4 chỉ tiêu

a. Độ lệch điện áp so với điện áp định mức của lưới điện

Độ lệch điện áp tuyệt đối $v = \frac{U - U_{dm}}{U_{dm}}$

độ lệch điện áp tương đối $V = \frac{U - U_{dm}}{U_{dm}} 100$

=> phải thỏa mãn điều kiện: $V^- \leq V \leq V^+$

56

56

2. Chất lượng điện áp

- Chất lượng điện áp được đánh giá bởi 4 chỉ tiêu

a. Độ lệch điện áp so với điện áp định mức của lưới điện

Độ lệch điện áp tuyệt đối $V = \frac{U - U_{dm}}{U_{dm}}$

độ lệch điện áp tương đối $V = \frac{U - U_{dm}}{U_{dm}} 100$

=> phải thỏa mãn điều kiện: $V^- \leq V \leq V^+$

57

57

2. Chất lượng điện áp

b. Độ dao động điện áp

- Sự biến thiên nhanh của điện áp: $\Delta U = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{dm}} 100$

- Tốc độ biến thiên từ $U_{\min}$ đến $U_{\max}$ không nhỏ hơn 1%/s

=> Dao động điện áp gây ra dao động ánh sáng, làm hại mắt người lao động, gây nhiễu máy thu thanh, máy thu hình và các thiết bị điện tử...

58

58

2. Chất lượng điện áp

c. Độ không đối xứng

Phụ tải các pha không đối xứng dẫn đến điện áp các pha không đối xứng, sự không đối xứng này được đặc trưng bởi thành phần thứ tự nghịch U_2 của điện áp. Điện áp không đối xứng này làm giảm khả năng tải của lưới điện và tăng tổn thất điện năng.

59

59

2. Chất lượng điện áp

d. Độ không hình sin

- Các thiết bị dùng điện có đặc tính phi tuyến như máy biến áp không tải, bộ chỉnh lưu, bộ nghịch lưu, thyristor... làm biến dạng đường đồ thị điện áp, khiến nó không còn là hình sin nữa và xuất hiện các sóng hài bậc cao U_j và I_j
- Các sóng hài bậc cao này làm giảm điện áp trên bóng đèn, thiết bị sinh nhiệt, làm tăng thêm tổn thất sắt từ trong động cơ, tổn thất điện môi trong cách điện, tăng tổn thất trong lưới điện và thiết bị dùng điện, giảm chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật của hệ thống cung cấp điện, gây nhiễu máy thu thanh...

60

60

3. Điều chỉnh tần số trong hệ thống điện

3.1. Ảnh hưởng của sự thay đổi tần số

a. Đối với hệ tiêu thụ

- Các thiết bị được thiết kế và tối ưu ở tần số định mức, biến đổi tần số dẫn đến giảm năng suất làm việc của thiết bị.
- Làm giảm hiệu suất của TĐĐ ví dụ như đối với động cơ, thiết bị truyền động
- Ảnh hưởng đến chất lượng của quá trình sản xuất.

61

61

b. Đối với hệ thống điện

- Biến đổi tần số ảnh hưởng đến hoạt động của các thiết bị tự dừng trong các nhà máy điện, có nghĩa là ảnh hưởng đến chính độ tin cậy cung cấp điện
- Thiết bị được tối ưu hoá ở tần số 50Hz, đặc biệt là các thiết bị cuộn dây từ hoá như MBA.
- Làm thay đổi trào lưu công suất của hệ thống, tần số giảm thường dẫn đến tăng tiêu thụ công suất phản kháng, đồng nghĩa với thay đổi trào lưu công suất tác dụng và tăng tổn thất trên các đường dây truyền tải.
- Làm thay đổi tính ổn định của khối tuabin máy phát.

62

62

2.2. Nguyên lý điều chỉnh tần số

- Việc điều chỉnh tần số được thực hiện ở một số nhà máy điện nhất định (các nhà máy có thể thay đổi công suất nhanh chóng như là thủy điện, tuabin khí).

a. Khái niệm

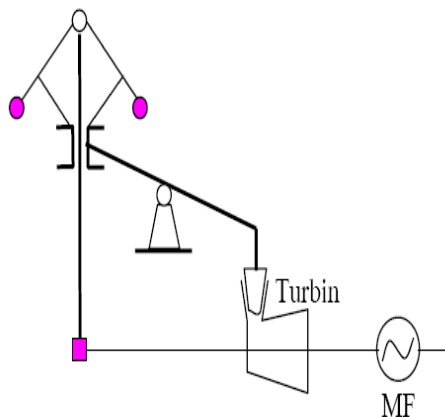
- Điều chỉnh tần số trong hệ thống điện chia làm 3 cấp
- Điều chỉnh sơ cấp (cấp 1) hay điều chỉnh tốc độ
- Điều chỉnh thứ cấp (cấp 2) hay điều chỉnh tần số
- Điều chỉnh cấp 3 hay phân bố lại công suất

63

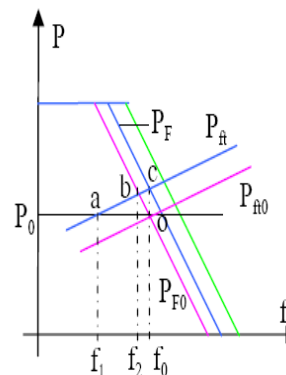
63

b. Đặc tính điều chỉnh tốc độ của tuabin

Trước hết, chúng ta xét nguyên lý điều chỉnh tốc độ của tuabin



Hình a



Hình b

64

64

- Trên hình a vẽ sơ đồ nguyên lý điều chỉnh tần số máy phát điện. Giả thiết tần số bị giảm, hai quả tạ của con quay ly tâm hạ thấp xuống, cánh tay đòn sẽ kéo van chuyển dịch lên phía trên làm nhiên liệu vào tuabin nhiều hơn công suất phát tăng làm tần số tăng, con quay sẽ quay 2 quả tạ mạnh hơn, cánh tay đòn hạ xuống dần làm tuabin đóng lại, tần số lại trở lại giá trị tần số định mức ban đầu

65

65

- Hình b, vẽ các đường đặc tính tần số của thiết bị tự động điều chỉnh tốc độ của tuabin (Pf_0) và đặc tính tần số của phụ tải tổng của hệ thống có xét đến tổn thất công suất trong mạng (P_{ft0}). Giao điểm của 2 đặc tuyến này xác định tần số làm việc của HTĐ (f_0)
- Giả sử phụ tải tổng trong hệ thống tăng lên và ta có đường đặc tính P_{ft} . Nếu không có thiết bị điều chỉnh tốc độ, tức công suất máy phát không đổi (bằng P_0) thì hệ thống sẽ chuyển sang làm việc tại điểm a và tần số sẽ giảm xuống trị số f_1
- Khi có hệ thống điều chỉnh tốc độ tức có điều chỉnh sơ cấp thì hệ thống sẽ làm việc tại điểm b và tần số sẽ giảm xuống trị số $f_0 > f_2 > f_1$

66

66

- Khi có điều chỉnh tần số thứ cấp thì đường đặc tính tần số của máy phát sẽ dịch chuyển lên thành đường PF và hệ thống sẽ làm việc tại điểm c khi đó tần số $f_0' = f_0$

Có thể chia quá trình điều chỉnh tần số gồm 3 giai đoạn như sau:

- Giai đoạn 1: Lúc đầu khi phụ tải tăng đột ngột, tần số chưa kịp biến đổi nên thiết bị tự động điều chỉnh tốc độ và tần số chưa tác động. Công suất tăng sẽ do mỗi tổ máy chịu một phần, tùy thuộc vào sức điện động, và góc pha của máy phát và điện kháng trong mạng điện. Trong lúc đó công suất tuabin chưa tăng do đó các máy phát bị hãm và tần số trong hệ thống sẽ giảm xuống

67

67

- Giai đoạn 2: khi độ lệch tần số vượt quá vùng không nhảy của thiết bị tự động điều chỉnh tốc độ của tuabin (khoảng 0,05% fđm đối với tuabin hơi và 0,02% fđm đối với tuabin nước) thì các bộ tự động điều chỉnh bắt đầu làm việc. Nhưng vì có quán tính nên tác động chậm khoảng 1-2 giây, sau khi tác động lượng hơi (nước) vào tuabin tăng và tần số bắt đầu tăng (đoạn ab trên đặc tính PF)
- Giai đoạn 3: khi độ lệch tần số vượt quá vùng không nhảy của thiết bị tự động điều chỉnh tốc độ của tuabin 0,02% thì nó bắt đầu tác động và làm dịch chuyển đường đặc tính điều chỉnh tốc độ của tuabin. Quá trình diễn ra chậm (khoảng 30-40 giây) mới phục hồi được tần số định mức.

68

68

Biểu thức tính toán

- Đường đặc tính tần số của điều chỉnh tốc độ PF(f) $K_F = -\frac{\Delta P_F}{P_{Fdm}} : \frac{\Delta f}{f_{dm}}$

- Với: $\Delta P_F = P_F - P_{F0}; \Delta f = f - f_{dm}$

- Suy ra: $\Delta P_F = -P_{Fdm} \cdot K_F \cdot \frac{\Delta f}{f_{dm}}$

Trong đó :

- P_{Fdm} là công suất định mức tổng các máy phát điện

- Độ dốc đặc tính của máy phát tương đối lớn $K_F = 15 - 20$ đối với máy phát tuabin hơi, $K_F = 25 - 50$ đối với máy phát tuabin nước⁶⁹

69

- Đặc tính tĩnh của phụ tải được đặc trưng bởi độ dốc K_{pt}

$$K_{pt} = \frac{\Delta P_{pt}}{P_{pt}} : \frac{\Delta f}{f_{dm}}$$

Trong đó:

P_{pt} : tổng công suất yêu cầu của phụ tải và tổn thất trong mạng

Từ biểu thức trên ta có:

$$\Delta P_{pt} = P_{pt} K_{pt} \cdot \frac{\Delta f}{f_{dm}}$$

Độ dốc K_{pt} được xác định bằng thực nghiệm trong hệ thống điện và có giá trị trong khoảng: 1 đến 2,5

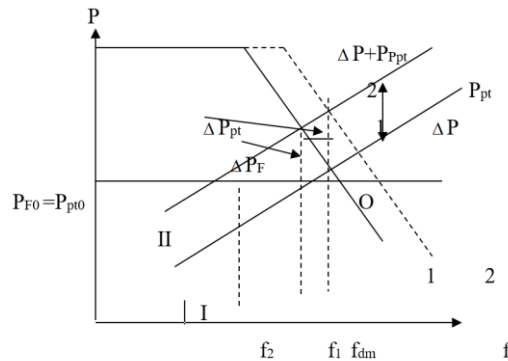
70

70

Quá trình điều chỉnh tần số

a/ Điều chỉnh cấp 1.

Điều chỉnh cấp 1 là quá trình biến đổi tức thời công suất phát khi công suất phụ tải thay đổi nhờ các bộ điều chỉnh tốc độ của các tuabin trong hệ thống



Hình 2.5. Sơ đồ quá trình điều chỉnh cấp 1

- Như vậy quá trình điều chỉnh cấp 1 không cho phép phục hồi tần số ban đầu, nó chỉ làm cho tần số không giảm thấp hoặc không tăng quá giới hạn cho phép

71

71

Tính toán điều chỉnh cấp 1:

- Xác định độ tăng giảm tần số có thể xảy ra khi phụ tải thay đổi
- Tìm biện pháp kỹ thuật để tần số không ra khỏi phạm vi cho phép
- Giả thiết hệ thống điện có n máy phát điện, mỗi máy phát có đặc tính điều chỉnh K_{Fi} và công suất định mức P_{Fdimi} (hoặc là công suất khả phát)
- Khi tần số giảm một lượng Δf
- Khi đó công suất tăng thêm của tổ máy phát thứ i là

$$\Delta P_{Fi} = -P_{Fdimi} \cdot K_{Fi} \cdot \frac{\Delta f}{f_{dm}}$$

- Tổng công suất phát tăng lên của hệ thống là:

$$\Delta P_F = \sum_{i=1}^n \Delta P_{Fi} = -\frac{\Delta f}{f_{dm}} \sum_{i=1}^n P_{Fdimi} \cdot K_{Fi}$$

72

72

- Đặt

$$P_{ht} = \sum_{i=1}^n P_{Fdm i}$$

- Thêm vào vế phải của biểu thức trên P_{ht} / P_{ht} ta được

$$\Delta P_F = -\frac{\Delta f}{f_{dm}} \cdot P_{ht} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n P_{Fdm i} \cdot K_{Fi}}{P_{ht}}$$

- Đặt

$$K_{Fht} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Fdm i} \cdot K_{Fi}}{P_{ht}}$$

- Chú ý, tổ máy nào không có khả năng điều chỉnh tốc độ thì K_F của nó bằng không.

73

73

Đặc tính điều chỉnh tốc độ chung của nguồn điện là:

$$\Delta P_F = -P_{ht} \cdot K_{Fht} \cdot \frac{\Delta f}{f_{dm}}$$

Độ dự trữ công suất K_{dt} :

$$K_{dt} = \frac{P_{ht}}{P_{pt}}$$

- Ta có:

$$\Delta P = -P_{pt} \cdot (K_{dt} \cdot K_{Fht} + K_{pt}) \cdot \frac{\Delta f}{f_{dm}} = -P_{pt} \cdot K_{ht} \cdot \frac{\Delta f}{f_{dm}}$$

- Độ dốc của đường đặc tính điều chỉnh tốc độ của toàn hệ thống

$$K_{ht} = K_{dt} \cdot K_{Fht} + K_{pt}$$

74

74

- Độ lệch tần số của hệ thống được xác định như sau:

$$\frac{\Delta f}{f_{dm}} = -\frac{\Delta P}{P_{pt}} \cdot \frac{1}{K_{dt} \cdot K_{Fht} + K_{pt}} = -\frac{\Delta P}{P_{pt}} \cdot \frac{1}{K_{ht}}$$

• Ví dụ 1:

Cho độ dốc của đặc tính điều chỉnh chung của nguồn điện trong hệ thống là $K_{Fht}=18$, độ dốc đường đặc tính phụ tải, $K_{pt}=2$, độ dự trữ công suất của hệ thống là $K_{dt}=1,05$ và giả thiết rằng tất cả các máy phát trong hệ thống đều có thể thay đổi công suất về 2 phía thì khi phụ tải biến đổi 10% thì tần số biến đổi bao nhiêu phần trăm?

