Giáo trình

Vận hành hệ thống điện

Chương 1

CÁC PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO PHỤ TẢI ĐIỆN NĂNG

1.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Dự báo phụ tải điện năng là một vấn đề quan trọng trong công tác thiết kế qui hoạch hệ thống điện. Mục đích của dự báo điện năng trong tương lai dựa vào các quan sát trong quá khứ, phục vụ cho công tác qui hoach nguồn lưới trong hệ thống điện, phục vụ cho công tác điều độ hệ thống (có kế hoạch chuẩn bị sẵn sàng đáp ứng phụ tải)

Dự báo là một khoa học còn non trẻ, trong đó nhiều vấn đề chưa hình thành trọn vẹn. Đối tượng nghiên cứu của khoa học này là các phương pháp dự báo và phạm vi ứng dụng là các hiện tượng xã hội, kinh tế, kỹ thuật, v . v . . . Dự báo là một khoa học quan trọng, nhằm mục đích nghiên cứu những phương pháp luận khoa học, làm cơ sở cho việc đề xuất các dự báo cụ thể cũng như việc đánh giá mức độ tin cậy, mức độ chính xác của các phương pháp dự báo - nếu dự báo sai lệch quá nhiều về khả năng cung cấp và nhu cầu năng lượng sẽ dẫn đến hậu quả không tốt cho nền kinh tế. Nếu dự báo quá thừa về nguồn sẽ phải huy động nguồn quá lớn làm tăng vốn đầu tư dẫn đến lãng phí vốn đầu tư và không khai thác hết công suất thiết bị, ngược lại nếu dự báo thiếu công suất nguồn sẽ dẫn đến cung cấp điện không đủ cho nhu cầu của phụ tải, giảm độ tin cậy cung cấp điện gây thiệt hại cho nền kinh tế quốc dân.

**** Phân loại dự báo :***

Theo thời gian dự báo (tầm dự báo) ta phân ra các loại dự báo sau :

- Dự báo ngắn hạn (tầm ngắn): Thời gian từ 1 đến 2 năm
- Dự báo hạng vừa (tầm trung): Thời gian từ 3 đến 10 năm
- Dự báo dài hạn (tầm xa): Thời gian từ 15 đến 20 năm, có tính chất chiến lược

Ngoài ra còn có dự báo điều độ với thời gian dự báo theo giờ trong ngày, tuần, . . . để phục vụ cho côntg tác điều độ hệ thống.

Sai số cho phép đối với từng loại dự báo như sau:

- Dự báo tầm ngắn và tầm trung: Từ (5 - 10)%,
- Đối với dự báo dài hạn 5 - 15% (thậm chí đến 20%),
- Còn dự báo điều độ thì cho phép (3 - 5)%.

1.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO

1.2.1. Phương pháp tính hệ số vượt trước

Phương pháp này cho biết khuynh hướng phát triển của nhu cầu tiêu thụ điện năng so với nhịp độ phát triển của nền kinh tế quốc dân.

Ví dụ : Trong khoảng thời gian 5 năm từ năm 1995 đến năm 2000, sản lượng công nghiệp của Thành phố Đà Nẵng tăng từ 100 lên 150%, còn sản lượng điện năng tiêu thụ cũng trong khoảng thời gian đó tăng 170%.

Như vậy hệ số vượt trước là:

$$k = \frac{170}{150} \approx 1{,}13$$

Dựa vào hệ số k ta xác định được điện năng tiêu thụ ở năm dự báo. Phương pháp này có nhiều sai số do những nguyên nhân sau :

- Suất tiêu hao điện năng ngày càng giảm (đối với một sảnm phẩm) do công nghệ ngày càng cao và quản lý ngày càng tốt hơn.
- Điện năng ngày càng sử dụng trong nhiều ngành kinh tế và nhiều địa phương.
- Cơ cấu kinh tế thường xuyên thay đổi

1.2.2. Phương pháp tính trực tiếp :

Nội dung của phương pháp là xác định điện năng tiêu thụ của năm dự báo dựa trên tổng sản lượng kinh tế của các ngành ở năm dự báo và suất tiêu hao điện năng đối với từng loại sản phẩm, mức tiêu hao của từng hộ gia đình . . .Phương pháp này được áp dụng ở các nước có nền kinh tế phát triển ổn định, có kế hoạch, không có khủng hoảng.

Ưu điểm của phương pháp là: tính toán đơn giản, cho ta biết được tỉ lệ sử dụng điện năng trong các ngành kinh tế như công nghiệp, nông nghiệp, dân dụng, v . v. . . và xác định được nhu cầu điện năng ở từng địa phương (sử dụng thuận tiện trong qui hoạch).

Nhược điểm : Mức độ chính xác phụ thuộc nhiều vào việc thu thập số liệu của các ngành, địa phương dự báo.

Phương pháp này dùng để dự báo tầm ngắn và tầm trung.

1.2.3. Phương pháp ngoại suy theo thời gian :

Nội dung của phương pháp là tìm quy luật phát triển của điện năng theo thời gian dựa vào số liệu thống kế trong một thời gian quá khứ tương đối ổn định, rồi kéo dài quy luật đó ra để dự báo cho tương lai.

Ví dụ : Mô hình có dạng hàm mũ như sau:

$$A_t = A_0 (1 + \alpha)^t \qquad (1\text{-}1)$$

Trong đó:
- α : tốc độ phát triển bình quân hàng năm
- t : thời gian dự báo
- A_0 : điện năng ở năm chọn làm gốc
- A_t: điện năng dự báo ở năm thứ t.

$$\frac{A_{t+1}}{A_t} = \frac{A_0 (1+\alpha)^{t+1}}{A_0 (1+\alpha)^t} = 1 + \alpha = const = C$$

Như vậy hàm mũ có ưu điểm là đơn giản, phản ánh chỉ số phát triển hàng năm không đổi. Có thể xác định hằng số C bằng cách lấy giá trị trung bình nhân chỉ số phát triển của nhiều năm.

$$C = \sqrt{C_1 C_2 \ldots\ldots C_n} \qquad (1\text{-}2)$$

(C_i : hệ số phát triển năm i ; n : số năm quan sát)

Tổng quát mô hình dự báo có dạng :

$$A_t = A_0C^t \qquad (1\text{-}3)$$

Lấy lôgarit 2 vế (1-3) ta được:

$$lgA_t = lgA_0 + t.\ lgC$$

Đặt $y = lgA_t$; $a = lgA_0$; $b = lgC$ thì (1-3) có thể viết:

$$y = a + bt \qquad (1\text{-}4)$$

Các hệ số a,b được xác định bằng phương pháp bình phương cực tiểu.

Ưu điểm của phương pháp ngoại suy hàm mũ là đơn giãn và có thể áp dụng để dự báo điện năng tầm ngắn và tầm xa.

Khuyết điểm : kết quả chỉ chính xác nếu tương lai không nhiễu và quá khứ phải tuân theo một quy luật (thường đối với hệ thống không ổn định, thiếu nguồn thông tin quá khứ có số liệu không thật sẽ dẫn đến qui luật sai).

1.2.4. Phương pháp tương quan :

Nghiên cứu mối tương quan giữa các thành phần kinh tế với điện năng nhằm phát hiện những quan hệ về mặt định lượng từ đó xây dựng mô hình biểu diễn sự tương quan giữa điện năng với sản lượng các thành phần kinh tế như: sản lượng công nghiệp, sản lượng kinh tế quốc dân..v..v...Khi xác định được giá trị sản lượng các thành phần kinh tế (bằng các phương pháp khác) ở năm dự báo, dựa vào mối quan hệ trên để dự báo phụ tải điện năng.

Nhược điểm của phương pháp là ta phải thành lập các mô hình dự báo phụ, ví dụ sản lượng công nghiệp, sản lượng kinh tế quốc dân theo thời gian để dự báo sản lượng công nghiệp, kinh tế quốc dân ở năm t dự báo.

1.2.5. Phương pháp so sánh đối chiếu :

So sánh đối chiếu nhu cầu phát triển điện năng của các nước có hoàn cảnh tương tự. Đây là phương pháp được nhiều nước áp dụng để dự báo nhu cầu năng lượng một cách có hiệu quả. Phương pháp thường được áp dụng cho dự báo ngắn hạn và trung hạn.

1.2.6. Phương pháp chuyên gia :

Dựa trên cơ sở hiểu biết sâu sắc của các chuyên gia giỏi ở các lĩnh vực của các ngành để dự báo các chỉ tiêu kinh tế. Cũng có khi dùng phương pháp này để dự báo triển vọng, thường người ta lấy trung bình có tỉ trọng ý kiến của các chuyên gia phát biểu.

1.3. ĐÁNH GIÁ TƯƠNG QUAN GIỮA CÁC ĐẠI LƯỢNG TRONG MÔ HÌNH DỰ BÁO

Mô hình dự báo biểu diễn mối tương quan giữa điện năng y (là đối tượng ngẫu nhiên) với một biến ngẫu nhiên x khác (như giá trị sản lượng công nghiệp, sản lượng kinh tế quốc dân . . .) là một mô hình mà sự thay đổi của y phụ thuộc vào sự thay đổi của đại lượng x.

Ngoài việc xác định một cách gần đúng (theo phương pháp bình phương cực tiểu) các hệ số của phương trình hồi qui, cần xác định một đại lượng đặc trưng phụ nữa là hệ số tương quan r, nói lên sự phụ thuộc tuyến tính giữa các biến ngẫu nhiên y và x.

Hệ số tương quan tuyến tính được xác định như sau:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^{'} y_i^{'}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i^{'}\right)^2 . \sum_{i=1}^{n}\left(y_i^{'}\right)^2}} \qquad (1\text{-}5)$$

trong đó :

$$\left.\begin{aligned}
& x_i^{'} = x_i - \overline{x} \\
& y_i^{'} = y_i - \overline{y} \\
& \sum_{i=1}^{n} x_i^{'} y_i^{'} = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i - n\overline{x}\,\overline{y} \\
& \sum_{i=1}^{n}\left(x_i^{'}\right)^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n\overline{x}^2 \\
& \sum_{i=1}^{n}\left(y_i^{'}\right)^2 = \sum_{i=1}^{n} y_i^2 - n\overline{y}^2 \\
& \overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \,;\, \overline{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i
\end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}6)$$

$$\left(\begin{aligned}
& \sum x_i^{'} y_i^{'} = \sum x_i y_i - \overline{x}\sum y_i - \overline{y}\sum x_i + \sum \overline{xy} \\
& = \sum x_i y_i - \overline{x}n\overline{y} - \overline{y}n\overline{x} + n\overline{xy} \\
& = \sum x_i y_i - n\overline{x}\,\overline{y}
\end{aligned}\right)$$

Với $\overline{x}, \overline{y}$: giá trị trung bình

n : số quan sát

$-1 \le r \le +1$

Đại lượng r càng lớn thì mối liên hệ tuyến tính giữa các biến ngẫu nhiên càng chặt, hệ số tương quan có thể xem như một chỉ tiêu của hàm lựa chọn.

Để xem hệ số tương quan r tồn tại ở mức độ như thế nào, sau khi tính được giá trị r ta tiếp tục phân tích thống kê theo biểu thức :

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \qquad (1\text{-}7)$$

Đại lượng t là một đại lượng ngẫu nhiên có phân phối Student, so sánh giá trị t tìm được với bảng phân bố Student. Giả thiết với độ tin cậy là 0,95 nếu $t > t_{0,05}$ thì chứng tỏ các biến ngẫu nhiên y và x tương quan tuyến tính với nhau.

Ví dụ: Đánh giá tương quan giữa điện năng tiêu thụ với giá trị sản lượng công nghiệp ghi trong bảng sau:

Số thứ tự	Điện năng tiêu thụ (KW)	Giá trị sản lượng công nghiệp (10^3 đồng)
01	2,8	6,7
02	2,8	6,9
03	3,0	7,2
04	2,9	7,3
05	3,4	8,4
06	3,9	8,8
07	4,0	9,1
08	4,8	9,8
09	4,9	10,6
10	5,2	10,7
11	5,4	11,1
12	5,5	11,8
13	6,2	12,1
14	7,0	12,4

Gọi y là điện năng tiêu thụ và x là giá trị sản lượng công nghiệp. Giả thiết y và x có mối quan hệ tuyến tính bậc nhất theo dạng:

y = Ax + B

Trong đó A và B là các hệ số xác định theo phương pháp bình phương cực tiểu.

Phương trình hồi qui có dạng:

y = 3,1003 + 1,4481x

Xác định hệ số tuơng quan r:

$$\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} = \frac{132,9}{14} = 9,4928$$

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = \frac{61,8}{14} = 4,4143$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i^{'} y_i^{'} = \sum_{i=1}^{n} x_i\, y_i - n\overline{x}\overline{y} = 622,81 - 14x4,4143x9,4928 = 34,7516$$

$$\sum_{i=1}^{n} (x_i^{'})^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n\overline{x}^2 = 296,8 - 14x4,4143^2 = 23,9973$$

$$\sum_{i=1}^{n} (y_i^{'})^2 = \sum_{i=1}^{n} y_i^2 - n\overline{y}^2 = 1313,95 - 14x9,4928^2 = 52,35$$

Từ các giá trị trên ta tính được hệ số tương quan là:

$$r = \frac{34{,}7516}{\sqrt{23{,}9973 x 52{,}35}} = 0{,}98$$

Ta nhận thấy giá trị r gần bằng 1 cho thấy mức độ tương quan giữa y và x là tương quan rất chặt. Theo (1-7) ta tính được:

$$t = \frac{0{,}98\sqrt{14-2}}{\sqrt{1-0{,}98^2}} = 17{,}05$$

Giả thiết với độ tin cậy là 0,95 tra bảng phân phối Student ta được: $t_{0,05}$=2,179. Như vậy: t = 17,05 > $t_{0,05}$ = 2,179, chứng tỏ rằng y và x tương quan tuyến tính với nhau.

1.4. PHƯƠNG PHÁP BÌNH PHƯƠNG CỰC TIỂU

1.4.1 Khái niệm:

Xét trường hợp đơn giản nhất gồm hai biến ngẫu nhiên có liên hệ nhau bằng một hàm dạng tuyến tính:

$$y = \alpha + \beta x \qquad (1\text{-}8)$$

Trong đó α, β là những hệ số không thay đổi, x là biến độc lập, y là biến phụ thuộc. Nếu xét đến ảnh hưởng của các hiện tượng ngẫu nhiên thì (1-8) có thể viết một cách tổng quát như sau:

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon \qquad (1\text{-}9)$$

Với nhiễu ε có các giả thiết sau:

- ε : biễn ngẫu nhiên
- Kỳ vọng toán E(ε) = 0
- Phương sai của ε = const
- Các giá trị ε không phụ thuộc nhau.

Dựa vào kết quả thống kê chúng ta thu được một dãy các giá trị xi, tương ứng sẽ có một dãy các giá trị yi. Vấn đề là xác định các thông số α, β. Nhưng giá trị thực của chúng không thể biết được vì chúng ta chỉ dựa vào một lượng thông tin hạn chế, mà chỉ nhận được các giá trị tính toán a, b. Do đó phương trình hồi qui có dạng:

$$\hat{y} = a + bx \qquad (1-10)$$

Cần phải tìm các hệ số a, b như thế nào để đường hồi quy gần đúng với đường thực tế nhất, nghĩa là sao cho tổng bình phương các độ lệch giữa giá trị tính toán theo phương trình hồi qui với giá trị thực tế tương ứng là nhỏ nhất nghĩa là đạt được mục tiêu:

$$\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \hat{y}_i\right)^2 \rightarrow \min \qquad (1\text{-}11)$$

Đây chính là tinh thần của phương pháp bình phương cực tiểu. Phương pháp này được ứng dụng phổ biến vì tính chất đơn giản và có cơ sở vững chắc về mặt xác suất, theo phương pháp trên các hệ số a, b nhận được có tính chất sau đây :

a. Các đánh giá của các thông số không lệch, nghĩa là :

$E(a) = \alpha$

$E(b) = \beta$

(nghĩa là sai số không nghiêng về một phía - các thông số lựa chọn tập trung xung quanh giá trị thực mà ta chưa biết)

b. Các giá trị quan sát được là xác đáng, nghĩa là phương sai các giá trị ấy tiến tới 0 khi tăng số quan sát n lên :

$$\lim_{n\to\infty}\sigma_a^2 = 0; \qquad \lim_{n\to\infty}\sigma_b^2 = 0$$

c. Các giá trị quan sát được là hiệu quả nghĩa là có phương sai nhỏ nhất.