75

75

Giải:

- Theo biểu thức (2.14) có: $\frac{\Delta f}{f_{dm}} = -\frac{\Delta P}{P_{pt}} \cdot \frac{1}{K_{ht}} = -10 \cdot \frac{1}{20,9} = 0,48$
- Trong đó: $K_{ht} = K_{dt} \cdot K_{Fht} + K_{pt} = 1,05 \cdot 18 + 2 = 20,9$
- Như vậy ta thấy nếu phụ tải biến đổi 10% thì tần số biến đổi 0,48%
- Nếu chỉ có thể tăng công suất ở các tổ máy có tổng công suất bằng 25% tổng công suất nguồn thì

$$K_{Fht} = 0,25 \cdot 18 = 4,4$$

$$K_{ht} = 1,05 \cdot 4,4 + 2 = 6,7255$$

$$\frac{\Delta f}{f_{dm}} = -\frac{\Delta P}{P_{pt}} \cdot \frac{1}{K_{ht}} = -10 \cdot \frac{1}{6,725} = 1,48$$

- Có nghĩa là công suất phụ tải biến đổi 10% thì tần số biến đổi 1,48%
- Nếu tất cả các máy phát điện đều không thể tăng công suất thì $K_{ht} = K_{pt} = 2$, tức là nếu không có điều tốc thì khi phụ tải tăng 10%, tần số giảm 5%

76

76

• **Ví dụ 2:**

Hệ thống điện gồm 6 tổ máy, trong đó có 3 tổ máy có $P_{Fdm}=100\text{MW}$ với $K_F=15,3$ và ba tổ máy còn lại có $P_{Fdm}=200\text{MW}$, $K_F=15$. Phụ tải có công suất $P_{pt}=700\text{MW}$ và $K_{pt}=1,5$. Tính điều chỉnh sơ cấp khi phụ tải tăng thêm 70 MW, sao cho tần số không vượt quá $\pm 0,2$ Hz so với tần số định mức.

• **Giải:**

- Trước tiên tính dự trữ công suất:

$$K_{dt} = \frac{P_{ht}}{P_{pt}} = \frac{(3 \cdot 100 + 3 \cdot 200)}{700} = 1,286$$

- Tính K_{Fht} : $K_{Fht} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Fdm_i} \cdot K_{Fi}}{P_{ht}} = \frac{(3 \cdot 100 \cdot 15,3 + 3 \cdot 200 \cdot 15)}{900} = 15,1$

77

77

- Khi phụ tải tăng thêm 70MW thì tần số giảm theo một lượng

$$\frac{\Delta f}{f_{dm}} = -\frac{\Delta P}{P_{pt}} \cdot \frac{1}{K_{ht}} \rightarrow \Delta f = -\frac{\Delta P \cdot f_{dm} \cdot 1}{P_{pt}(K_{dt} \cdot K_{Fht} + K_{pt})} = -\frac{\Delta P \cdot f_{dm}}{P_{pt} \cdot K_{ht}} = -\frac{70 \cdot 50}{700(1,286 \cdot 15,1 + 1,5)} = -0,2390\text{Hz}$$

⇒ Giá trị này của Δf thấp hơn giá trị cho phép, do đó cần có biện pháp khắc phục.

Chẳng hạn có thể tăng độ dốc của các tổ máy 200MW lên 20, khi đó

$$K_{Fht} = \frac{(3 \cdot 100 \cdot 15,3 + 3 \cdot 200 \cdot 20)}{900} = 18,43$$

$$\Delta f = -\frac{70 \cdot 50}{700 \cdot (1,286 \cdot 18,43 + 1,5)} = -0,1984$$

78

78

- Sau khi điều chỉnh sơ cấp, mỗi tổ máy 200MW sẽ phát thêm một lượng công suất

$$\Delta P_F = -P_{Fdm} \cdot K_F \frac{\Delta f}{f_{dm}} = -\frac{[(200.20.(-0,1984))]}{50} = 15,872MW$$

- Tổ máy 100MW phát thêm:

$$\Delta P_F = -P_{Fdm} \cdot K_F \frac{\Delta f}{f_{dm}} = -\frac{[(100.15,3.(-0,1984))]}{50} = 6,071MW$$

=> Đây là công suất phát thêm tạm thời do tần số giảm

79

79

b. Điều chỉnh cấp 2

- Điều chỉnh cấp 2 là quá trình tăng công suất của máy phát điện điều tần lên để đưa tần số trở về định mức (hoặc khi phụ tải giảm thì giảm công suất phát), thực hiện bằng tay hoặc tự động
- Quá trình điều chỉnh cấp 2 tự động được thực hiện trong khoảng từ 30 đến 40 giây
- Trong hệ thống điện nhỏ thường chỉ có một hoặc một vài tổ máy làm nhiệm vụ điều tần, còn các máy phát khác có đặt tự động điều chỉnh tốc độ thì chỉ tham gia điều chỉnh cấp 1

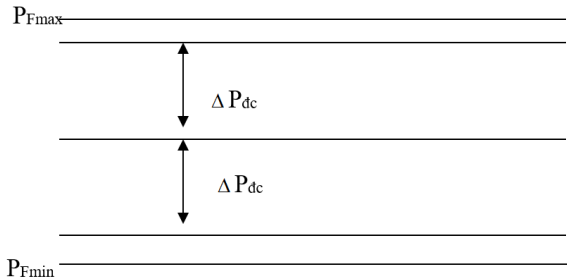
80

80

• *Tính toán điều chỉnh thứ cấp (cấp 2)*

- Để có thể điều chỉnh tần số, tổ máy điều tần phải luôn có phạm vi điều chỉnh công suất $\Delta P_{đc}$ đủ lớn về cả hai phía, nghĩa là công suất phát P_F phải thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{P_{Fdc_{Fmax}}}{P_F - P_{dc_{Fmin}}}$$



Hình 2.6. Sơ đồ giới hạn công suất của tổ máy

- Trong đó P_{Fmax} và P_{Fmin} là giới hạn công suất của tổ máy.

81

81

• *Phạm vi điều chỉnh được xác định theo điều kiện sau:*

Khi phụ tải tổng của hệ thống điện biến đổi nhanh nhất, phạm vi điều chỉnh phải đảm bảo duy trì tần số trong giới hạn cho phép, cho đến khi điều độ viên kịp thi hành các biện pháp tăng công suất của các nhà máy, khôi phục lại phạm vi điều chỉnh. Thời gian này ước chừng 10 phút.

• *Phạm vi điều chỉnh gồm hai phần:*

- Phần điều chỉnh trong điều chỉnh sơ cấp, đó là công suất biến đổi do điều chỉnh tốc độ $\Delta P'_{đc}$ (vì tổ máy điều tần cũng tham gia vào quá trình điều tốc ban đầu)
- Phần thứ hai là phạm vi cần thiết cho điều chỉnh cấp 2; $\Delta P''_{đc}$

82

82

- Từ $\Delta P_F = -P_{Fdm} \cdot K_F \frac{\Delta f}{f_{dm}}$
- Ta có $\Delta P'_{dc} = -P_{Fdm} \cdot K_F \cdot \frac{\Delta f_{cp}}{f_{dm}}$
- Nếu thay $P_{Fdm} = m \cdot P_{ht} = m \cdot K_{dt} \cdot P_{pt} \rightarrow \Delta P'_{dc} = -P_{pt} \cdot m \cdot K_{dt} \cdot K_F \cdot \frac{\Delta f_{cp}}{f_{dm}}$
- P_{Fdm} và K_F : công suất định mức và độ dốc của tổ máy điều tần (hoặc nhà máy điều tần).
- Δf_{cp} : trị tuyệt đối của độ lệch tần số cho phép
- Độ dốc đường đặc tính của tổ máy phát điều tần thường cao hơn độ dốc đường đặc tính các tổ máy phát còn lại để trong điều chỉnh sơ cấp, tổ máy điều tần nhận nhiều phụ tải hơn các tổ máy khác.

83

83

- Thành phần $\Delta P''_{dc}$ được xác định gần đúng theo biểu thức:

$$\Delta P''_{dc} = n \cdot P_{pt} - P_{pt} \cdot (1 + n) \cdot (K_{dt} \cdot K_{Fht} + K_{pt}) \cdot \frac{\Delta f_{cp}}{f_{dm}}$$

- Trong đó n là tốc độ biến thiên tương đối lớn nhất của phụ tải trong thời gian 10 phút; n thường lấy bằng 0,05, nghĩa là phụ tải tăng 5% trong 10 phút

$$\Delta P''_{dc} = n \cdot P_{pt} - P_{pt} \cdot (1 + n) \cdot (K_{dt} \cdot K_{Fht} + K_{pt}) \cdot \frac{\Delta f_{cp}}{f_{dm}}$$

Công suất yêu cầu thêm trong 10 phút

Phần công suất tăng thêm của hệ thống ở tần số cho phép do điều tốc

84

84

- Tổ máy điều tần phải đảm bảo phần còn thiếu để giữ tần số trong phạm vi cho phép

$$\Delta P_{đc} = \Delta P'_{đc} + \Delta P''_{đc}$$

• **Ví dụ 4:**

- Xác định phạm vi điều chỉnh cần thiết của tổ máy điều tần với các điều kiện:
- $f_{cf} = 0,1 \text{ Hz}$; $K_F = K_{Fht} = 10$; $K_{pt} = 1$; $K_{dt} = 1,05$; $n = 0,05$; $m = 0,1$

85

85

Giải:

- Phần điều chỉnh sơ cấp ta có:

$$\Delta P'_{đc} = P_{pt} \cdot 0,1 \cdot 1,05 \cdot 10 \cdot \frac{0,1}{50} = 0,002 P_{pt}$$

$$\Delta P''_{đc} = 0,05 \cdot P_{pt} - P_{pt} \cdot (1 + 0,05) \cdot (1,05 \cdot 10 + 1) \cdot \frac{0,1}{50} = 0,026 P_{pt}$$

- Công suất điều chỉnh:

$$\Delta P_{đc} = \Delta P'_{đc} + \Delta P''_{đc}$$

$$\Delta P_{đc} = (0,002 + 0,026) \cdot P_{pt} = 0,028 \cdot P_{pt}$$

=> Tức là cần có phạm vi điều chỉnh 2,8% phụ tải của hệ thống điện .
Nếu một tổ máy không đủ khả năng đảm bảo phạm vi điều chỉnh thì phải dùng hai hoặc nhiều tổ máy làm nhiệm vụ điều chỉnh tần số

86

86

c. Điều chỉnh cấp 3

Mục đích của điều chỉnh cấp 3 là phân bổ lại công suất theo điều kiện tối ưu. Quá trình điều chỉnh cấp 3 dựa trên cơ sở vận hành kinh tế hệ thống điện.

d. Điều chỉnh tần số trong trường hợp sự cố

Một sự cố nào đó có thể lan rộng và có thể dẫn đến một phần của hệ thống điện bị tách ra và trở thành cô lập (như là hư hỏng máy phát điện), nếu công suất phát không đủ, tần số sẽ bị giảm thấp.

Sự giảm tần số có thể dẫn đến hai vấn đề nghiêm trọng đối với các tổ máy nhiệt điện:

- Nguy hiểm cho các cánh cửa tuabin do dao động. Do đó tần số nhỏ hơn 48,5 Hz chỉ được kéo dài không quá 60 giây.
- Năng suất của các thiết bị tự dùng có hệ thống động lực là các động cơ điện bị giảm thấp do sự giảm năng suất của các máy bơm nước và các quạt gió.

87

87

4. Điều chỉnh điện áp

4.1. Khái niệm cơ bản về điều chỉnh điện áp trong hệ thống điện

Điều chỉnh điện áp trong hệ thống điện là một trong những nhiệm vụ đặc biệt quan trọng trong vận hành hệ thống điện. Mục tiêu của việc điều chỉnh điện áp nhằm đảm bảo:

- Chất lượng điện năng cung cấp cho các thiết bị điện, tức là điện áp cung cấp tại đầu vào các thiết bị nằm trong giới hạn cho phép.
- Sự ổn định hệ thống điện trong trường hợp bất thường và sự cố.
- Hiệu quả kinh tế trong vận hành. Giảm tối thiểu tổn thất nhất định năng và điện áp.

88

88

- Ta đã biết tổn thất điện áp giữa 2 điểm trong hệ thống điện được xác định theo công thức:

$$U_2^* = U_1^* - (I^* R + I^* X)$$

$$U_1^* = U_2^* + I^* (R + j.X)$$

- U : điện áp điểm đầu
- I : dòng điện giữa 2 điểm.
- Trên lưới chủ yếu là đường dây trên không nên thành phần $X \gg R$,
- Trên thực tế góc lệch điện áp 2 đầu đường dây δ rất nhỏ (3-5 độ), nên biên độ độ lệch điện áp phụ thuộc chủ yếu vào thành phần $\frac{QX}{U}$

=> *công suất phản kháng truyền trên đường dây ảnh hưởng trực tiếp đến chênh lệch độ lớn điện áp giữa 2 đầu. Còn công suất tác dụng truyền trên đường dây quyết định độ lệch pha điện áp giữa 2 đầu.*

89

89

- Ngược với điều chỉnh tần số trong hệ thống điện, là điều chỉnh chung toàn hệ thống, điều chỉnh điện áp mang tính chất cục bộ.

b. Phát và tiêu thụ công suất phản kháng

- *Máy phát điện*: Máy phát điện có thể phát hoặc tiêu thụ công suất phản kháng bằng việc thay đổi giá trị của dòng điện kích từ máy phát.
- *Đường dây trên không*:

ở trạng thái cân bằng ta có: $\frac{1}{2}C_o U^2 = \frac{1}{2}L_o I^2$

I là dòng tải khi công suất truyền trên đường dây là công suất tự nhiên $P_{tn} = 3 \frac{U^2}{Z_c}$ và $Z_c = \sqrt{\frac{L_o}{C_o}}$ là tổng trở sóng

90

90

- Nếu công suất tải trên đường dây nhỏ hơn công suất tự nhiên thì giá trị I nhỏ nên công suất phản kháng do điện dung của đường dây sinh ra lớn hơn tổn thất công suất phản kháng trên điện cảm, do đó có dòng điện dung từ nguồn đến, làm cho điện áp trên đường dây cao hơn ở đầu nguồn tức là đường dây phát công suất phản kháng.
- Ngược lại khi công suất tải cao hơn công suất tự nhiên, công suất phản kháng do đường dây sinh ra không đủ bù vào tổn thất công suất phản kháng trên đường dây, do đó có dòng điện điện cảm chạy từ nguồn vào đường dây làm cho điện áp trên đường dây thấp hơn so với điện áp đầu nguồn tức là đường dây tiêu thụ công suất phản kháng.