1.4.2. Các biểu thức toán học để xác định các mô hình dự báo:

Giả thiết rằng có hàm số liên tục y = φ (x, a, b, c...). Xác định các hệ số a, b, c...

$$\sum_{i=1}^{n}\left[y_i - \varphi(x_i, a, b, c...)\right]^2 \Rightarrow \min \qquad (1-12)$$

sao cho thỏa mản điều kiện:

Muốn vậy chúng ta lần lượt lấy đạo hàm (1-12) theo a, b, c.... và cho triệt tiêu, chúng ta sẽ được một hệ phương trình:

Giải hệ phương trình (1-13) chúng ta sẽ xác định dược các hệ số a, b, c....Sau đây xét một số phương trình thường gặp.

$$\left.\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{n}\left[y_i - \varphi(x_i, a, b, c...)\right]^2 \dfrac{\partial\varphi}{\partial a} = 0 \\ \sum_{i=1}^{n}\left[y_i - \varphi(x_i, a, b, c...)\right]^2 \dfrac{\partial\varphi}{\partial b} = 0 \\ \sum_{i=1}^{n}\left[y_i - \varphi(x_i, a, b, c...)\right]^2 \dfrac{\partial\varphi}{\partial c} = 0 \end{array}\right\} \qquad (1-13)$$

1. Dạng phương trình:

Phương trình hồi qui : $\hat{y} = a + bx$ (1-14)

Ta có một dãy quan sát x_i ($i = \overline{i,n}$) tương ứng là dãy y_i ($i = \overline{i,n}$)

Cần tìm các hệ số a, b sao cho

$$\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \hat{y}_i\right)^2 \rightarrow \min$$

$$F(a,b) = \sum_{i=1}^{n}\left[y_i - (a + bx_i)\right]^2 \rightarrow \min$$

Theo (1-13) ta có:

$$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial a} &= 0 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^{n}\left[y_i - (a + bx_i)\right] = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial b} &= 0 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^{n}\left[y_i - (a + bx_i)\right]x_i = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}15)$$

Hoặc có thể viết:

$$\left.\begin{aligned} b\sum_{i=1}^{n} x_i + na &= \sum_{i=1}^{n} y_i \\ b\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + a\sum_{i=1}^{n} x_i &= \sum_{i=1}^{n} x_i y_i \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}16)$$

Giải ra ta tìm được a, b

Như vậy dựa vào n quan sát ta tìm được hàm hồi qui, nghĩa là ta tìm được a, b xác đáng, không chênh lệch và hiệu quả.

Chia phương trình thứ nhất của (1-16) cho số quan sát n ta có :

$$a + b\,\overline{x} = \overline{y} \qquad (1\text{-}17)$$

Như vậy phương trình hồi qui cho đường thẳng đi qua điểm có toạ độ ($\overline{x}, \overline{y}$).

Đặt

$$x_i^{'} = x_i - \overline{x}$$

$$y_i^{'} = y_i - \overline{y}$$

(gốc toạ độ chuyển đến điểm ($\overline{x}, \overline{y}$))

Khi đó $\sum_{i=1}^{n} x_i^{'} = 0$; $\sum_{i=1}^{n} y_i^{'} = 0$

Ta sẽ xác định được:

$$\left.\begin{aligned} b &= \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^{'} y_i^{'}}{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i^{'2}\right)} \\ a &= \overline{y} - b\overline{x} \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}18)$$

Trong đó : $\sum x_i^{'} y_i^{'}$ và $\sum \left(x_i^{'}\right)^2$ xác định theo (1-6) .

Ví dụ : Xây dựng mô hình dự báo dạng y = a + bx, biết dãy số liệu quan sát sau đây

Năm	Số thứ tự (năm)	Điện năng tiêu thụ [MWh]
1990	1	12,20
1991	2	13,15
1992	3	14,60
1993	4	16,10
1994	5	17,20
1995	6	18,50

1996	7	19,40
1997	8	20,60
1998	9	21,75
1999	10	23,50

Theo (1-16) chúng ta phải lần lượt xác định các đại lượng sau:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i; \qquad \sum_{i=1}^{n} y_i; \qquad \sum_{i=1}^{n} x_i^2; \qquad \sum_{i=1}^{n} x_i y_i$$

Các kết quả tính toán ghi trong bảng sau:

Số thứ tự năm t_i	**Điện năng tiêu thụ y_i**	t_i^2	**$t_i y_i$**
1	12,2	1	12,2
2	13,15	4	26,30
3	14.60	9	43,80
4	16,10	16	64,40
5	17,2	25	86,0
6	18,50	36	111,0
7	19,40	49	135,8
8	20,60	64	164,8
9	21,75	81	195,75
10	23,50	100	235,00
55	**177**	**385**	**1075**

Từ đó ta có hệ phương trình sau:

$$\left.\begin{aligned} b\sum_{i=1}^{n} t_i + na &= \sum_{i=1}^{n} y_i \\ b\sum_{i=1}^{n} t_i^2 + a\sum_{i=1}^{n} t_i &= \sum_{i=1}^{n} t_i y_i \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases} 55b + 10a = 177 \\ 385b + 55a = 1075 \end{cases}$$

Giải hệ phương trình trên ta tìm được: a = 10,93; b = 1,231

Phương trình hồi qui có dạng :

$$\hat{y} = 10{,}93 + 1{,}231t$$

Hoặc có thể xác định các hệ số a, b theo (1-18) như sau:

$$\bar{y} = \frac{1}{n}\sum y_i = 17{,}70$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n}\sum t_i = 5{,}50$$

$$t_i^{'} = t_i - \bar{x}$$

$$y_i^{'} = y_i - \bar{y}$$

Cần xác định $\sum t_i^{'} y_i^{'}$; $\sum \left(t_i^{'}\right)^2$;

Các kết quả tính toán ghi trong bảng sau:

t_i	y_i	t'_i	y'_i	$t'_i\, y'_i$	t'^2_i
1	12,2	-4,5	-5,50	24,75	20,25
2	13,15	-3,5	-4,55	15,93	12,25
3	14,60	-2,5	-3,10	7,75	6,25
4	16,10	-1,5	-1,60	2,40	2,25
5	17,2	-0,5	-0,50	0,25	0,25
6	18,50	0,5	0,80	0,40	0,25
7	19,40	1,5	1,70	2,55	2,25
8	20,60	2,5	2,90	7,25	6,25
9	21,75	3,5	4,05	14,17	12,25
10	23,50	4,5	5,80	26,10	20,25
				101,55	**82,5**

Ta tìm được :

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{10} t_i^{'} y_i^{'}}{\sum_{i=1}^{10} \left(t_i^{'}\right)^2} = \frac{101,55}{82,5} = 1,231$$

$$a = \overline{y} - b\overline{t} = 17,70 - 1,231 \,.\, 5,50 = 10,93$$

Phương trình hồi qui : $\hat{y} = 10,93 + 1,231t$

Hệ số tương quan :

$$r = \frac{\sum x_i^{'} y_i^{'}}{\sqrt{\sum \left(x_i^2\right) \sum \left(y_i^{'}\right)^2}} = \frac{101,55}{\sqrt{82,5.125,35}} = 0,9985$$

Hệ ssố tương quan r gần bằng 1 cho thấy y và t tương quan chặt.

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{r\sqrt{10-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{\sqrt{8}r}{\sqrt{1-r^2}} = 145,894$$

Với độ tin cậy 0,95 tra bảng phân phối Student ta được $t_{0,05}$ = 1,86, ta nhận thấy rằng $t > t_{0,05}$, như vậy giữa y và t tương quan tuyến tính với nhau.

2. Dạng phương trình :

$$\hat{y} = ax^2 + bx + c \qquad (1\text{-}19)$$

Cũng dựa vào dãy quan sát trong quá khứ để xác định các hệ số a, b, c sao cho đạt được hàm mục tiêu:

$$\sum_{i=1}^{n} \left(y_i - \hat{y}_i\right)^2 \rightarrow \min$$

$$\Leftrightarrow F = \sum \left[y_i - \left(ax_i^2 + bx_i + c\right)\right]^2 \rightarrow \min$$

Theo (1-13) ta có:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial a} = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^{n}\left[y_i - \left(ax_i^2 + bx_i + c\right)\right]\!.x_i^2 = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial b} = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^{n}\left[y_i - \left(ax_i^2 + bx_i + c\right)\right]\!.x_i = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial c} = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^{n}\left[y_i - \left(ax_i^2 + bx_i + c\right)\right] = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}20)$$

Hoặc là :

$$\left.\begin{aligned} a\sum_{i=1}^{n} x_i^4 + b\sum_{i=1}^{n} x_i^3 + c\sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i^2 y_i \\ a\sum_{i=1}^{n} x_i^3 + b\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + c\sum_{i=1}^{n} x_i = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i \\ a\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + b\sum_{i=1}^{n} x + c = \sum_{i=1}^{n} y_i \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}21)$$

Giải hệ (1-21) ta được a, b, c

Ví dụ :

Xây dựng mô hình dạng $y = ax^2 + bx + c$ biết dãy số liệu quan sát sau đây:

Năm	**Số thứ tự năm t**	**Điện năng quan sát [MWh]**
1990	0	57,10
1991	1	46,47
1992	2	43,57
1993	3	41,47
1994	4	46,93
1995	5	60,18

Tính toán các hệ số của hệ phương trình (1-21) ghi kết quả vào bảng sau:

STT năm x_i	Điện năng tiêu thụ [MWh] y_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
0	57,1	0	0	0	0	0
1	46,47	1	1	1	46,47	46,47
2	43,57	4	8	16	87,14	174,28
3	41,47	9	27	81	124,41	373,23
4	46,93	16	64	256	187,72	750,88
5	60,18	25	125	625	300,90	1504,50
15	**295,72**	**55**	**225**	**979**	**746,64**	**2849,36**

$$\begin{cases} 979a + 225b + 55c = 2849{,}36 \\ 225a + 55b + 15c = 764{,}64 \\ 55a + 15b + 6c = 295{,}72 \end{cases}$$

Giải hệ phương trình trên ta được kết quả:

a = 2,727 b = - 13,22 c = 57,35

Vậy phương trình hồi qui tìm được như sau:

$$\hat{y} = 2{,}727\, x^2 - 13{,}22\, x + 57{,}35$$

3. Dạng phương trình mũ:

$$\hat{y} = ab^x \qquad (1\text{-}22)$$

với a > 0; b > 0.

Lấy logarit hai vế ta được: lg y = lga + x lgb

Hay Y = A + Bx (1-23)

Trong đó: Y = lg y; A = lg a; B = lg b (1-24)

Tương tự như dạng phương trình bậc nhất ta có hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} B\sum_{i=1}^{n} x_i + nA = \sum_{i=1}^{n} Y_i \\ B\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + A\sum_{i=1}^{n} x_i = \sum_{i=1}^{n} x_i Y_i \end{cases} \qquad (1\text{-}25)$$

Giải hệ phương trình (1-25) ta được A và B, theo (1-24) sẽ tìm được a, b.

Hay cũng có thể xác định A và B như sau:

$$\begin{cases} B = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} x_i' Y_i'}{\sum_{i=1}^{n} x_i'^2} \\ A = \overline{Y} - B\overline{x} \end{cases} \qquad (1\text{-}26)$$

Ví dụ: Điện năng tiêu thụ ở một địa phương được ghi trong bảng sau:

Năm (t)	1995 (1)	1996 (2)	1997 (3)	1998 (4)	1999 (5)	2000 (6)	2001 (7)
Điện năng 10^6[KWh] A(t)	7,34	11,43	14,25	16,25	19,40	24,98	34,97

Mô hình dự báo có dạng $A(t) = A_0C^t$, trong đó A(t) là điện năng ở năm thứ t, A_0 là điện năng của năm chọn làm gốc, C là hệ số.

Ta thành lập hệ phương trình theo (1-25):

$$\begin{cases} \log C\sum_{i=1}^{n} t_i + n\log A_0 = \sum_{i=1}^{n}\log A_i \\ \log C\sum_{i=1}^{n} t_i^2 + \log A_0\sum_{i=1}^{n} t_i = \sum_{i=1}^{n} t_i \log A_i \end{cases}$$

Tính toán các hệ số ghi trong bảng sau:

t_i	$A_i[10^6 KWh]$	t_i^2	$\log A_i$	$t_i.\log A_i$
1	7,34	1	6,865	6,865
2	11,43	4	7,058	14,116
3	14,25	9	7,153	21,459
4	16,25	16	7,225	28,900
5	19,04	25	7,228	36,140
6	24,98	36	7,398	44,388
7	34,97	49	7,544	51,808
28		**140**	**50,531**	**204,976**

Ta có hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} 140\log C + 28\log A_0 = 204{,}976 \\ 28\log C + 7\log A_0 = 50{,}531 \end{cases}$$

Suy ra:

$\log A_0 = 6{,}8113 \Rightarrow A_0 = 6{,}476.10^6$ KWh

$\log C = 0{,}102 \Rightarrow C = 1{,}265$

Ta có phương trình hồi qui như sau:

$$A(t) = 6{,}476.10^6.(1{,}265)^t$$

Ghi chú: Để dự báo phụ tải điện năng thường sử dụng các phương pháp sau:

- Phương pháp san bằng hàm mũ,
- Xác định toán tử dự báo tối ưu trong năng lượng,
- Xử dụng mô hình lý thuyết thông tin đánh giá tương quan trong dự báo nhu cầu điện năng.

Chương 2

TÍNH TOÁN PHÂN BỐ TỐI ƯU CÔNG SUẤT TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN BẰNG PHƯƠNG PHÁP LAGRANGE

2.1. MỞ ĐẦU

Cần phải xác định sự phân bố tối ưu công suất giữa các nhà máy điện trong hệ thống điện (có thể chỉ có các nhà máy nhiệt điện , hoặc có cả những nhà máy thủy điện) đủ đáp ứng một giá trị phụ tải tổng cho trước (kể cả các tổn thất) nhằm nâng cao tính vận hành kinh tế của hệ thống điện .

Đây là bài tóan đa chỉ tiêu:

- Chi phí nhiên liệu tổng trong tòan hệ thống là nhỏ nhất (min)
- Đảm bảo độ tin cậy hợp lý
- Chất lượng điện năng đảm bảo...

Giải quyết bài tóan đa chỉ tiêu như vậy hiện nay chưa có một mô hình tóan học chặt chẻ, mà thường chỉ giải quyết các bài tóan riêng biệt, sau đó kết hợp lại.

Vì vậy bài tóan phân bố tối ưu công suất giữa các nhà máy điện thường chỉ xét đạt mục tiêu quan trọng là chi phí nhiên liệu tổng trong tòan hệ thống là nhỏ nhất.

2.2. BÀI TÓAN LAGRANGE:

Bài tóan được phát biểu như sau: *Cần phải xác định các ẩn số $x_1, x_2,..., x_i,........ ,x_n$ sao cho đạt cực trị hàm mục tiêu :*

$$F(x_1, x_2,..., x_j,........ ,x_n) \rightarrow \min (\max) \qquad (2\text{-}1)$$

và thỏa mản m điều kiện ràng buộc: (m<n)

$$\begin{aligned} &g_1(x_1, x_2,..., x_j,........ ,x_n) \geq 0 \\ &g_2(x_1, x_2,..., x_j,........ ,x_n) \geq 0 \qquad (2\text{-}2) \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &g_m(x_1, x_2,..., x_j,........ ,x_n) \geq 0 \end{aligned}$$

Trong trường hợp hàm mục tiêu (2-1) là giải tích, khả vi, hệ ràng buộc (2-2) gồm tòan đẳng thức và số nghiệm không lớn ta có thể dùng phương pháp thế trực tiếp để giải bình thường. Khi các hệ (2-1) và (2-2) tuyến tính và $x_i \geq 0$ ta có thể dùng thuật tóan qui hoạch tuyên tính để giải như phương pháp hình học, đơn hình, vận tải....