91

91

• *Cáp ngầm*

Dung dẫn cao nên tải tự nhiên cao, trong chế độ vận hành bình thường, thường sinh ra công suất phản kháng.

• *Máy biến áp*

Thường xuyên tiêu thụ công suất phản kháng ở mọi chế độ, nhưng lại có khả năng điều chỉnh trào lưu công suất phản kháng.

• *Phụ tải*

Thường là nguồn tiêu thụ công suất phản kháng, việc tiêu thụ này thay đổi liên tục trong ngày và khác nhau giữa các mùa trong năm
 $\Rightarrow$ sử dụng các thiết bị bù để cải thiện công suất phản kháng

92

92

4.2. Phương tiện điều chỉnh điện áp

Các máy phát là phương tiện cơ bản điều chỉnh điện áp => Thay đổi dòng kích từ của máy phát.

Ngoài ra còn có các phương tiện khác được bổ xung để tham gia vào việc điều chỉnh điện áp

- Nguồn công suất phản kháng: máy phát, tụ bù ngang, kháng bù ngang, máy bù đồng bộ và thiết bị bù tĩnh (SVC – Static Var Compensator).
- Bù điện kháng đường dây như tụ bù dọc.
- Điều chỉnh nấc phân áp máy biến áp (thay đổi trào lưu vô công qua máy biến áp).

93

93

4.3. Phương pháp vận hành điều chỉnh điện áp

Đối với phần lớn các hệ thống điện hiện đại, việc giám sát điện áp trong toàn hệ thống được thực hiện bởi hệ thống SCADA/EMS (Supervisory Control And Data Acquisition/Energy Management System)

Có 2 lý thuyết khác nhau về điều khiển điện áp:

1. *Điều khiển tập trung*: các thiết bị điều khiển được thực hiện dựa trên thông tin chung về vận hành của toàn hệ thống. Ví dụ: kỹ sư vận hành hệ thống giám sát toàn bộ phân bố điện áp trong hệ thống và đưa ra các lệnh điều khiển công suất phản kháng.

94

94

2. *Điều khiển nhiều cấp*: các thiết bị điều khiển được quy định trước luật điều khiển ở trạng thái vận hành ổn định dựa trên các thông tin vận hành cục bộ tại chỗ và các khu vực lân cận. Ví dụ: các bộ tự động điều chỉnh điện áp các nhà máy điện (NMD) hoặc các bộ tự động điều chỉnh điện áp dưới tải của các MBA được phân công điều chỉnh điện áp theo biểu đồ cho trước.

- Điều chỉnh điện áp nhiều cấp gồm 2 hoặc 3 cấp:

Cấp 1 (điều chỉnh sơ cấp): là quá trình đáp ứng nhanh và tức thời các biến đổi điện áp bằng tác động của các bộ điều chỉnh điện áp máy phát, máy bù đồng bộ hoặc các bộ điều chỉnh điện áp dưới tải của các MBA nhằm giữ ổn định điện áp lưới trong chế độ vận hành bình thường cũng như sự cố.

95

95

Cấp 2 (điều chỉnh thứ cấp): là quá trình đáp ứng chậm hơn cấp 1 được thực hiện ở trong vùng, trong hệ thống nhằm đáp ứng các sự biến đổi chậm về độ lệch lớn của điện áp

- *Nguyên tắc vận hành hệ thống điều chỉnh cấp 2*:

Nguyên tắc cơ bản của điều chỉnh điện áp cấp 2 là chia nhỏ hệ thống điện thành nhiều vùng khác nhau được đặc trưng bởi một vài nút điện áp chính gọi là “nút kiểm tra”

- Điều kiện để phân chia hệ thống thành các miền điều chỉnh như sau:
- Giá trị điện áp tại các nút kiểm tra ở các miền phải đặc trưng cho điện áp của toàn miền.

96

96

- Lượng công suất phản kháng trong miền phải đảm bảo đủ theo yêu cầu điều chỉnh của miền.
- Khoảng cách giữa các nút kiểm tra của các miền phải đủ lớn để những tác động điều khiển trong nội bộ mỗi miền ảnh hưởng đến nhau không đáng kể.

Cách xác định miền điều chỉnh điện áp và nút kiểm tra như sau:

- Tính công suất ngắn mạch cho các nút, chọn nút có công suất ngắn mạch lớn nhất làm nút kiểm tra.
- Đặt nguồn điện áp vào một trong những nút kiểm tra và tính toán tổn thất điện áp từ nút kiểm tra đến các nút còn lại. Tính lần lượt cho các nút kiểm tra.
- Nghiên cứu tổn thất, xác định miền điều chỉnh điện áp.

97

97

Cấp 3 (cũng có thể gọi là điều chỉnh thứ cấp): là quá trình điều hòa mức điện áp giữa các miền điều chỉnh cấp 2, tối ưu hóa mức điện áp của hệ thống điện theo tiêu chuẩn kinh tế và an toàn, quá trình này có thể thực hiện bằng tay hoặc tự động

- Nguyên tắc vận hành hệ thống điều chỉnh cấp 3
- Hệ thống điều chỉnh cấp 3 hay còn gọi là bài toán tối ưu trào lưu công suất (OPF)
- Bài toán OPF có rất nhiều mục tiêu khác nhau.
 - Tối thiểu chi phí nhiên liệu (điều độ kinh tế).
 - Tối thiểu tổn thất truyền tải (điều độ tối ưu công suất phản kháng).
 - Tối thiểu mức độ thải ô nhiễm.
 - Tối đa độ an toàn vận hành của hệ thống.
 - Tối ưu các thao tác điều khiển.

98

98



Các phương pháp được tổng kết bao gồm các loại sau:

- 1 – Lập trình phi tuyến
- 2 – Dùng hàm bậc 2
- 3 – Phương pháp giải Newton
- 4 – Lập trình tuyến tính
- 5 – Hỗn hợp tuyến tính và số

Bài toán OPF có thể được biểu diễn bằng toán học dưới dạng bài toán phi tuyến như sau:

- Hàm mục tiêu: $f(x, u) \Rightarrow \min$
- Thoả mãn
- Các ràng buộc đẳng thức: $h(x, u, p) = 0$
- Các ràng buộc bất đẳng thức: $g_{\min} \leq g(x, u, p) \leq g_{\max}$

99

99

Trong đó: u là véc tơ các biến điều khiển; x là véc tơ các biến trạng thái; p là véc tơ các biến nhiễu loạn

Các biến điều khiển có thể là: công suất hữu công của máy phát, công suất phản kháng của các nguồn, nấc biến áp, điện áp đầu cực máy phát,...

Các biến trạng thái có thể là: giá trị điện áp và góc pha của các máy phát, trào lưu công suất trên các đường dây,...

Các biến nhiễu loạn có thể là công suất tác dụng và phản kháng của tải.

Các ràng buộc đẳng thức bao gồm các phương trình cân bằng công suất tác dụng và phản kháng tại các nút theo định luật Kishoff.

Các ràng buộc bất đẳng thức là giới hạn của các biến như: giới hạn về công suất tác dụng và phản kháng của máy phát, giới hạn khả năng vô công của các nguồn vô công, giới hạn dải điều chỉnh nấc phân áp, giới hạn cho phép về điện áp các nút, giới hạn,...

100

100



Có 2 cách tiếp cận để giải toán OPF:

- Giải tách riêng bài toán phân bố công suất tác dụng và công suất phản kháng. Trước hết tối ưu công suất tác dụng với mục tiêu tối thiểu chi phí nhiên liệu với giả thiết điện áp được giữ cố định. Sau đó tối ưu công suất phản kháng với mục tiêu tối thiểu tổn thất.
- Giải tối ưu công suất tác dụng và phản kháng đồng thời với mục tiêu tối thiểu tổng chi phí vận hành toàn hệ thống.

101

101



Chương 3

VẬN HÀNH MÁY PHÁT ĐIỆN

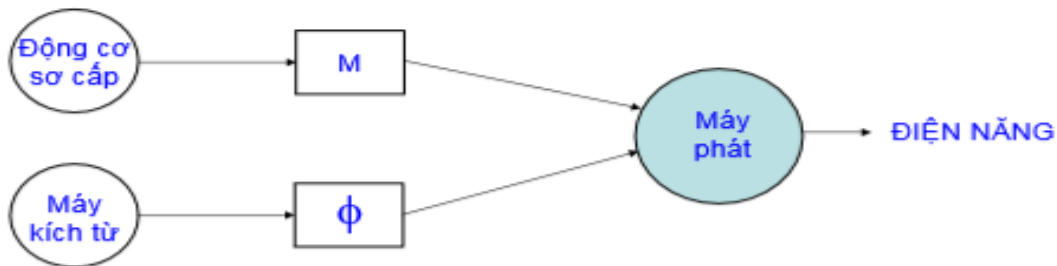
102

102



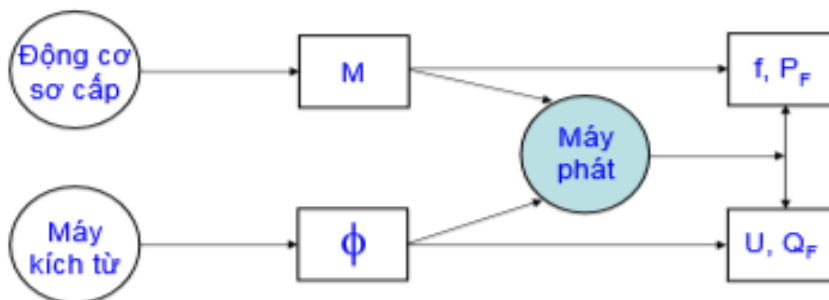
MÁY PHÁT ĐIỆN chỉ có thể phát ra điện khi:

- được cung cấp một công suất cơ, M để làm quay rotor.
- được cấp dòng kích từ vào cuộn dây rotor để tạo ra từ thông chính, ϕ .



103

103



- Khi thay đổi công suất cơ, $M \rightarrow$ tần số, f và công suất tác dụng, P_F thay đổi.
- Khi thay đổi dòng kích từ (công suất kích từ) $\rightarrow$ điện áp, U và công suất phản kháng, Q_F thay đổi.

104

104



- **TẦN SỐ**, f được điều chỉnh bởi công suất cơ, M .
- **ĐIỆN ÁP**, U được điều chỉnh bởi công suất kích từ.

Tuy nhiên,

- Sự điều chỉnh công suất cơ, M cũng làm thay đổi chút ít điện áp, U .
- Sự điều chỉnh công suất kích từ cũng làm thay đổi tần số, f nhưng không nhiều.

105

105

I. Hệ kích từ máy phát điện đồng bộ



Hệ kích từ có nhiệm vụ cung cấp dòng điện một chiều cho các cuộn dây kích từ nhằm:

- Giữ điện áp không đổi khi phụ tải biến đổi.
- Nâng cao giới hạn công suất truyền tải từ nhà máy điện vào hệ thống đảm bảo ổn định tĩnh và ổn định động.

106

106



-Trong chế độ làm việc bình thường, bộ tự động điều chỉnh kích từ (TĐK) sẽ:

- * Điều chỉnh điện áp trên đầu cực máy phát.
- * Thay đổi lượng công suất phản kháng.
- * Nâng cao ổn định tĩnh và ổn định động cho hệ thống điện.

107

107



-Trong chế độ sự cố (ngắn mạch):

- * Chỉ có bộ phận kích từ cưỡng bức làm việc mà cho phép duy trì điện áp của lưới ổn định.
- * Hiệu quả thực hiện nhiệm vụ trên phụ thuộc vào:
 - Đặc trưng và thông số của hệ thống kích từ.
 - Cũng như kết cấu của bộ phận tự động điều chỉnh kích từ.

108

108



Hệ kích từ máy phát đồng bộ phải đảm bảo:

1. Duy trì điện áp máy phát U trong điều kiện làm việc bình thường.

→ Điều chỉnh dòng kích từ.

→ Điều chỉnh điện áp kích từ U_t .

$$I_t = \frac{U_t}{r_t}$$

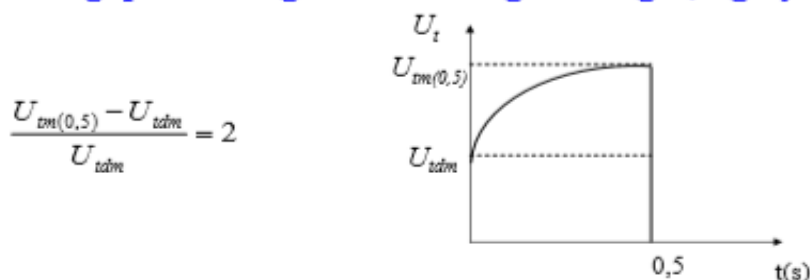
109

109

2. Giữ đồng bộ giữa máy phát với lưới khi điện áp lưới hạ thấp do xảy ra ngắn mạch ở xa.

→ Cường bức kích từ.

→ Muốn vậy hệ kích từ phải có khả năng tăng nhanh gấp đôi dòng kích từ trong khoảng 0,5 giây.



$$\frac{U_{tdm(0,5)} - U_{tdm}}{U_{tdm}} = 2$$

110

110





3. Để bảo vệ cách điện của dây quấn kích từ khi sự cố ngắn mạch nội bộ dây quấn stator.

→ Triệt từ trường kích thích.

→ Nghĩa là giảm nhanh dòng I_t đến không mà điện áp trên điện trở triệt từ R_T không vượt quá 5 lần U_{tdm} .

111

111



Hệ thống kích từ có thể được chế tạo theo 3 loại sau:

- Hệ thống kích từ dùng máy phát điện một chiều
- Hệ thống kích từ dùng máy phát điện xoay chiều, chỉnh lưu.
- Hệ thống kích từ dùng chỉnh lưu có điều khiển.

112

112



II. Máy phát điện đồng bộ làm việc với tải đối xứng

Chế độ làm việc của máy phát điện đồng bộ với tải đối xứng được thể hiện qua các đại lượng như:

-điện áp, U ở đầu dây quấn phần ứng,
 -dòng điện tải, I trong dây quấn phần ứng,
 -dòng điện kích từ i_f

-hệ số công suất $\cos \varphi, \rightarrow \cos \varphi = \text{const}$ do tải bên ngoài quyết định

-tần số f hoặc tốc độ quay $n, \rightarrow f = f_{\text{đm}}$

113

113



1. Đặc tính không tải $U_0 = E = f(i_f)$ khi $I = 0; f = f_{\text{đm}}$.

2. Đặc tính ngắn mạch $I_n = f(i_f)$ khi $U = 0; f = f_{\text{đm}}$.

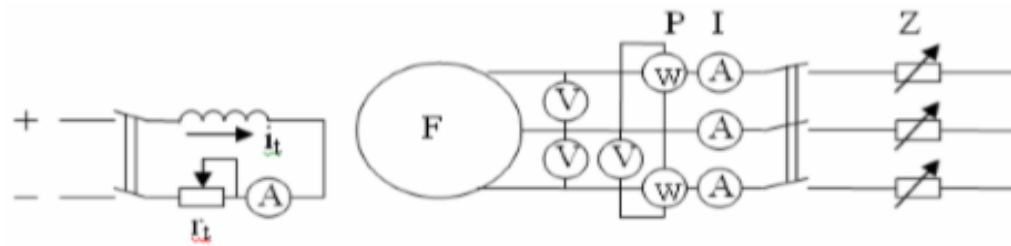
3. Đặc tính ngoài $U = f(I)$ khi $i_f = \text{const}; \cos \varphi = \text{const}$ và $f = f_{\text{đm}}$.

4. Đặc tính điều chỉnh $i_f = f(I)$ khi $U = \text{const}; \cos \varphi = \text{const}$ và $f = f_{\text{đm}}$.

5. Đặc tính tải $U = f(i_f)$ khi $I = \text{const}, \cos \varphi = \text{const}$ và $f = f_{\text{đm}}$.

114

114



Sơ đồ nối dây xác định các đặc tính
của máy phát điện đồng bộ

115

115

* Tổn hao và hiệu suất của máy phát điện đồng bộ:



Khi làm việc trong máy phát có các tổn hao như:

- tổn hao đồng,
- tổn hao sắt,
- tổn hao kích từ,
- tổn hao phụ,
- tổn hao cơ.

116

116



1. Tổn hao đồng là công suất mất mát trên dây quấn phân tửnh với giả thiết là mật độ dòng điện phân bố đều trên tiết diện của dây dẫn.

Tổn hao này phụ thuộc vào:

- * Trị số mật độ dòng điện
- * Trọng lượng đồng

Và thường được tính ở nhiệt độ 75°C .

117

117



2. Tổn hao sắt từ là công suất mất mát trên mạch từ (gông và răng) do từ trường biến đổi hình sin (ứng với tần số f_1)

-Tổn hao này phụ thuộc vào trị số của:

- * Từ cảm.
- * Tần số.
- * Trọng lượng lõi thép.
- * Chất lượng của tôn silic.
- * Trình độ công nghệ chế tạo lõi thép.

118

118



3. Tổn hao kích từ là công suất tổn hao trên điện trở của dây quấn kích từ và của các chổi than.

Nếu máy kích từ đặt trên trục của máy đồng bộ thì công suất tổn hao trên phải chia cho hiệu suất của máy kích từ.

119

119



4. Tổn hao phụ bao gồm các phần sau:

a) Tổn hao phụ do **đòng điện xoáy** ở các thanh dẫn của dây quấn stato và các bộ phận khác của máy, dưới tác dụng của từ trường tản do dòng điện phản ứng sinh ra.

120

120



b) Tổn hao ở bề mặt cực từ hoặc ở bề mặt của lõi thép rotor máy cực ẩn do stator có rãnh.

c) Tổn hao ở răng của stator do:

- Sự đập mạch ngang và dọc của từ thông chính
- Các sóng điều hòa bậc cao với tần số khác f_1 .

121

121



5. Tổn hao cơ bao gồm:

- Tổn hao công suất cần thiết để đưa không khí hoặc các chất làm lạnh khác vào các bộ phận của máy.
- Tổn hao công suất do ma sát ở ổ trục và ở bề mặt rotor và stator khi rotor quay trong môi chất làm lạnh (không khí, ...).

122

122



III. Máy phát điện đồng bộ làm việc với tải không đối xứng

Trong khi cung cấp điện có thể xảy ra trường hợp:

Tải của các pha không bằng nhau, hộ dùng điện của một pha nào đó có thể rất lớn.

→ Máy phát điện đồng bộ sẽ làm việc với tải không đối xứng.

123

123



Khi đó, trong máy phát điện đồng bộ sẽ sinh ra một số hiện tượng bất lợi như:

- điện áp không đối xứng,
- các sóng điều hòa s.đ.đ.,
- dòng điện bậc cao xuất hiện làm tổn hao tăng lên,
- rotor nóng,
- máy rung,...

124

124



-Giới hạn tải không đối xứng của máy phát điện đồng bộ xảy ra khi có ngắn mạch không đối xứng trong hệ thống điện lực hoặc ở đầu cực máy (ngắn mạch một pha với dây trung tính; ngắn mạch hai pha với dây trung tính).

-Tuy dòng điện ngắn mạch không đối xứng chỉ tồn tại trong một thời gian ngắn vì các role bảo vệ máy phát điện sẽ tác động,

Nhưng cũng gây ra những lực điện từ hoặc hiệu ứng nhiệt rất lớn, có thể làm hư hỏng máy phát điện.

125

125

Ảnh hưởng của tải không đối xứng đối với máy phát điện đồng bộ:



-Khi làm việc với tải không đối xứng, trong máy điện chỉ có:

* các dòng điện thứ tự thuận và ngược.

* dòng điện thứ tự không hoặc có trị số rất nhỏ hoặc không tồn tại, vì dây nối phần ứng thường nối hình sao có điểm trung tính nối đất có điện trở lớn (với mục đích bảo vệ) hoặc không nối đất.

126

126



-Từ trường quay do dòng điện thứ tự ngược sinh ra trong máy điện đồng bộ những hiện tượng bất lợi khiến cho máy điện làm việc trong những điều kiện khó khăn hơn như:

- * điện áp không đối xứng,
- * tổn hao tăng,
- * rôto nóng hơn,
- * máy rung nhiều.

127

127



IV. Máy phát điện đồng bộ làm việc song song:

Trong mỗi nhà máy điện thường có đặt nhiều máy phát điện đồng bộ và các nhà máy điện được làm việc chung trong hệ thống điện.

Như vậy, trong hệ thống điện có rất nhiều máy phát điện đồng bộ làm việc song song.

128

128



Việc nối các máy phát điện làm việc chung trong một hệ thống điện là cần thiết. Vì:

-có ưu điểm giảm bớt vốn đầu tư đặt máy phát điện dự trữ để phòng sửa chữa và sự cố để đảm bảo an toàn cung cấp điện,

129

129



-Hoặc sử dụng hợp lý các nguồn năng lượng như:

*cho các trạm thủy điện làm việc với công suất lớn trong mùa mưa lũ để giảm bớt công suất của các trạm nhiệt điện.

Do đó, tiết kiệm được than trong thời gian đó,

→ Nâng cao được các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật khi thiết kế và vận hành.

130

130



*** Ghép một máy phát điện đồng bộ làm việc song song:**

Khi ghép một máy phát điện đồng bộ làm việc song song với hệ thống điện hoặc với một máy phát điện đồng bộ khác, để tránh:

- dòng điện xung
- các mômen điện từ

có trị số rất lớn có thể sinh ra sự cố làm hỏng máy và các thiết bị điện khác gây rối loạn hệ thống điện thì:

Các trị số tức thời của điện áp máy phát điện và hệ thống điện phải luôn bằng nhau.

131

131



Muốn vậy phải đảm bảo các điều kiện sau đây:

- Điện áp của máy phát U_F phải bằng điện áp của lưới điện U_L .
- Tần số của máy phát f_F phải bằng tần số của lưới điện f_L .
- Thứ tự pha của máy phát phải giống thứ tự pha của lưới điện.
- Điện áp của máy và của lưới phải trùng pha nhau.

132

132



Khi ghép song song:

-Việc điều chỉnh điện áp, U_F của máy phát điện đồng bộ được thực hiện bằng cách:

→ Thay đổi dòng điện kích thích của máy

-Việc điều chỉnh tần số, f_F được điều chỉnh bằng cách:

→ Thay đổi moment hoặc tốc độ quay của động cơ sơ cấp kéo máy phát điện.

133

133



* Sự trùng pha giữa điện áp của máy phát điện và của lưới điện được kiểm tra bằng:

-đèn vônmet có chỉ số không.

-dụng cụ đo đồng bộ.

* Thứ tự pha của máy phát điện thường chỉ được kiểm tra một lần sau khi lắp ráp máy và hòa đồng bộ với lưới điện lần đầu.

134

134



V. Hòa máy phát vào mạng

Khi đóng máy phát vào làm việc song song với mạng điện hoặc với các máy phát khác thường có thể:

- Xuất hiện dòng điện cân bằng, có thể gây hư hỏng cho máy phát.
- Làm giảm điện áp trong mạng.
- Làm tăng tổn thất.

→ Quá trình hòa đồng bộ máy phát điện phải được thực hiện sao cho ảnh hưởng của dòng điện này nhỏ nhất đến mức có thể, quá trình diễn ra càng nhanh càng tốt.

135

135



→ Quá trình hòa đồng bộ máy phát điện phải được thực hiện sao cho ảnh hưởng của dòng điện này nhỏ nhất đến mức có thể, quá trình diễn ra càng nhanh càng tốt.

136

136



Phương pháp hòa đồng bộ

1. Phương pháp đồng bộ chính xác.
2. Phương pháp tự đồng bộ.
3. Phương pháp hòa đồng bộ bằng cuộn kháng điện.

137

137



1. Phương pháp đồng bộ chính xác

Theo phương pháp này, máy phát được kích từ và tăng tốc độ quay gần bằng tốc độ đồng bộ.

Thời điểm đóng đồng bộ vào mạng được chọn bởi nhân viên vận hành hoặc do thiết bị tự động theo các điều kiện:

138

138



- Vận tốc góc của máy phát bằng vận tốc góc của hệ thống.
- Điện áp của máy phát bằng điện áp của hệ thống.
- Thứ tự các pha trùng nhau.

Nếu các điều kiện trên thỏa mãn thì dòng cân bằng sẽ không xuất hiện.

Tuy nhiên, việc thực hiện chính xác các điều kiện trên là rất khó khăn. Vì vậy, thông thường lúc đóng máy phát vào hệ thống vẫn có dòng cân bằng xuất hiện.

139

139



2. Phương pháp tự đồng bộ

* Bước 1:

- Trước hết, cần đóng vào mạch rotor máy phát một điện trở dập tắt và chuẩn bị đưa cơ cấu tự động điều chỉnh kích từ vào làm việc.
- Trường hợp không có điện trở dập tắt thì biến trở trong mạch kích từ được đặt ứng với vị trí không tải.

140

140



*** Bước 2:**

- Với sự trợ giúp của động cơ sơ cấp, máy phát được quay không có kích từ.
 - Khi tốc độ quay đạt giá trị 96 – 98% tốc độ đồng bộ.
 - Đóng máy phát vào làm việc song song và liền sau đó là đóng kích từ.
- Máy phát tự nó hòa đồng bộ.

141

141



*** Ưu điểm của phương pháp tự đồng bộ là:**

- Thao tác đơn giản.
- Quá trình diễn ra tự động.
- Loại trừ khả năng đóng nhầm
- Quá trình diễn ra rất nhanh (3 – 5 giây) so với phương pháp đồng bộ chính xác (5 – 10 phút)

142

142



3. Phương pháp hòa đồng bộ bằng cuộn kháng điện

- Các máy phát cần hòa không nối trực tiếp với nhau mà nối qua một cuộn kháng điện.
- Theo phương pháp này không cần xét đến góc lệch pha giữa điện áp hai máy phát. Vì sự có mặt của cuộn kháng điện làm hạn chế dòng điện xung kích trong quá trình hòa điện.

Lúc đó, nếu máy phát nào có vectơ điện áp vượt trước thì sẽ có tác dụng gia tốc như động cơ điện.

Vì vậy, quá trình đồng bộ diễn ra khá nhanh.

143

143



- Thời gian của quá trình đồng bộ phụ thuộc vào trị số X_{kd} của cuộn kháng điện.

Nếu trị số này nhỏ thì quá trình hòa sẽ diễn ra nhanh, nhưng giá trị dòng điện xung kích có thể sẽ lớn → gây mất an toàn.

Trị số kháng điện:

$$X_{kd} = \frac{\sqrt{8k}U_n}{1,3I_n}$$

k : hệ số tính đến thành phần không chu kỳ của dòng điện, $k = 1,6 - 1,9$

U_n và I_n : điện áp và dòng điện định mức

144

144



*** Ưu điểm của phương pháp hòa đồng bộ bằng cuộn kháng điện:**

- Đơn giản
- Có thể tiến hành ngay cả khi tần số và điện áp của các máy phát còn hơi bị lệch.

*** Nhược điểm:**

- Cần thêm một thiết bị phụ trợ như:
 - + Cuộn kháng điện
 - + Cầu dao, v.v . . .

145

145



4. Xử lý tình huống trong trường hợp hòa đồng bộ không thành công

Trong trường hợp sau khi đã đóng máy phát vào lưới mà có các hiện tượng:

- Dòng điện của stator tăng lên rất cao.
- Điện áp hệ thống bị hạ thấp.
- Máy phát điện có tiếng rú mạnh.
- Các đồng hồ có thể dao động mạnh.
- Kích từ cường bức có thể dao động.

→ **Thời điểm đóng máy phát vào lưới không phù hợp.**

(Hòa đồng bộ máy phát khi tần số hoặc điện áp của máy phát khác với tần số hệ thống)

146

146



*** Khi điều trên xảy ra thì cần phải tiến hành xử lý như thế nào ?**

Việc xử lý sẽ phụ thuộc vào các tình huống diễn ra tiếp theo đó.

Nếu chỉ số của các đồng hồ (tần số, điện áp, dòng điện) dao động một vài lần sau đó trở lại bình thường,
Thì cho phép tiếp tục vận hành.

Những biểu hiện trên cho thấy điều kiện hòa đồng bộ chưa tốt → gây nên dòng điện xung kích lớn trong máy.