Ví dụ :

Tìm cać giá trị x1, x2 sao cho : $F(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \min$

thỏa mãn : $\dfrac{x_1}{2} + \dfrac{x_2}{3} = 1$

Bài giải :

Từ $\frac{x_1}{2}+\frac{x_2}{3}=1$ suy ra $x_2=\frac{6-3x_1}{2}$

Thay vào hàm mục tiêu F :

$$F(x_1,x_2)=x_1^2+x_2^2=x_1^2+\left(\frac{6-3x_1}{2}\right)^2 \rightarrow \min$$

Điều kiện cực trị :

$$\frac{\partial F}{\partial x_1}=0$$

hoặc là : $$\frac{\partial F}{\partial x_1}=2x_1-\frac{18}{4}(2-x_1)=0$$

giải ra được : $x_1 = 18/13$ và $x_2 = 12/13$

Xét đạo hàm cấp 2 :

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x_1^{\,2}}=2+\frac{18}{4}=\frac{26}{4}>0$$

nên hàm F đạt cực trị tại : $x_1^*=\frac{18}{13}$ và $x_2^*=\frac{12}{13}$

và khi đó giá trị hàm mục tiêu là :

$$F_{opt}^*=\frac{36}{13}$$

Phương pháp thay thế trực tiếp trên đây chỉ tiện lợi khi hệ phương trình ràng buộc là tuyến tính và số lượng m không lớn lắm. Trong trường hợp chung để giải bài toán xác định cực trị có ràng buộc là đẳng thức và tuyến tính thường sử dụng rộng rãi ***phương pháp nhân tử Lagrange .***

Nội dung chủ yếu của phương pháp Lagrange như sau:

Cần phải xác định các ẩn số $x_1, x_2,..., x_j,........ ,x_n$ sao cho:

$$F(x_1, x_2,..., x_j,........ ,x_n) \rightarrow \min (\max) \qquad (2\text{-}3)$$

và thỏa mãn

$$\begin{aligned} &g_1(x_1, x_2,..., x_j,........ ,x_n) = 0\\ &g_2(x_1, x_2,..., x_j,........ ,x_n) = 0\\ &.......................................\\ &g_m(x_1, x_2,..., x_j,........ ,x_n) = 0 \end{aligned} \qquad (2\text{-}4)$$

trong đó m <n

Thành lập hàm Lagrange :

$$L(x_1,x_2,....,x_n)=F(x_1,x_2,....,x_n)+\sum_{i=1}^{m}\lambda_i.g_i(x_1,x_2,....,x_n) \qquad (2\text{-}5)$$

Trong đó : λ_i $i=\overline{1,m}$ là những hệ số không xác định.

Nghiệm tối ưu X^*_{opt} của hàm mục tiêu F cũng chính là nghiệm tối ưu của hàm Lagrange L(X) và ngược lại vì $g_i(x_1, x_2,..., x_i,........ ,x_n) = 0$ với mọi i=1..m.

Vì vậy ta cần tìm lời giải tối ưu cho hàm $L(x_1, x_2,..., x_i,........ ,x_n)$

Bài tóan Larange phát biểu như sau:

Hãy xác định $(x_1, x_2,..., x_i,........ ,x_n)$ và $(\lambda_1, \lambda_2,.........., \lambda_m)$ sao cho :

$$\frac{\partial L(X)}{\partial x_j} = \frac{\partial F(X)}{\partial x_j} + \sum_{i=1}^{m} \lambda_i \frac{\partial g_i(X)}{\partial x_j} = 0 \qquad (2\text{-}6)$$

với j=1..n và thỏa mãn các điều kiện ràng buộc :

$$g_i(x_1, x_2, ..., x_n) = 0 \quad \text{với} \quad i = \overline{1, m} \qquad (2\text{-}7)$$

Từ (2-6) ta có n phương trình và từ (2-7) có m phương trình nên sẽ giải được (n+m) ẩn số x_j và λ_i

Để xác định hàm L(X) đạt cực tiểu hay cực đại ta cần phải xét thêm đạo hàm cấp hai của F(X) hay L(X) tại các điểm dừng đã giải ra được ở trên:

Nếu $d^2L< 0$ thì hàm F(X) (hoặc L(X)) đạt cực đại và ngược lại nếu $d^2L > 0$ thì hàm mục tiêu sẽ đạt cực tiểu.

Ta sẽ giải lại bài tóan ở ví dụ 1 theo phương pháp Lagrange :

Tìm các nghiệm số x1 , x2 sao cho :

$$F(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2 \to \min$$

với ràng buộc $\frac{x_1}{2} + \frac{x_2}{3} = 1$

Thành lập hàm Lagrange :

$$L(x_1, x_2) = F(x_1, x_2) + \sum_{i=1}^{m=1} \lambda_i . g_i(x_1, x_2)$$

$$L(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2 + \lambda_1 (\frac{x_1}{2} + \frac{x_2}{3} - 1)$$

Xác định các điểm dừng bằng cách giải các phương trình :

$$\frac{\partial L(X)}{\partial x_1} = 2x_1 + \frac{\lambda_1}{2} = 0$$

$$\frac{\partial L(X)}{\partial x_2} = 2x_2 + \frac{\lambda_1}{3} = 0$$

$$\frac{x_1}{2} + \frac{x_2}{3} - 1 = 0$$

Giải hệ 3 phương trình trên được :

$$x_1^* = \frac{18}{13} \quad \text{và} \quad x_2^* = \frac{12}{13}$$

và khi đó giá trị hàm mục tiêu là :

$$F^*_{opt} = \frac{36}{13}$$

(như kết quả đã nhận được bằng phương pháp thế)

Xét các đạo hàm bậc hai tại điểm dừng:

$$\frac{\partial^2 L(X)}{\partial x_1^{\ 2}} = 2 > 0$$

$$\frac{\partial^2 L(X)}{\partial x_2^{\ 2}} = 2 > 0$$

nên hàm L(X) và hàm mục tiêu F(X) đạt cực tiểu tại điểm

X^* (18/13 ; 12/13).

Trong trường hợp hàm mục tiêu F(X) và các ràng buộc g(X) là những phiếm hàm (tồn tại tương quan giữa những hàm) khi đó tìm cực trị của các phiếm hàm phải sử dụng các bài tóan biến phân. Ví dụ như trường hợp tính phân bố tối ưu công suất đối với các nhà máy thủy điện vì khi đó phải xét tối ưu trong cả chu kỳ điều tiết.

Bài tóan được phát biểu như sau :

Cần phải xác định các hàm số x_1, x_2,..., x_i,........ ,x_n của thời gian t sao cho hàm mục tiêu là phiếm hàm đạt cực trị:

$$V = \int_{t_0}^{t_1} F(t, x_1, x_2, ..., x_n, x'_1, x'_2, ..., x'_n).dt \rightarrow \min(\max) \qquad (2\text{-}8)$$

và thỏa mãn m điều kiện ràng buộc :

$$\begin{aligned} &g_1(t, x_1, x_2, ..., x_j, ..., x_n) = 0 \\ &g_2(t, x_1, x_2, ..., x_j, ..., x_n) = 0 \\ &.. \\ &g_m(t, x_1, x_2, ..., x_j, ..., x_n) = 0 \end{aligned} \qquad (2\text{-}9)$$

Trong đó : $x'_j = \frac{dx_j}{dt}$ với $j = \overline{1, n}$ (2-10)

Thành lập hàm Lagrange :

$$L(t, x) = F(t, x) + \sum_{i=1}^{m} [\lambda_i(t).g_i(t, x)] \qquad (2\text{-}11)$$

sau đó tìm cực trị của phiếm hàm:

$$V^* = \int_{t_0}^{t_1} F^*(t, x).dt \rightarrow \min(\max) \qquad (2\text{-}12)$$

với $F^*(t, x) = F(t, x) + \sum_{i=1}^{m} \lambda_i(t).g_i(t, x)]$ (2-13)

Các giá trị $x_j(t)$ với j = [1..n] và các hệ số nhân $\lambda_i(t)$ với i = [1..m] có thể nhận được bằng cách giải hệ phương trình đạo hàm riêng của hàm Lagrange và viết trong dạng hệ phương trình Euler như sau :

$$\begin{cases} f^*(x_1) - \dfrac{d}{dt} f^*(x'_1) = 0 \\ f^*(x_2) - \dfrac{d}{dt} f^*(x'_2) = 0 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ f^*(x_n) - \dfrac{d}{dt} f^*(x'_n) = 0 \end{cases} \qquad (2\text{-}14)$$