147

147



Nếu:

Các đồng hồ vẫn còn tiếp tục dao động mạnh

Thì cần kiểm tra:

- Điện áp qua stator có bình thường không ?
- Thiết bị hòa máy có tốt không ?
- Đồng hồ đo có chính xác không ?

148

148



Nếu kết quả kiểm tra các phần trên không có vấn đề gì mà:

- Đồng hồ vẫn dao động mạnh.
- Máy vẫn còn mất đồng bộ.

Thì:

- Lập tức tách máy ra khỏi lưới.
- Tiến hành kiểm tra xác minh xem bản thân máy phát điện có gì khác thường không ?

149

149



- Nếu có sự bất thường thì tiến hành khắc phục.
- Trường hợp kiểm tra mà không xác định được máy có hư hỏng gì thì sẽ:

Cho chạy lại máy phát điện sau khi đã nhận được sự đồng ý của phó giám đốc kỹ thuật và trưởng ca, cũng như quản đốc phân xưởng điện.

150

150



5. Sự cố máy phát điện và các biện pháp xử lý

- 1) Nhiệt độ máy phát tăng cao quá trị số cho phép.
- 2) Mạch stator bị chạm masse một pha.
- 3) Sự cố rotor chạm masse hai điểm.
- 4) Máy phát điện trở thành động cơ.
- 5) Máy phát điện mất kích từ.
- 6) Không nâng được điện áp máy phát.

151

151



1) Nhiệt độ máy phát tăng cao quá trị số cho phép

a) Hiện tượng:

Khi máy phát mang công suất định mức mà có các biểu hiện:

- Nhiệt kế chỉ nhiệt độ cuộn dây stator và rotor tăng cao.
- Nhiệt kế chỉ nhiệt độ mạch từ cao.
- Nhiệt kế báo nhiệt độ hệ thống làm mát cho máy phát khác thường.

152

152



b) Nguyên nhân:

- Có thể do hệ thống làm mát không bình thường:

- * Nhiệt độ của nước vào làm mát quá 30°C .
- * Các đường ống làm mát bị cáu bẩn hoặc bị tắt ở bên trong.
- * Hông bơm đẩy nước tuần hoàn làm mát.

153

153



- Có thể do nội bộ máy phát điện:

- * Các đường ống thông gió bị tắt vì bụi bẩn.
- * Chỗ hàn nội bộ dây bị bung ra hoặc tiếp xúc kém sinh ra phát nóng cục bộ.
- * Một số lá tôn trong mạch từ ngăn mạch làm dòng điện xoáy tăng cao.

- Có thể do đồng hồ đo nhiệt chỉ thị nhầm.

154

154



b) Biện pháp xử lý:

- Kiểm tra sự nguyên vẹn của bộ phận đo nhiệt độ.
- Kiểm tra nhiệt độ của gió vào, gió ra.
- Kiểm tra độ mở của van nước làm mát.
- Kiểm tra sự hoàn hảo của hệ thống làm mát.

155

155

- Nếu giải quyết các biện pháp trên mà không có hiệu quả



Thì tiến hành giảm công suất phát ra của máy phát theo lệnh của trường ca để đưa nhiệt độ xuống trị số quy định.

- Nếu đã giảm công suất của máy phát mà nhiệt độ không giảm

Thì phải ngừng ngay máy phát điện.

156

156



2) Mạch stator bị chạm masse một pha

a) Hiện tượng:

- Có tín hiệu “Chạm masse máy phát điện” (đèn sáng, chuông kêu).
- Đồng hồ kiểm tra chạm masse stator có trị số khác không khi ấn nút kiểm tra.
- Đồng hồ kiểm tra điện áp pha bị chạm masse giảm xuống còn 2 pha kia tăng lên.

157

157

b) Nguyên nhân:

Cách điện của cuộn dây stator bị chọc thủng vì các nguyên nhân sau:

- Vận hành máy phát điện ở nhiệt độ cao thường xuyên.
- Hệ thống làm mát không tốt làm cách điện dần bị già cỗi.
- Vận hành máy phát điện với điện áp tăng cao quá quy định.
- Cách điện bị chọc thủng do quá điện áp khí quyển hoặc quá điện áp nội bộ.

158

158





- Đối với lưới có dòng chạm masse ≥ 5 A thì bảo vệ chống chạm masse mạch stator tác động cắt máy cắt đầu cực máy phát.

- Đối với trường hợp dòng chạm masse < 5 A thì do được phép tiếp tục vận hành với thời gian quy định nên khi đó dễ dàng xảy ra chọc thủng điểm thứ hai vì cách điện của cuộn dây đã già cỗi, làm ngắn mạch các pha với nhau hoặc ngắn mạch các vòng dây trong cùng một pha.

Do đó, bảo vệ so lệch dòng điện mạch stator máy phát tác động cắt máy cắt đầu cực máy phát, cắt máy cắt kích từ, các đồng hồ chỉ về không.

159

159

c) Biện pháp xử lý:



- Kiểm tra phụ tải nào khả nghi nhất, đồng thời loại bỏ dần các phụ tải không quan trọng.

- Xử lý nhanh chóng, loại trừ điểm chạm masse. Nếu thời gian chạm masse quá 1 – 2 giờ mà chưa xử lý được thì nên tách máy phát ra khỏi lưới điện.

- Khi đã tìm và xử lý được điểm chạm masse thì khôi phục lại máy phát điện, đưa vào vận hành bình thường.

160

160



3) Sự cố rotor chạm masse hai điểm

a) Hiện tượng:

- Ampe kế một chiều chỉ dòng kích từ tăng cao.
- Volt kế một chiều chỉ điện áp kích từ giảm thấp.
- Chỉ số của đồng hồ đo công suất phản kháng giảm nhiều hoặc có thể đổi dấu.
- Hệ số công suất $\cos\varphi$ tăng.
- Bảo vệ chống rotor chạm masse hai điểm làm việc.
- Turbine có hiện tượng chấn động.

161

161

b) Nguyên nhân:

- Do cách điện của cuộn dây kích từ không tốt nên xảy ra chạm masse.
- Đầu tiên là chạm masse tại một điểm, nhưng do yêu cầu tiếp tục vận hành (với máy phát turbine hơi) nên sẽ xảy ra chạm tại điểm thứ hai.
- Khi chạm masse tại điểm thứ hai làm nổi tắt một số vòng dây của cuộn kích từ

→ điện trở của cuộn kích từ giảm

→ dòng kích từ tăng và điện áp kích từ giảm.

162

162





- Trường hợp số vòng dây bị nối tắt nhiều, dòng kích từ có thể tăng quá cao

→ gây ra sự đốt cháy cách điện của mạch kích từ.

Khi chạm masse tại hai điểm:

- Số vòng dây cuộn kích từ giảm đột ngột

- Dòng kích từ tăng có quán tính điện từ.

→ Sức từ động giảm

→ Từ thông chính giảm

→ Công suất phản kháng phát ra của máy giảm

→ Hệ số công suất tăng

163

163



- Trường hợp cuộn kích từ bị nối tắt hoàn toàn do chạm masse tại hai điểm, máy phát nhận công suất kích từ từ hệ thống về để duy trì cân bằng điện áp ($U_F = U_{HT}$).

* Nên đồng hồ đo công suất phản kháng chỉ ngược lại.

* Hệ số công suất $\cos\varphi$ sớm.

164

164



- Do nối tắt một số vòng dây của cuộn kích từ nên hệ thống từ bị mất đối xứng đối với các cực từ.

- Sự tác dụng tương hỗ giữa dòng stator với các thành phần từ thông không đối xứng tạo nên những moment tác dụng không cân bằng lên vành rotor

→ gây chấn động cho máy phát.

Với những turbine nước, do số cực từ nhiều nên sự mất đối xứng về từ là nhiều hơn so với máy phát turbine hơi.

→ Sự chấn động mạnh hơn.

165

165



c) Biện pháp xử lý:

- Với máy phát turbine nước:

+ Tuyệt đối không để xảy ra rotor chạm masse hai điểm.

→ Đặt bảo vệ chống rotor chạm masse một điểm.

Khi xảy ra chạm masse một điểm, bảo vệ sẽ tác động cắt máy cắt đầu cực máy phát.

166

166



- Với máy phát turbine hơi:

Khi chạm masse một điểm ở mạch rotor thì:

- + cho phép vận hành
- + báo tín hiệu
- + bảo vệ sẵn sàng làm việc khi xảy chạm masse điểm thứ hai
- + Kiểm tra để tìm ra điểm chạm masse và khắc phục.

167

167

4) Máy phát trở thành động cơ



a) Hiện tượng:

Khi máy phát điện đang làm việc song song với hệ thống mà xảy ra các hiện tượng:

- Đồng hồ công suất tác dụng chỉ trị số âm.
- Đồng hồ công suất phản kháng tăng lên.

168

168



- Tần số và điện áp có thể bị giảm xuống.
- Có thể có đèn báo “Sập van hơi chính”, chuông kêu.
- Có thể có tín hiệu bên turbine đánh sang “máy móc nguy hiểm”.

169

169



b) Nguyên nhân:

- Có thể do sự cố lò hoặc sự cố turbine.
- Có thể do đóng nhầm valve hơi chính hoặc vô ý chạm phải khóa nguy cấp làm phát tín hiệu “Turbine nguy cấp”

170

170



- Khi mất công suất cơ mà máy vẫn đang đóng vào lưới thì nó sẽ trở thành động cơ xoay chiều đồng bộ.

- Máy phát không phát ra công suất tác dụng mà nhận từ hệ thống về một lượng công suất tác dụng để thắng ma sát kéo turbine quay.

→ Vì vậy, đồng hồ đo công suất tác dụng chỉ ngược lại.

- Dòng kích từ vẫn không đổi.

→ Máy phát vẫn phát ra công suất phản kháng cho lưới.

171

171



c) Biện pháp xử lý:

- Không nên ngừng máy ngay mà cần báo ngay cho trực máy biết và yêu cầu họ cài lại van an toàn.

- Điều chỉnh và giữ ổn định công suất các máy còn lại.

- Giảm công suất phản kháng của máy sự cố và tăng công suất phản kháng máy khác.

172

172



- Nếu bên turbine cài được valve hơi chính thì để máy vận hành bình thường.

Khi ấy, tiến hành điều chỉnh:

- * Công suất tác dụng lên.
- * Điện áp và tần số trở về trị số quy định.

- Nếu valve an toàn không tác động thì phải kiểm tra turbine có bị mất hơi làm cho máy phát điện vận hành như một động cơ đồng bộ không ?

→ Kiểm tra xử lý và nhanh chóng đưa hơi vào để nâng công suất tác dụng lên.

173

173



- Nếu tín hiệu bên turbine hiển thị “máy nguy hiểm”

→ Thì lập tức cắt máy phát ra khỏi lưới.

- Nếu valve an toàn không cài lại được và không có biện pháp khắc phục

→ Thì theo lệnh trưởng ca tách máy phát điện ra khỏi lưới để xử lý.

174

174



5) Máy phát điện mất kích từ

a) Hiện tượng:

- Đồng hồ đo dòng điện và điện áp kích từ có chỉ số gần bằng không.
- Đồng hồ đo công suất phản kháng có chỉ số âm.
- Công suất tác dụng giảm.
- Tần số dao động.

175

175



- Đồng hồ đo dòng điện stator có chỉ số tăng lên.
- Điện áp máy phát giảm xuống thấp.
- Có thể có tín hiệu “máy phát quá tải”
- Có thể kích từ cưỡng bức tác động.
- Tốc độ kế chỉ hơi tăng.
- Máy phát có hiện tượng chấn động.

176

176



b) Nguyên nhân:

Máy phát bị mất kích từ có thể do các hư hỏng sau:

*** Hư hỏng thuộc về mạch kích từ của máy phát điện:**

- Đứt cuộn dây kích từ của máy phát.
- Cuộn dây kích từ bị nổi tắt hoàn toàn do chạm masse hai điểm.
- Đóng nhầm điện trở diệt từ.

177

177



*** Hư hỏng thuộc về mạch kích từ của máy phát kích từ:**

- Đứt cuộn dây kích từ của máy phát kích từ.
- Điện trở điều chỉnh tiếp xúc kém.
- Chổi than tiếp xúc kém.

178

178



* Khi bị mất kích từ, máy phát sẽ không phát ra công suất phản kháng nữa mà buộc phải nhận công suất phản kháng từ lưới để duy trì sự cân bằng điện áp $U_F = U_{HT}$.

→ Do đó, đồng hồ đo công suất phản kháng chỉ ngược lại.

* Hệ thống phải cung cấp cho máy phát một lượng công suất phản kháng, tương ứng với nó là dòng kích từ.

→ Do đó, điện áp của hệ thống giảm xuống.

179

179



* Hệ thống phải cung cấp cho máy phát một dòng kích từ phụ, cần thiết cho việc phát ra công suất tác dụng.

→ Dòng stator của máy tăng lên.

180

180



* Khi máy phát mất kích từ, loại trừ nguyên nhân cuộn dây kích từ bị đứt, mạch rotor vẫn tạo thành một mạch kín và rotor vẫn quay với tốc độ n (vì vẫn có công suất cơ kéo).

Nhưng do mất kích từ nên:

- Công suất phát giảm đột ngột.
- Moment cản điện từ giảm đột ngột so với moment sơ cấp $\rightarrow$ Tốc độ của rotor tăng lên $\rightarrow$ Xuất hiện hệ số trượt $\rightarrow$ máy phát rơi vào trạng thái làm việc ở chế độ không đồng bộ.

181

181



* Ở chế độ không đồng bộ:

- Xuất hiện moment cản không đồng bộ làm cho tốc độ rotor của máy phát không tăng nhiều.

Máy đi vào làm việc ở một hệ số trượt nhất định.

Tần số trở về giá trị ổn định ở tần số đồng bộ.

182

182



Như vậy:

- Khi mới mất kích từ $\rightarrow$ tốc độ của rotor tăng.
- Sau khi xuất hiện moment cản không đồng bộ $\rightarrow$ tốc độ rotor lại giảm xuống.

Do đó:

- Các đồng hồ U, I, f và P dao động.
- Máy phát có hiện tượng chấn động.

183

183



c) Biện pháp xử lý:

- Nếu:

- * Máy cắt kích từ cắt,
- * Máy cắt đầu cực máy phát chưa cắt mà điện áp kích từ vẫn bình thường.

Thì:

- *Lập tức đóng máy cắt kích từ lại.
- *Nâng điện áp kích từ lên.

184

184



- Nếu:

- * Điện áp kích từ bình thường.
- * Dòng kích từ bằng không.