Trong đó :

$$f^*(x_j) = \frac{\partial F^*}{\partial x_j} \quad ; \quad j = \overline{1,n}$$
$$f^*(x'_j) = \frac{\partial F^*}{\partial x'_j} \quad ; \quad j = \overline{1,n} \qquad (2\text{-}15)$$

Kết hợp n phương trình của hệ (2-14) và m phương trình ràng buộc (2-9) ta sẽ giải được (m+n) giá trị hàm $x_j(t)$ và $\lambda_i(t)$ với j = [1..n], i = [1..m]. Ngoài ra để xác định 2n hằng số tích phân ta sẽ sử dụng các điều kiện đầu :

$$x_j(t_0) = x_{j0} \quad ; \quad x_j(t_1) = x_{j1} \qquad j = \overline{1,n} \qquad (2\text{-}16)$$

2.3.- PHÂN BỐ TỐI ƯU CÔNG SUẤT GIỮA CÁC NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN:

Xét bài tóan :

Có n nhà máy nhiệt điện cung cấp cho phụ tải tổng P_{pt} cố định. Biết những số liệu về đặc tính tiêu hao nhiên liệu ở từng nhà máy. Cần phải xác định công suất phát tối ưu của mỗi nhà máy P_j với j = [1...n], sao cho chi phí nhiên liệu tổng trong hệ thống đạt cực tiểu, với ràng buộc về điều kiện cân bằng công suất.

Mô tả dạng toán học:

Cần xác đinh bộ nghiệm tối ưu ***P****$(P^*_1, P^*_2, \ldots\ldots, P^*_n)$ *sao cho hàm mục tiêu về chi phí nhiên liệu tổng đạt cực tiểu :*

$$B = f(P_1, P_2, \ldots., P_j, \ldots, P_n) = \sum_{j=1}^{n} B_j(P_j) \rightarrow \min \qquad (2\text{-}17)$$

thỏa mãn điều kiện ràng buộc về cân bằng công suất :

$$g(P) = P_1 + P_2 + \ldots. + P_j + \ldots + P_n - \Delta P - P_{pt} = \sum_{j=1}^{n} P_j - \Delta P - P_{pt} = 0 \qquad (2\text{-}18)$$

với $\quad P_j \geq 0 \quad j = \overline{1,n}$; ΔP = const; P_{pt} = const (2-19)

Ta giải bằng phương pháp Lagrange :

Thành lập hàm Lagrange :

$$L(P) = B(P) + \lambda g(P) \qquad (2\text{-}20)$$

Điều kiện để hàm số L(P) đạt cực trị :

$$\begin{cases} \dfrac{\partial L(P)}{\partial P_1} = \dfrac{\partial B(P)}{\partial P_1} + \lambda \dfrac{\partial g(P)}{\partial P_1} = 0 \\ \dfrac{\partial L(P)}{\partial P_2} = \dfrac{\partial B(P)}{\partial P_2} + \lambda \dfrac{\partial g(P)}{\partial P_2} = 0 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dfrac{\partial L(P)}{\partial P_n} = \dfrac{\partial B(P)}{\partial P_n} + \lambda \dfrac{\partial g(P)}{\partial P_n} = 0 \end{cases} \qquad (2\text{-}21)$$

Giả thiết :

$$B(P) = B_1(P) + B_2(P) + \dots\dots\dots + B_n(P) \qquad (2\text{-}22)$$

Khi đó :

$$\frac{\partial B(P)}{\partial P_j} = \frac{\partial B_1}{\partial P_j} + \frac{\partial B_2}{\partial P_j} + \dots\dots + \frac{\partial B_j}{\partial P_j} + \dots\dots\dots + \frac{\partial B_n}{\partial P_j} = \frac{\partial B_j}{\partial P_j} = \varepsilon_j \qquad (2\text{-}23)$$

với giả thiết $\dfrac{\partial B_k}{\partial P_j} = 0$; k ≠ j nghĩa là chi phí nhiên liệu ở nhà máy thứ k không phụ thuộc vào công suất phát ra của nhà máy thứ j .

Ta đặt $\dfrac{\partial B_j}{\partial P_j} = \varepsilon_j$ và gọi là suất tăng tiêu hao nhiên liệu của nhà máy thứ j, nói lên nhịp độ tăng tiêu hao nhiên liệu khi tăng công suất phát P_j , ε_j phụ thuộc vào đặc tính của lò hơi và turbin.

Từ điều kiện ràng buộc :

$$g(P) = P_1 + P_2 + \dots. + P_j + \dots + P_n - \Delta P - P_{pt} = \sum_{j=1}^{n} P_j - \Delta P - P_{pt} = 0 \qquad (2\text{-}24)$$

ta tính được :

$$\frac{\partial g(P)}{\partial P_1} = \frac{\partial P_1}{\partial P_1} + \frac{\partial P_2}{\partial P_1} + \dots\dots\dots\dots + \frac{\partial P_n}{\partial P_1} - \frac{\partial (P_{pt} + \Delta P)}{\partial P_1} = \frac{\partial P_1}{\partial P_1} = 1 \qquad (2\text{-}25)$$

Tổng quát :

$$\frac{\partial g(P)}{\partial P_j} = \frac{\partial P_1}{\partial P_j} + \frac{\partial P_2}{\partial P_j} + \dots\dots + \frac{\partial P_j}{\partial P_j} + \dots\dots\dots + \frac{\partial P_n}{\partial P_j} - \frac{\partial (P_{pt} + \Delta P)}{\partial P_j} = \frac{\partial P_j}{\partial P_j} = 1 \qquad (2\text{-}26)$$

Thay vào điều kiện cực trị (2-21) ta có hệ phương trình :

$$\begin{cases} \dfrac{\partial L(P)}{\partial P_1} = \dfrac{\partial B(P)}{\partial P_1} + \lambda \dfrac{\partial g(P)}{\partial P_1} = \varepsilon_1 + \lambda = 0 \\ \dfrac{\partial L(P)}{\partial P_2} = \dfrac{\partial B(P)}{\partial P_2} + \lambda \dfrac{\partial g(P)}{\partial P_2} = \varepsilon_2 + \lambda = 0 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dfrac{\partial L(P)}{\partial P_n} = \dfrac{\partial B(P)}{\partial P_n} + \lambda \dfrac{\partial g(P)}{\partial P_n} = \varepsilon_n + \lambda = 0 \end{cases} \qquad (2\text{-}27)$$

Do đó điều kiện cực trị là:

$$\varepsilon_1 + \lambda = \varepsilon_2 + \lambda = \dots\dots = \varepsilon_n + \lambda = \dots\dots\dots = \varepsilon_n + \lambda = 0 \qquad (2\text{-}28)$$

hay :

$$\boxed{\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \dots\dots = \varepsilon_n = \dots\dots\dots = \varepsilon_n \; (= -\lambda)} \qquad (2\text{-}29)$$

Đây chính là nguyên lý phân bố tối ưu công suất giữa các nhà máy nhiệt điện trong HTĐ.

Khi xem P_{pt} = const , ΔP = const thì để chi phí nhiên liệu tổng trong hệ thống nhỏ nhất thì caác nhà máy phải phát công suất P_j* tối ưu khi thỏa mãn nguyên lý cân bằng suất tăng tiêu hao nhiên liệu ε_j = const.