Có thể do:

- * Mạch kích từ rotor bị đứt.
- * Khi đóng máy cắt kích từ mà vẫn không nâng được kích từ lên

185

185



- Thì:

- * Lập tức khởi động máy kích từ dự phòng để thay máy kích từ chính.
- * Đưa ra kiểm tra, tìm nguyên nhân và xử lý.

186

186



- Nếu máy phát kích từ đã được thay mà vẫn không có kích từ thì cần tiến hành xử lý như sau:

* Với máy phát turbine nước:

+ không cho phép vận hành ở chế độ không đồng bộ do mất kích từ.

* Với máy phát turbine hơi, loại rotor có cấu tạo kiểu vành đai thanh đồng:

+ không cho phép vận hành ở chế độ không đồng bộ do mất kích từ

187

187



* Với các loại máy phát turbine hơi khác: cho phép vận hành ở chế độ không đồng bộ khi mất kích từ trong thời gian 30 phút.

Nếu sau 30 phút không khôi phục được kích từ thì tách máy ra khỏi lưới.

Hoặc nếu đứt mạch rotor thì phải ngừng máy ngay.

188

188



6) Không nâng được điện áp máy phát

a) Hiện tượng:

- Sau khi sửa chữa xong.
- Khi khởi động máy phát, tốc độ rotor đã đạt đến định mức.
- Dùng biến trở điều chỉnh để nâng điện áp kích từ.

→ Nhưng điện áp máy phát điện không lên.

189

189



b) Nguyên nhân và biện pháp xử lý:

- Đầu ngược ở máy kích từ.

→ Các đồng hồ volt kế và ampe kế chỉ ngược lại.

→ Chỉ cần đấu lại đầu dây.

190

190



- Nếu điện áp và dòng điện kích từ không có chỉ số

→ Máy đã mất từ dư.

→ Cần phải nạp lại.

- Có thể các chổi than tiếp xúc không tốt.

→ Cần kiểm tra các chổi than của máy kích từ cổ góp, vành trượt rotor xem tiếp xúc tốt không.

191

191



- Kiểm tra cổ góp, vành trượt xem có bụi bẩn không.

→ Nếu có một lớp bám bẩn cần lấy giấy nhám mịn để đánh và xử lý.

- Có thể các mạch nhất thứ, nhì thứ qua quá trình sửa chữa đấu nối không tốt hoặc chưa đấu.

192

192

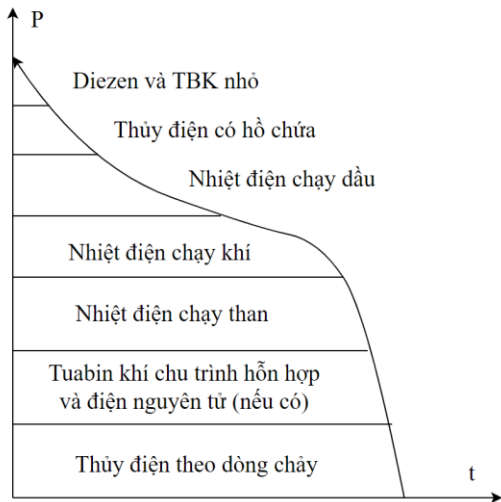


Chương 4

CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC KINH TẾ CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN

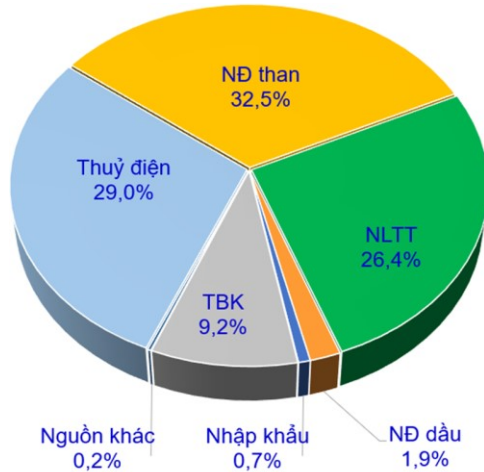
193

193



Đồ thị phủ phụ tải của các nhà máy điện

194



Cơ cấu công suất nguồn điện toàn hệ thống đến cuối năm 2022

194



1 Khái niệm chung:

- Một yêu cầu quan trọng nhất trong vận hành HTĐ là đảm bảo kinh tế của việc sản xuất, truyền tải, phân phối và sử dụng điện năng.
- Để đảm bảo điều đó HTĐ phải làm việc với chi phí nhiên liệu thấp nhất => giảm chi phí nhiên liệu và tổn thất điện năng.

□ Việc giảm chi phí nhiên liệu gồm:

- Triệt để sử dụng nguồn nước của thủy điện, giảm đến mức thấp nhất lượng nước không qua turbine.

195

195



- Phối hợp hoạt động giữa các nhà máy điện một cách tốt nhất.

□ Việc giảm tổn thất điện năng bao gồm:

- Thiết lập chế độ sử dụng điện hợp lý nhất.
- Lựa chọn cơ cấu thiết bị vận hành hợp lý.
- Phân bố tối ưu công suất giữa các phân tử HTĐ.

196

196



- Một nhà máy điện có một chế độ làm việc kinh tế ứng với một giới hạn phụ tải kinh tế xác định, tuy nhiên để đảm bảo sự cân bằng với một lượng dự trữ công suất nhất định, bắt buộc phải giữ phụ tải thực tế khác so với mức giới hạn này.
- Việc kết hợp các nhà máy điện trong hệ thống nhằm dung hòa các mâu thuẫn và nâng cao tính kinh tế của toàn hệ thống, với các ưu điểm sau:
 - + Giảm tổng công suất cực đại.

197

197



- + Giảm lượng công suất dự trữ.
- + Sử dụng tối đa khả năng phát của các nhà máy điện sử dụng nguyên liệu rẻ.
- + Nâng cao độ tin cậy cung cấp điện do có sự hỗ trợ của các nhà máy điện.
- + Giảm nhẹ điều kiện sửa chữa định kỳ, sử dụng hiệu quả phương tiện sửa chữa.

198

198

2. Đặc tính kinh tế của các tổ máy phát và nhà máy điện:



- Do hiệu quả kinh tế của máy phát sử dụng công nghệ khác nhau, thông số kỹ thuật khác nhau và **hiệu quả kinh tế này được đo bằng chi phí nhiên liệu cho việc phát ra một đơn vị công suất nên mỗi máy phát** sẽ được biểu diễn bởi một đường cong chi phí khác nhau.

- **Đặc tính chi phí sản xuất có dạng đường cong Parabol:**

$$C = a.P^2 + b.P + c$$

199

199

Trong đó: a, b, c là các hệ số hồi quy, xác định từ các số liệu thống kê theo phương pháp bình phương cực tiểu, ta có thể lập hệ phương trình:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_0(1 + \alpha_R \theta_1)}{R_0(1 + \alpha_R \theta_2)}$$

n: Số lần tính toán

- Suất chi phí trên một đơn vị công suất là:

$$\gamma = C/P = \text{tg}\beta.$$

200

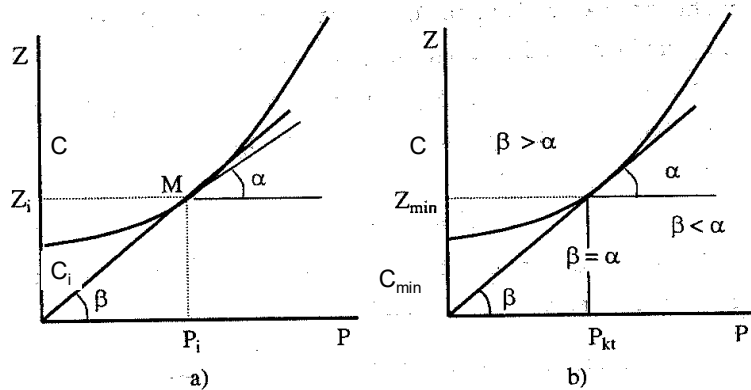
200



- Việc xem xét phân bố kinh tế phụ tải, quan tâm nhất chính là mức tăng chi phí của các tổ máy, do đó, người ta thường quan tâm đến **suất tăng chi phí $\varepsilon = dC/dP = \tan \alpha$** , nó biểu thị cho độ dốc của đường cong chi phí.
- Khi **$\alpha = \beta$** thì chi phí sẽ đạt giá trị cực tiểu.
- Thông thường công suất kinh tế bằng 80 - 85% công suất định mức của tổ máy.

201

201



- Đường cong phụ thuộc giữa chi phí và công suất
- Đường cong thể hiện chế độ làm việc kinh tế của tổ máy điện

202

202



3. Phân bố tối ưu công suất giữa các tổ máy phát:

- Nhiệm vụ quan trọng của vận hành là phân bố tối ưu phụ tải giữa các tổ máy phát. Sự phân bố tối ưu công suất giữa các tổ máy không dựa trên *suất chi phí nhiên liệu* vì đại lượng này không đặc trưng cho sự thay đổi thực tế của phụ tải, mà chính là *suất tăng chi phí nhiên liệu*.
- Để đạt được hiệu quả kinh tế cao nhất thì trước hết cần phải cho các tổ máy có suất tăng chi phí thấp nhất mang tải nhiều hơn.

203

203



1. Bài toán PBCS **KHÔNG** có giới hạn công suất $P_{\max}$, $P_{\min}$ và tổn thất công suất cho các tổ máy, NM nhiệt điện.

204

204



Ví dụ: cho 02 tổ máy phát có đặc tính chi phí như bảng

	Tổ máy 1		Tổ máy 2	
Phụ tải, MW	300	340	100	110
Chi phí nhiên liệu, Tấn/h	165	197,2	50	56

- Với, $\gamma_i = \frac{C(T/h)}{P(MW)}$; $\varepsilon_I = \frac{\gamma_{I2} - \gamma_{I1}}{P_{I1} - P_{I2}}$; $\varepsilon_{II} = \frac{\gamma_{II2} - \gamma_{II1}}{P_{II1} - P_{II2}}$ ta có kết quả:

	Tổ máy 1		Tổ máy 2	
P, MW	300	340	100	110
C, T/h	165,00	197,20	50,00	58,00
γ , kg/kWh	0,55	0,58	0,50	0,53
ε	0,001		0,003	

205

205



- Như vậy, ta cần tăng tải cho máy I vì suất tăng chi phí $\varepsilon_I < \varepsilon_{II}$, mặc dù suất chi phí của máy II nhỏ hơn.
- Mục tiêu của bài toán phân bố tối ưu phụ tải giữa các tổ máy chính là **cực tiểu tổng chi phí** và ta có thể biểu diễn **hàm tổng chi phí có dạng**:

$$C_{\Sigma} = C_1 + C_2 = a_1 \cdot P_1^2 + b_1 \cdot P_1 + c_1 + a_2 \cdot P_2^2 + b_2 \cdot P_2 + c_2 \rightarrow \min$$

- Điều kiện cân bằng công suất sẽ là: $P_1 + P_2 = \sum P_{pt}$

206

206



Hàm ràng buộc là: $W = (P_1 + P_2) - \sum P_{pt} = 0$

- Áp dụng phương pháp Lagrange, ta có: $L = C_\Sigma - \lambda.W$

- Lấy đạo hàm riêng của hàm Lagrange, ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial P_1} = \frac{\partial C}{\partial P_1} - \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial P_2} = \frac{\partial C}{\partial P_2} - \lambda = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \varepsilon_1 - \lambda = 0 \\ \varepsilon_2 - \lambda = 0 \end{cases}$$

- Giải hệ phương trình trên ta có: $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \lambda$

207

207

Như vậy, điều kiện để phân bố tối ưu công suất giữa n tổ máy là:



$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \dots = \varepsilon_n$$

- Nguyên lý cân bằng suất tăng chi phí như sau: Nếu 02 tổ máy làm việc song song với các **suất tăng chi phí sản xuất không bằng nhau** thì khi ta **tăng công suất của tổ máy có suất tăng chi phí nhỏ hơn lên 1 đơn vị, đồng thời sẽ giảm công suất của tổ máy có suất tăng chi phí sản xuất cao xuống 1 đơn vị**, lúc đó chi phí sản xuất điện năng chung sẽ giảm. Quá trình này cứ tiếp tục cho đến khi suất tăng chi phí của hai tổ máy bằng nhau.

208

208



2. Bài toán PBCS CÓ GIỚI HẠN công suất $P_{\max}$, $P_{\min}$ và tổn thất công suất cho các tổ máy, NM nhiệt điện.

209

209

• Bài toán



Có n tổ máy nhiệt điện hoặc nhà máy nhiệt điện với đặc tính chi phí sản xuất giờ của mỗi tổ máy hoặc nhà máy nhiệt điện là T_i , giới hạn công suất là $P_{i\max}$ và $P_{i\min}$.

Biết công suất yêu cầu của phụ tải là:

$$P_{yc} = P_{pt} + \Delta P \quad (4.1)$$

Trong đó: P_{pt} là công suất phụ tải,

ΔP là tổn thất trong lưới điện.

210

210



Giả thiết rằng:

Phụ tải là hằng số trong 1 giờ và tất cả các tổ máy đều tham gia vận hành.

Cần xác định công suất phát của mỗi tổ máy sao cho:

- Tổng chi phí sản xuất trong 1 giờ vận hành của nhà máy điện hoặc hệ thống điện là thấp nhất.

211

211

Mô hình bài toán như sau:

Hàm mục tiêu:

Tổng chi phí sản xuất của hệ thống:

$$\text{Min}C = \sum_{i=1}^n C_i$$

Ràng buộc:

Cân bằng công suất trong hệ thống:

$$W = P_1 + P_2 + \dots + P_n - P_{pt} - \Delta P = 0$$

Công suất giới hạn của mỗi tổ máy:

$$P_{i\min} \leq P_i \leq P_{i\max}$$

212

212





a. Giải bài toán trong trường hợp ΔP là hằng số đối với công suất phát P_i

Thành lập hàm Lagrange:

$$\text{Min} L = C - \lambda W \quad (4.5)$$

Điều kiện tối ưu của hàm này là:

$$\frac{\partial L}{\partial P_1} = \frac{\partial C}{\partial P_1} - \lambda \frac{\partial W}{\partial P_1} = \frac{\partial C_1}{\partial P_1} - \lambda = \varepsilon_1 - \lambda = 0 \quad (4.6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_2} = \frac{\partial C}{\partial P_2} - \lambda \frac{\partial W}{\partial P_2} = \frac{\partial C_2}{\partial P_2} - \lambda = \varepsilon_2 - \lambda = 0$$

.....