Với đặc tính suất tăng tiêu hao nhiên liệu ε_j của các tổ máy phát là hàm không giảm khi tăng công suất phát P_j (thực tế như vậy) ta có thể chứng minh hàm mục tiêu B(P) đạt cực tiểu bằng cách xét thêm các đạo hàm cấp hai và có được:

$$\frac{\partial^2 L(P)}{\partial P_j^{\,2}} \geq 0 \quad \text{hay} \quad \mathrm{d}^2 L(P) \geq 0 \qquad (2\text{-}30)$$

Nếu xét tổn thất công suất phụ thuộc vào công suất phát P_j nghĩa là:

ΔP = ΔP(P_1,P_2,.....,Pn)

Điều kiên cực tiểu của hàm Lagrange có thể viết :

$$\begin{cases} \dfrac{\partial L(P)}{\partial P_1} = \dfrac{\partial B(P)}{\partial P_1} + \lambda \dfrac{\partial g(P)}{\partial P_1} = \varepsilon_1 + \lambda(1 - \dfrac{\partial \Delta P}{\partial P_1}) = 0 \\ \dfrac{\partial L(P)}{\partial P_2} = \dfrac{\partial B(P)}{\partial P_2} + \lambda \dfrac{\partial g(P)}{\partial P_2} = \varepsilon_2 + \lambda(1 - \dfrac{\partial \Delta P}{\partial P_2}) = 0 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dfrac{\partial L(P)}{\partial P_n} = \dfrac{\partial B(P)}{\partial P_n} + \lambda \dfrac{\partial g(P)}{\partial P_n} = \varepsilon_n + \lambda(1 - \dfrac{\partial \Delta P}{\partial P_n}) = 0 \end{cases} \qquad (2\text{-}31)$$

Khi đó, nguyên lý phân bố công suất tối ưu là :

$$\boxed{\frac{\varepsilon_1}{1-\frac{\partial\Delta P}{\partial P_1}}=\frac{\varepsilon_2}{1-\frac{\partial\Delta P}{\partial P_2}}=\ldots\ldots\ldots\ldots=\frac{\varepsilon_n}{1-\frac{\partial\Delta P}{\partial P_n}}} \qquad (2\text{-}32)$$

$\dfrac{\varepsilon_i}{1-\dfrac{\partial\Delta P}{\partial P_i}}$ gọi là suất tăng tiêu hao NL khi có xét đến tổn thất P

Qua đó cho thấy khi ΔP = const thì cho ta kết quả điều kiện phân bố tối ưu công suất như đã trình bày ở trên.

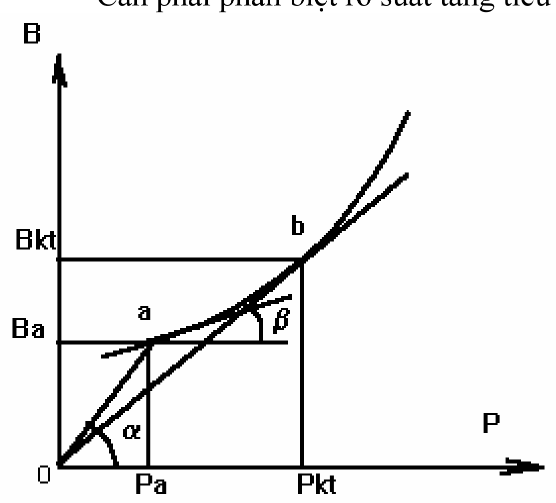
Từ nguyên lý cân bằng suất tăng tiêu hao nhiên liệu này, ta có thể tìm ra được nghiệm tối ưu $P^* = (P^*_1, P^*2, \ldots\ldots., P^*n)$.

4.4. THỦ TỤC PHÂN PHỐI TỐI ƯU CÔNG SUẤT :

Việc phân phối tối ưu công suất giữa các nhà máy nhiệt điện được tuân theo nguyên lý cân bằng về suất tăng tiêu hao nhiên liệu ε. Suất tăng ε thể hiện nhịp độ tiêu tốn nhiên liệu khi tăng công suất P phát ra. Vì vậy theo nguyên lý phân phối trên đây để đạt cực tiểu nhiên liệu tiêu hao trong toàn hệ thống, nhà máy có ε nhỏ sẽ nhận phát nhiều công suất và nhà máy có ε lớn (nghĩa là làm việc không kinh tế) sẽ phải phát ít công suất. Nguyên lý này thể hiện tính công bằng trong phân phối tối ưu. Cần quan tâm những đặc điểm sau:

4.4.1. Suất tăng tiêu hao nhiên liệu ε và suất tiêu hao nhiên liệu γ:

Cần phải phân biệt rõ suất tăng tiêu hao nhiên liệu ε và suất tiêu hao nhiên liệu γ.



Ứng với mỗi nhà máy nhiệt điện có thể xây dựng được đường đặc tính tiêu hao nhiên liệu B phụ thuộc công suất phát ra P như hình 2-1. Giả sử tổ máy phát đang làm việc ở điểm a :

$$\frac{B_a}{P_a}=\gamma_a=tg\alpha \qquad (2\text{-}33)$$

γ_a: gọi là *suất tiêu hao nhiên liệu* của nhà máy ứng với điểm a [kg n.lieu/KWh]

$$\varepsilon_a=\frac{dB}{dP_a}=tg\beta \qquad [\text{kg n.lieu/KWh}]\ (2\text{-}34)$$

ε_a: gọi là *suất tăng tiêu hao nhiên liệu.*

Hình 2-1

Từ O vẽ tiếp tuyến Ob, điểm b gọi là *điểm làm việc kinh tế*, tại điểm làm việc này công suất phát là P_{kt} ứng với chi phí nhiên liệu là B_{kt} . Khi $P > P_{kt}$ thì theo đặc tính ta thấy suất tăng tiêu hao nhiên liệu tăng nhanh, càng tiêu hao nhiên liệu. Vì vậy theo quan điểm kinh tế để tiết kiệm nhiên liệu chỉ vận hành với $P <= P_{kt}$. Tại điểm làm việc kinh tế ta có:

$$\frac{dB}{dP}(P_{kt}) = \frac{B(P_{kt})}{P_{kt}}$$

Nghĩa là suất tiêu hao nhiên liệu bằng suất tăng tiêu hao nhiên liệu.

Ví dụ: Xem bảng sau

Phụ tải hệ thống P [MW]	Tiêu hao nhiên liệu B [tấn/h]	Suất tiêu hao γ [kg/kWh]	Suất tăng tiêu hao ε [kg/kWh]
2500	1050	0,420	0,200
2600	1070	0,412	
....	....	....	
5000	2000	0,400	0,700
5100	2070	0,406	

Theo bảng trên, ở thời điểm P = 2500 MWh các giá trị suất tiêu hao và suất tăng

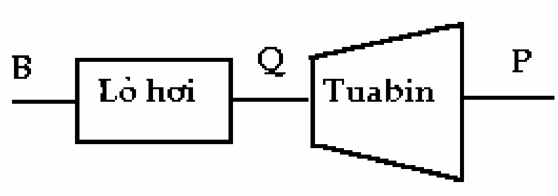
$$\gamma = \frac{B}{P} = \frac{1050}{2500} = 0{,}420 \quad \text{kg/kWh}$$

$$\varepsilon \approx \frac{\Delta B}{\Delta P} = \frac{1070 - 1050}{2600 - 2500} = 0{,}200 \quad \text{kg/kWh}$$

tiêu hao được tính như sau:

4.4.2. Đặc tính suất tăng tiêu hao nhiên liệu của tổ lò-tuabin-máy phát:

$$\varepsilon = \frac{dB}{dP} = \frac{dB}{dQ}.\frac{dQ}{dP} = \varepsilon_L.\varepsilon_T$$

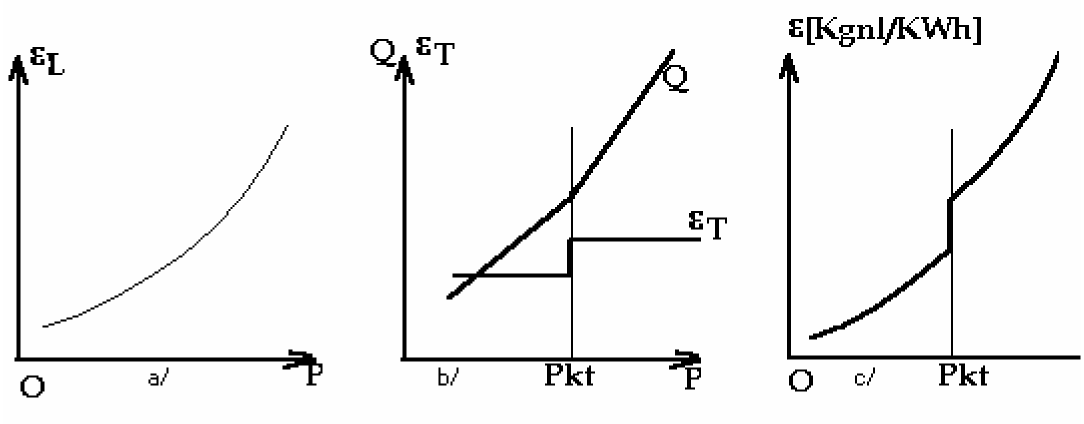


Hình 2-2

$\varepsilon_L = \dfrac{dB}{dQ}$ - gọi là suất tăng tiêu hao nhiên liệu của lò hơi [Kg n.lieu/Kcalo]

$\varepsilon_L = \dfrac{dQ}{dP}$ - gọi là suất tăng tiêu hao nhiên liệu của tuốcbin [Kcalo/KWh]

Đường đặc tính suất tăng tiêu hao nhiên liệu của lò hơi ε_L thường có dạng đường cong (hình 2-3a) tùy thuộc các loại lò hơi khác nhau.