213

213

.....

$$\frac{\partial L}{\partial P_n} = \frac{\partial C}{\partial P_n} - \lambda \frac{\partial W}{\partial P_n} = \frac{\partial C_n}{\partial P_n} - \lambda = \varepsilon_n - \lambda = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_n} = -W = -(P_1 + P_2 + \dots + P_n - P_{pt} - \Delta P) = 0$$

$$\varepsilon_i = \frac{\partial C_i}{\partial P_i} \quad \text{là suất tăng chi phí sản xuất của tổ máy } i.$$

λ = là suất tăng chi phí sản xuất của hệ thống.

214

214





Từ đó

Từ (4.6) và (4.7), ta suy ra điều kiện tối ưu:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \dots = \varepsilon_n = \lambda \\ P_1 + P_2 + \dots + P_n - P_{pt} - \Delta P = 0 \end{aligned} \quad (*)$$

Điều kiện (4.8) được gọi là nguyên lý cân bằng suất tăng chi phí sản xuất.

Chi phí sản xuất điện năng của hệ thống điện sẽ nhỏ nhất khi các tổ máy phát công suất sao cho suất tăng chi phí sản xuất của chúng bằng nhau.

215

215



Điều kiện (*) được dùng để giải bài toán phân bố tối ưu công suất phát trong hệ thống điện trong các trường hợp:

1. Phân bố công suất giữa các tổ máy trong cùng một nhà máy.
2. Phân bố công suất giữa các nhà máy không xét ảnh hưởng của phân bố công suất đến tổn thất trong lưới điện (cho hệ thống điện tập trung).

216

216



b. Giải bài toán trong trường hợp ΔP phụ thuộc công suất phát P_i

Điều kiện tối ưu là:

$$\frac{\partial L}{\partial P_1} = \frac{\partial C}{\partial P_1} - \lambda \frac{\partial W}{\partial P_1} = \frac{\partial C_1}{\partial P_1} - \lambda \left(1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_1}\right) = \varepsilon_1 - \lambda = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_2} = \frac{\partial C}{\partial P_2} - \lambda \frac{\partial W}{\partial P_2} = \frac{\partial C_2}{\partial P_2} - \lambda \left(1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_2}\right) = \varepsilon_2 - \lambda = 0$$

.....

217

217



.....

$$\frac{\partial L}{\partial P_n} = \frac{\partial C}{\partial P_n} - \lambda \frac{\partial W}{\partial P_n} = \frac{\partial C_n}{\partial P_n} - \lambda \left(1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_n}\right) = \varepsilon_n - \lambda = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_n} = -W = -(P_1 + P_2 + \dots + P_n - P_{pt} - \Delta P) = 0$$

218

218



Với: $\frac{\partial \Delta P}{\partial P_i} = \sigma_i$ là hệ số biến thiên của tổn thất theo công suất phát

$\varepsilon_i = \frac{\partial C_i}{\partial P_i}$ là suất tăng chi phí sản xuất của tổ máy i

λ = là suất tăng chi phí sản xuất của hệ thống

Suy ra:
$$\frac{\varepsilon_1}{1 - \sigma_1} = \frac{\varepsilon_2}{1 - \sigma_2} = \dots = \frac{\varepsilon_n}{1 - \sigma_n} = \lambda$$

$$P_1 + P_2 + \dots + P_n - P_{pt} - \Delta P = 0$$

219

219



4. Phân bố công suất tối ưu giữa các nhà máy điện:

- Giả sử HTĐ có 02 nhà máy điện 1 và 2 (hình vẽ), phụ tải yêu cầu P_{pt} , điện áp hệ thống U , cần phân bố phụ tải giữa các nhà máy nhằm đảm bảo tổng chi phí là thấp nhất, tức là:

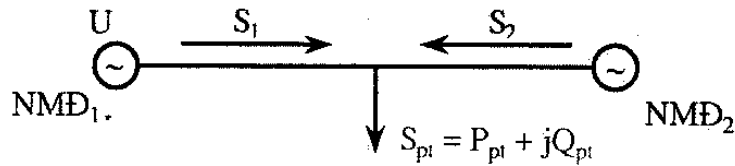
$$C_{\Sigma} = \sum g_i \cdot B_i = g_1 \cdot B_1 + g_2 \cdot B_2 = C_1 + C_2 \rightarrow \min$$

Trong đó: g_i – giá thành nhiên liệu nhà máy i

B_i – chi phí nhiên liệu của nhà máy i

220

220



- Điều kiện ràng buộc là tổng công suất phát bằng tổng phụ tải cộng tổn thất:

$$P_1 + P_2 = P_{pt} + \sum \Delta P \text{ hay } W = P_{pt} + \sum \Delta P - (P_1 + P_2) = 0$$

Trong đó:
$$\Delta P = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} R_1 + \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} R_2$$

221

221

4.1 Trường hợp không xét đến tổn thất:



- Nếu bỏ qua ảnh hưởng của tổn thất thì bài toán phân bố công suất tối ưu giữa các nhà máy được giải hoàn toàn giống như bài toán phân bố công suất tối ưu giữa các tổ máy phát. Tức là để có chi phí nhỏ nhất thì suất tăng chi phí của tất cả các nhà máy phải bằng nhau, $\varepsilon = \text{const}$.
- Trước hết, xác định sự phân bố phụ tải giữa các nhà máy điện bằng cách giải hệ phương trình:

222

222



$$\begin{cases} \varepsilon_1 = \varepsilon_2 \\ P_1 + P_2 = P_{pt} \end{cases}$$

- Sau khi tìm được P_1 và P_2 , ta giả thuyết sự phân bố công suất phản kháng tỷ lệ với sự phân bố công suất tác dụng và giải hệ phương trình:

$$\begin{cases} \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1}{P_2} \\ Q_1 + Q_2 = Q_{pt} \end{cases}$$

223

223

- Xác định hao tổn công suất theo biểu thức:

$$\Delta P_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} R_1 \quad \text{và} \quad \Delta P_2 = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} R_2$$

$$\Delta Q_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} X_1 \quad \Delta Q_2 = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U^2} X_2$$

- Xác định công suất phát thực tế của các máy phát:

$$P_I = P_1 + \Delta P_1 ; \quad Q_I = Q_1 + \Delta Q_1$$

$$P_{II} = P_2 + \Delta P_2 ; \quad Q_{II} = Q_2 + \Delta Q_2$$

- Thay vào biểu thức: $C = a.P^2 + b.P + c$, để xác định chi phí sản xuất điện năng của các nhà máy điện và tổng chi phí Z_Σ

224

224





4.2 Trường hợp có xét đến ảnh hưởng của tổn thất:

Nếu xét đến ảnh hưởng của tổn thất, tức là xem ΔP là thành phần của hàm công suất P , ta có hàm mục tiêu:

$$C_{\Sigma} = C_1 + C_2 = a_1 \cdot P_1^2 + b_1 \cdot P_1 + c_1 + a_2 \cdot P_2^2 + b_2 \cdot P_2 + c_2 \rightarrow \min$$

- Và hàm ràng buộc có dạng: $W = (P_{pt} + \Delta P) - (P_1 + P_2) = 0$

với
$$\Delta P_i = \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U^2} R_i$$

225

225



Ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial P_1} = \frac{\partial C}{\partial P_1} - \lambda \cdot (1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_1}) = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial P_2} = \frac{\partial C}{\partial P_2} - \lambda \cdot (1 - \frac{\partial \Delta P}{\partial P_2}) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \varepsilon_1 - \lambda(1 - \sigma_{P1}) = 0 \\ \varepsilon_2 - \lambda(1 - \sigma_{P2}) = 0 \end{cases}$$

Trong đó: $\sigma_P = \frac{\partial \Delta P}{\partial P}$ - suất tăng tổn thất tác dụng theo công suất

226

226



- Giải hệ phương trình trên ta có:
- Điều kiện phân bố tối ưu công suất giữa các nhà máy:
- + Nếu tính đến sự khác nhau của giá thành nhiên liệu thì:

$$\frac{\varepsilon_i}{1 - \sigma_{pi}} = const$$

- + Nếu coi điện áp hệ thống là không đổi thì σ phụ thuộc tuyến tính với P, tức là:

$$\sigma = \frac{2 \cdot R}{U^2} P$$

227

227



- Giải bài toán phân bố công suất cho các nhà máy điện bằng phương pháp Lagrange hoàn toàn giống bài toán phân bố công suất cho tổ máy phát điện.

228

228



5. Thành phần tối ưu của các tổ máy phát:

- Khi tổng công suất của các máy phát đáp ứng đầy đủ cho phụ tải và tổn hao, ta có thể tìm được tổ hợp tối ưu các máy phát vận hành:

$$\sum P_F = \sum P_{pt} + \Delta P$$

- Giả thuyết công suất của nhà máy biến đổi liên tục và không xét đến công suất dự trữ thì điều kiện cực tiểu chi phí sẽ là:

$$\begin{cases} \frac{\varepsilon_1 + \delta_1}{1 - \sigma_{p1}} = \frac{\varepsilon_2 + \delta_2}{1 - \sigma_{p2}} = \dots = \frac{\varepsilon_n + \delta_n}{1 - \sigma_{pn}} \\ \delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_n \\ \sum_{k=1}^n P_k = \sum P_{pt} + \Delta P_{\Sigma} \end{cases}$$

229

229

- Trong đó: $\delta_k = \frac{\partial Z}{\partial P_{nk}}$ là suất tăng chi phí trên 1 đơn vị công suất định mức tăng thêm khi cho trước phụ tải P_k
- Nếu tổ máy có $\delta > 0$ thì chi phí sẽ tăng khi mở tổ máy đó và kinh tế hơn nếu dừng.



230

230



- Điều kiện tối ưu của các tổ máy phát sẽ là:

$$\begin{cases} \delta_{d \min} > 0 \text{ và } \delta_{vh \max} < 0 \\ \delta_{d \min} \cdot P_{nd} - \delta_{vh \max} \cdot P_{nvh} \geq 0 \end{cases}$$

- Trong đó: P_{nd} là công suất định mức của tổ máy dừng và P_{nvh} là công suất định mức của tổ máy vận hành.

231

231



7 Các biện pháp cải thiện chế độ làm việc kinh tế của HTĐ

1. San bằng đồ thị phụ tải:

Giải pháp thông dụng nhất là lắp đặt công tơ nhiều biểu giá nhằm khuyến khích các hộ tiêu dùng điện sắp xếp lại các qui trình sản xuất và sử dụng điện hợp lý hơn.

2. Cân bằng tải giữa các pha:

Do phụ tải phát triển không ngừng nên khó tránh khỏi tình trạng mất đối xứng giữa các pha, do đó, cần phải đối xứng hoá định kỳ. Biện pháp này giúp làm giảm tổn thất điện năng do dòng thứ tự không trên dây trung tính.

232

232



3. Loại trừ các sự cố trên đường dây:

Trên đường dây truyền tải, loại trừ các yếu tố dẫn đến tổn thất điện năng do rò điện như: vi phạm hành lang bảo vệ đường dây, chất lượng xà, sứ, cột...

4. Nâng cao hệ số $\cos\phi$:

Khi các thiết bị làm việc non tải sẽ dẫn đến hệ số công suất thấp, làm tăng tổn thất trong hệ thống. Một số biện pháp cụ thể như:

- Giảm điện áp ở những động cơ làm việc non tải, đổi tổ đấu dây của động cơ từ tam giác thành đấu sao.

233

233



Hạn chế động cơ chạy non tải.

- Dùng động cơ đồng bộ thay thế động cơ không đồng bộ.
- Lắp đặt thêm thiết bị bù công suất phản kháng.

5. Triển khai chương trình DSM – “Quản lý nhu cầu phụ tải”.

- DSM là tập hợp các giải pháp kỹ thuật – công nghệ, kinh tế - xã hội nhằm sử dụng điện năng một cách hiệu quả và tiết kiệm.
- DSM một mặt giúp khách hàng sử dụng năng lượng hợp lý, hiệu quả, mặt khác giúp cho việc cải thiện đô thị phụ tải của hệ thống qua việc phân bố thời gian sử dụng điện hợp lý của khách hàng.

234

234



Bài tập

BÀI 1:

Nhà máy điện có 2 tổ máy với:

$$C_1 = 0,005P_1^2 + 2P_1 + 500(\text{USD/h})$$

$$C_2 = 0,006P_2^2 + 1,6P_2 + 400(\text{USD/h})$$

$$P_{1\max} = P_{2\max} = 125 \text{ MW}$$

$$P_{1\min} = P_{2\min} = 20 \text{ MW}$$

Hai tổ máy làm việc đồng thời cấp điện cho phụ tải biến thiên từ 40 đến 250 MW.

Phân bố tối ưu công suất cho 2 tổ máy khi $P_{pt} = 50$ và 180 MW, không xét ΔP .

235

235



BÀI 2:

Nhà máy điện có 2 tổ máy với:

$$C_1 = 0,005P_1^2 + 2P_1 + 500(\text{USD/h})$$

$$C_2 = 0,006P_2^2 + 1,6P_2 + 400(\text{USD/h})$$

$$P_{1\max} = P_{2\max} = 125 \text{ MW}$$

$$P_{1\min} = P_{2\min} = 20 \text{ MW}$$

$$\Delta P = 0,02P_1 + 0,05P_2$$

Hai tổ máy làm việc đồng thời cấp điện cho phụ tải biến thiên từ 40 đến 250 MW.

Phân bố tối ưu công suất cho 2 tổ máy khi $P_{pt} = 50$ và 180 MW.

236

236



BÀI 3:

Một nhà máy nhiệt điện có 3 tổ máy với hàm chi phí nhiên liệu như sau:

$$C_1 = 0,004P_1^2 + 5,3P_1 + 500 \text{ ($/h)}$$

$$C_2 = 0,006P_2^2 + 5,5P_2 + 400 \text{ ($/h)}$$

$$C_3 = 0,009P_3^2 + 5,8P_3 + 200 \text{ ($/h)}$$

$$P_1, P_2, P_3 \text{ (MW)}$$

Ba tổ máy cung cấp cho phụ tải $P_{pt} = 800 \text{ MW}$

Bỏ qua tổn thất và giới hạn của các máy phát.

Điều phối tối ưu công suất phát của các tổ máy, giá điện cho 1 MWh điện tại nhà máy (\$/MWh) và tổng chi phí phát điện.

237

237



BÀI 4: Một nhà máy nhiệt điện có 3 tổ máy với hàm chi phí nhiên liệu như sau:

$$C_1 = 0,004P_1^2 + 5,3P_1 + 500 \text{ ($/h)}$$

$$C_2 = 0,006P_2^2 + 5,5P_2 + 400 \text{ ($/h)}$$

$$C_3 = 0,009P_3^2 + 5,8P_3 + 200 \text{ ($/h)}$$

Với

$$200 \text{ MW} \leq P_1 \leq 450 \text{ MW}$$

$$150 \text{ MW} \leq P_2 \leq 350 \text{ MW}$$

$$100 \text{ MW} \leq P_3 \leq 225 \text{ MW}$$

Ba tổ máy cung cấp cho phụ tải $P_{pt} = 975 \text{ MW}$

Bỏ qua tổn thất.

Điều phối tối ưu công suất phát của các tổ máy, giá điện cho 1 MWh điện tại nhà máy (\$/MWh) và tổng chi phí phát điện.

238

238



BÀI 5:

Một nhà máy nhiệt điện có 3 tổ máy với hàm chi phí nhiên liệu như sau:

$$C_1 = 0,008P_1^2 + 7,0P_1 + 200 \text{ ($/h)}$$

$$C_2 = 0,009P_2^2 + 6,3P_2 + 180 \text{ ($/h)}$$

$$C_3 = 0,007P_3^2 + 6,8P_3 + 140 \text{ ($/h)}$$

$$\text{Với } 10 \text{ MW} \leq P_1 \leq 85 \text{ MW}$$

$$10 \text{ MW} \leq P_2 \leq 80 \text{ MW}$$

$$10 \text{ MW} \leq P_3 \leq 70 \text{ MW}$$

$$\Delta P = 0,000218P_1^2 + 0,000228P_2^2 + 0,000179P_3^2$$

$$\text{Ba tổ máy cung cấp cho phụ tải } P_{pt} = 150 \text{ MW}$$

Điều phối tối ưu công suất phát của các tổ máy, giá điện cho 1 MWh điện tại nhà máy (\$/MWh) và tổng chi phí phát điện.

239

239

BÀI 6:

Xét sơ đồ lưới điện như hình 4.3. Cho biết:

Nhà máy điện 1 và 2 có:

$$C_1 = 0,005P_1^2 + 2P_1 + 500 \text{ (USD / h)}$$

$$C_2 = 0,006P_2^2 + 1,6P_2 + 400 \text{ (USD / h)}$$

$$P_{1\max} = P_{2\max} = 125 \text{ MW}$$

$$P_{1\min} = P_{2\min} = 20 \text{ MW}$$

Phụ tải:

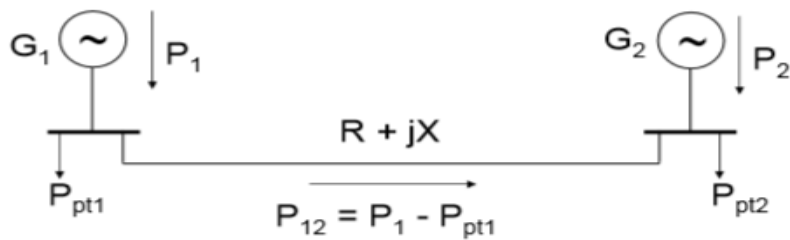
$$P_{pt1} = 10 \text{ MW}; P_{pt2} = 190 \text{ MW};$$

$$R = 20 \Omega; U_{dm} = 220 \text{ kV}; \cos \varphi = 1;$$

240

240





Xác định công suất phát tối ưu của các nhà máy điện 1 và 2.

Gợi ý:
$$\Delta P = \frac{R \times P_{12}^2}{U_{dm}^2}$$

241

241

BÀI 7:

Các số liệu thống kê về chi phí của một nhà máy điện cho trong bảng sau:

P (MW)	20	30	40	60	80	100
$Z \cdot 10^3$ (đ/h)	8530	12760	17020	26600	40920	55200

Xác định hàm chi phí của nhà máy, biết hàm có dạng:

$$C = a.P^2 + b.P + c$$

242

242





8. Phân bố tối ưu công suất phát trong hệ thống hỗn hợp nhiệt điện - thủy điện

Công suất phát của thủy điện phụ thuộc vào lưu lượng nước qua tuabin, Q và độ cao của cột nước, H :

$$P = 9,81 \times Q \times H \times \eta \text{ (kW)} \quad (4.18)$$

Với:

Q = là lưu lượng nước tính bằng m^3/s

H = là chiều cao cột nước tính bằng m

η = là hiệu suất, thông thường vào khoảng 70 – 90%

$$\text{Nếu } Q \text{ (m}^3/\text{h) thì } P = 2,725 \cdot 10^{-6} \times Q \times H \times \eta \text{ (MW)} \quad (4.19)$$

243

243

Hiệu suất thủy điện phụ thuộc công suất phát, hiệu suất cao nhất khi thủy điện phát từ 85% - 90% công suất định mức.



Các tuabin thủy điện có thể làm việc với cột nước từ 65% - 125% cột nước định mức.

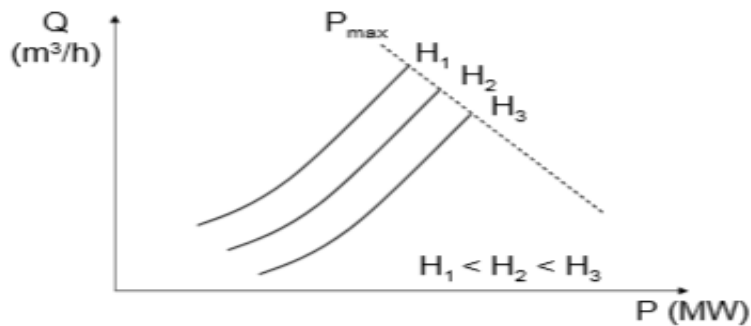
Đặc điểm quan trọng của thủy điện là bị hạn chế về năng lượng sơ cấp, đó là nước.

244

244



Thủy điện có các đặc tính tiêu hao nước như hình 4.4.



Hình 4.4

245

245

Đặc tính tiêu hao nước:

$$Q = f(P_\alpha) \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (4.20)$$

Với: α = là chỉ số của tổ máy thủy điện.



Đặc tính tiêu hao nước phụ thuộc vào cột nước của hồ chứa. Lấy đạo hàm Q_α theo công suất P , ta được suất tăng tiêu hao nước của thủy điện:

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\partial Q_\alpha}{\partial P_\alpha} \quad (4.21)$$

246

246



Trong các bài toán lớn, người ta lập đặc tính chi phí nước chung cho một nhà máy thủy điện:

Cho từng lưu lượng nước, tính công suất phát được tối ưu cho toàn nhà máy.

247

247



Có thể thể hiện đặc tính tiêu hao nước của thủy điện bằng hàm bậc 2 sau:

$$Q_{\alpha} = \alpha P^2 + \beta P + \gamma \quad (4.22)$$

Với các hệ số α , β và γ = phụ thuộc vào tình trạng hồ chứa ở đầu giờ tính công suất

248

248



Bài toán được đặt ra là lượng nước hạn chế của thủy điện được sử dụng vào giờ nào với công suất bao nhiêu trong ngày – đêm để chi phí sản xuất điện năng của toàn hệ thống điện nhỏ nhất ?

249

249



Hiển nhiên là bài toán phân bố công suất thủy - nhiệt điện phải được giải cho 24 giờ của ngày – đêm chứ không phải cho từng giờ như hệ thống toàn nhiệt điện.

Chi phí sản xuất ở đây chỉ bao gồm chi phí nhiên liệu của nhiệt điện, vì chi phí nhiên liệu của thủy điện coi như bằng 0.

250

250



*** Hàm mục tiêu của bài toán là:**

$$\text{Min } C = C_1 + C_2 + \dots + C_t + \dots + C_{24} \quad (4.23)$$

Trong đó: C_t = là chi phí nhiên liệu của các nhiệt điện trong giờ t .

$$C_t = C_{at} + C_{bt} + \dots \quad (4.24)$$

Trong đó: a, b là chỉ số của các tổ máy nhiệt điện, có N_{nd} tổ máy nhiệt điện.

251

251



*** Ràng buộc:**

Có 2 điều kiện ràng buộc:

- Cân bằng công suất từng giờ trong hệ thống.
- Cân bằng nước cho từng thủy điện.

252

252



* Cân bằng công suất cho giờ t:

$$W_t = P_{at} + P_{bt} + \dots + P_{\alpha t} + P_{\beta t} + \dots - P_{pt} - \Delta P_t = 0 \quad (4.25)$$

Trong đó:

α, β : là chỉ số của thủy điện, có N_{td} thủy điện

253

253



* Cân bằng nước cho từng thủy điện:

$$W_\alpha = \sum_{t=1}^{24} Q_{\alpha t} - Q_{\alpha \Sigma} = 0 \quad (4.26)$$

$$W_\beta = \sum_{t=1}^{24} Q_{\beta t} - Q_{\beta \Sigma} = 0 \quad (4.27)$$

$Q_{\alpha t}, Q_{\beta t} \dots$: là lượng nước sử dụng để phát điện trong giờ t

$Q_{\alpha \Sigma}, Q_{\beta \Sigma} \dots$: là lượng nước được phát trong ngày-đêm của thủy điện $\alpha, \beta, \dots$

254

254



*** Điều kiện phân bố tối ưu công suất:**

Hàm Lagrange của bài toán:

$$\begin{aligned} \text{Min} L = C = C_1 + C_2 + \dots + C_t + \dots + C_{24} + \\ - \lambda_1 W_1 - \lambda_2 W_2 - \dots + \\ + \lambda_\alpha W_\alpha + \lambda_\beta W_\beta + \dots \end{aligned} \quad (4.28)$$

255

255



Điều kiện tối ưu là:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial P_{a1}} = \varepsilon_{a1} - \lambda_1 \left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{a1}} \right) = 0 \\ \dots \dots \dots \\ \frac{\partial L}{\partial P_{a24}} = \varepsilon_{a24} - \lambda_{24} \left(1 - \frac{\partial \Delta P_{24}}{\partial P_{a24}} \right) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (4.29)$$

256

256



Điều kiện tối ưu là:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial P_{\alpha 1}} &= \lambda_{\alpha} \varepsilon_{\alpha 1} - \lambda_1 \left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{\alpha 1}} \right) = 0 \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{\partial L}{\partial P_{\alpha 24}} &= \lambda_{\alpha} \varepsilon_{\alpha 24} - \lambda_{24} \left(1 - \frac{\partial \Delta P_{24}}{\partial P_{\alpha 24}} \right) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (4.30)$$

257

257

Với mỗi nhiệt điện có 24 phương trình dạng (4.29) và với mỗi thủy điện có 24 phương trình dạng (4.30).



Từ (4.29), suy ra $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ như sau:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{\varepsilon_{a1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{a1}} \right)} = \frac{\varepsilon_{b1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{b1}} \right)} = \dots\dots\dots \\ \lambda_2 &= \frac{\varepsilon_{a2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial P_{a2}} \right)} = \frac{\varepsilon_{b2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial P_{b2}} \right)} = \dots\dots\dots \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \quad (4.31)$$

258

258



Từ (4.30), suy ra $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ như sau:

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_\alpha \varepsilon_{\alpha 1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{\alpha 1}}\right)} = \frac{\lambda_\beta \varepsilon_{\beta 1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{\beta 1}}\right)} = \dots \quad (4.32)$$

$$\lambda_2 = \frac{\lambda_\alpha \varepsilon_{\alpha 2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial P_{\alpha 2}}\right)} = \frac{\lambda_\beta \varepsilon_{\beta 2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial P_{\beta 2}}\right)} = \dots$$

.....

259

259



Từ (4.31) và (4.32), suy ra điều kiện tối ưu chung cho mỗi giờ như sau:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{\varepsilon_{a1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial \Delta P_{a1}}\right)} = \frac{\varepsilon_{b1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial \Delta P_{b1}}\right)} = \dots \\ &= \frac{\lambda_\alpha \varepsilon_{\alpha 1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial \Delta P_{\alpha 1}}\right)} = \frac{\lambda_\beta \varepsilon_{\beta 1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial \Delta P_{\beta 1}}\right)} = \dots \\ \lambda_2 &= \frac{\varepsilon_{a2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial \Delta P_{a2}}\right)} = \frac{\varepsilon_{b2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial \Delta P_{b2}}\right)} = \dots \\ &= \frac{\lambda_\alpha \varepsilon_{\alpha 2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial \Delta P_{\alpha 2}}\right)} = \frac{\lambda_\beta \varepsilon_{\beta 2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial \Delta P_{\beta 2}}\right)} = \dots \end{aligned} \quad (4.33)$$

260

260



Điều kiện (4.33) bao gồm $24(N-1)$ phương trình, $N = N_{nd} + N_{td}$ là tổng số các tổ máy (hay nhà máy) trong hệ thống điện.

Ngoài ra, còn $24N$ phương trình cân bằng công suất và N_{td} phương trình cân bằng nước của thủy điện.

261

261



Ta có, tổng số $24N + N_{td}$ phương trình. Số ẩn số là $24N$ công suất các tổ máy trong từng giờ vận hành và N_{td} hệ số không xác định $\lambda_\alpha, \lambda_\beta, \dots$

Với:

λ_t là suất tăng chi phí của hệ thống

262

262



Các hệ số không xác định $\lambda_\alpha, \lambda_\beta, \dots$ có ý nghĩa như sau:

Trong (4.33) nếu không xét đến biến thiên của ΔP theo công suất phát của các tổ máy và giả thiết rằng chỉ có một nhiệt điện a và một thủy điện α , ta có điều kiện phân bố công suất tối ưu cho mỗi giờ vận hành:

$$\varepsilon_a = \lambda_\alpha \varepsilon_\alpha \quad (4.34)$$

263

263



Từ đây, suy ra:

$$\lambda_\alpha = \frac{\varepsilon_a}{\varepsilon_\alpha} = \frac{\partial T_a / \partial P_a}{\partial Q_\alpha / \partial P_\alpha} = \frac{\partial T_a}{\partial Q_\alpha} = \frac{\Delta T}{\Delta Q} \quad (4.35)$$

Vì $\partial P_a = \partial P_\alpha$ để đảm bảo cân bằng công suất

264

264