Hình 2-3

Đường đặc tính tiêu hao nhiệt lượng Q của turbin trong nhiều trường hợp có dạng gần tuyến tính (hình 2-3b). Đường đặc tính có chỗ gãy khúc ứng với giá trị P_{kt}, điều đó giải thích khi van quá tải mở, nhiệt lượng tăng nhanh và tính kinh tế giảm đột ngột.

Đường đặc tính suất tăng tiêu hao nhiệt lượng của turbin ε_T là giá trị đạo hàm của đường Q theo P. Từ các đường ε_T và ε_L xây dựng được đường đặc tính suất tăng tiêu hao nhiên liệu ε của tổ máy như hình 2-3c.

Ngoài ra để xây dựng đặc tính suất tăng tiêu hao nhiên liệu của tổ máy hoặc nhà máy điện có thể thực hiện bằng cách thống kê các tập số liệu B và P trong các chế độ vận hành khác nhau và nhờ các phương pháp gia công toán học, chẳng hạn phương pháp bình phương cực tiểu xây dựng được quan hệ giải tích B = B(P). Từ đó xác định được đặc tính suất tăng tiêu hao nhiên liệu.

4.4.3. Thủ tục phân phối tối ưu công suất :

Xét trường hợp tổn thất công suất là hằng số, không phụ thuộc vào công suất phát của các nhà máy. Giả sử ta cần phải phân phối công suất P_{pt} cho n nhà máy, ta tiến hành như sau:

- Với mỗi nhà máy ta xây dựng được quan hệ suất tăng tiêu hao nhiên liệu phụ thuộc vào công suất phát $\varepsilon_j = \varepsilon_j(P_j)$ với j = [1..n] bằng dạng giải tích hoặc bằng số cho theo bảng .

- Dựa trên các đường cong ε_j ta xây dựng được đường cong ε(P) của toàn hệ thống gồm n nhà máy, bằng cách giữ nguyên trị số ε trên trục tung, cộng n giá trị công suất P trên trục hoành.

- Căn cứ vào phụ tải tổng cộng P_{pt} cần cung cấp kể cả tổn thất công suất ΔP (trong tính tóan sơ bộ có thể lấy bằng 0,07 - 0,12 P_{pt}), như cách làm mô tả trên hình vẽ ta xác định được các giá trị tối ưu công suất phát ra từ các nhà máy điện P_j* thỏa mãn điều kiện cân bằng suất tăng tiêu hao nhiên liệu:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \ldots\ldots = \varepsilon_n = \ldots\ldots\ldots = \varepsilon_n \ (= -\lambda)$$

và thỏa mãn điều kiện cân bằng công suất.

$$P_1^* + P_2^* + \ldots. + P_J^* + \ldots + P_N^* = \Delta P + P_{pt}$$

Ta nhận thấy nhà máy nào có suất tăng tiêu hao nhiên liệu càng nhỏ thì nhận càng nhiều công suất. Khi tiến hành thủ tục phân phối như trên cần phải chú ý:

1. Khi giá nhiên liệu ở nhà máy thứ i nào đó khác giá nhiên liệu tiêu chuẩn thì cần hiệu chỉnh ε_i thành ε'_i theo :

$$\varepsilon'_i = \varepsilon_i.\frac{a_i}{a_0}$$

Trong đó : a_i là giá nhiên liệu của nhà máy thứ i và a_0 là giá nhiên liệu tiêu chuẩn, từ đó ta thấy rằng nhà máy nào có giá nhiên liệu càng đắt thì chỉ nên phát ít công suất.

2. Có thể xảy ra trường hợp ε tìm ra nhỏ hơn ε ứng với công suất cực tiểu P_{min} hoặc lớn hơn ε ứng với công suất cực đại cho phép P_{max} thì khi đó chỉ cho nhà máy nhận công suất P_{min} hoặc P_{max} vì đó là giới hạn khả năng phát công suất của nhà máy.

3. Thường trong thực tế vận hành người ta chỉ cho bảng suất tăng tiêu hao nhiên liệu ε và P_i thay cho đường đặc tính để dễ phân bố hơn. Khi phụ tải tăng lên thì theo nguyên lý phân phối tối ưu ta sẽ để nhà máy có ε nhỏ nhận thêm công suất trước, nhưng cuối cùng cũng phải đảm bảo ε_i bằng nhau với mọi nhà máy thứ i và phải đáp ứng đầy đủ phụ tải.

4.5. PHÂN BỐ CÔNG SUẤT TỐI ƯU GIỮA NHIỆT ĐIỆN VÀ THỦY ĐIỆN:

Trong vận hành không phải nhà máy thủy điện luôn luôn phát hết công suất là tối ưu mặc dù nó có nhiều ưu điểm là giá thành điện năng rẻ, không tiêu hao nhiên liệu...

Chỉ tiêu tối ưu của sự phân bố công suất trong hệ thống gồm các nhà máy thủy điện và nhiệt điện là làm cực tiểu chi phí nhiên liệu ở nhiệt điện, đồng thời phải thỏa mãn điều kiện thủy năng ở nhà máy thủy điện.

Chế độ tối ưu chỉ xét đối với những thủy điện có hồ chứa nước, nghĩa là có khả năng điều chỉnh dòng chảy vào tuôc bin (gọi là khả năng điều tiết)

Chu kỳ điều tiết là thời gian giữa 2 lần tháo nước và trữ nước kế tiếp nhau. Tùy theo dung tích hồ chứa thường phân nhà máy thủy điện điều tiết theo ngày, tuần, mùa, năm hoặc nhiều năm.

Trong một chu kỳ điều tiết lượng nước tiêu phí cho nhà máy thủy điện là không đổi và được xác định bởi những điều kiện về thủy lợi, thời tiết v.v.... Vì vậy chế độ làm việc tối ưu của thủy điện phải xét trong toàn bộ chu kỳ điều tiết và điều kiện ràng buộc ở đây chính là lượng nước tiêu hao đã qui định.

Ngoài ra có những thời gian nhà máy thủy điện buộc phải làm việc theo chế độ giới hạn và vấn đề phân bố công suất tối ưu không cần đặt ra. Chẳng hạn đối với thủy điện chỉ để phát điện không có yêu cầu về giao thông, thủy lợi...ở thời điểm phụ tải cao điểm phải đảm nhận phụ taỉ đỉnh (cần phải tiết kiệm nước ở mùa nước cạn), hoặc thủy điện không có hồ chứa, hồ chứa nhỏ phải tận dụng hết thủy năng nên phải phát hết công suất nghĩa là nhận phần phụ tải nền (xem giáo trình Nhà Máy Điện).

Ta xét trường hợp :

Có n nhà máy thủy điện làm việc trong hệ thống cùng với một số nhà máy nhiệt điện mà ta xem như một nhà máy nhiệt điện đẳng trị theo điều kiện cân bằng suất tăng tiêu hao nhiên liệu ε.

Gọi B là lượng tiêu hao nhiên liệu ở nhà máy nhiệt điện đẳng trị trong một đơn vị thời gian. (đơn vị là tấn/h)

$$B = B(t, P_{ND}, P'_{ND}) \qquad (2\text{-}35)$$

Vì xét trong chu kỳ điều tiết nên ta phải xét B còn phụ thuộc vào t và xét cả sự thay đổi của $P_{NĐ}$ theo thời gian t :

$$P'_{ND} = \frac{dP_{ND}}{dt}$$

Gọi Q_i là lưu lượng nước tiêu hao trong một đơn vị thời gian ở nhà máy thủy điện thứ i [m^3/s].

$$Q_i = Q_i(t, P_{TDi}, P'_{TDi}) \qquad \text{voi } i = \overline{1,n} \qquad (2\text{-}36)$$

Lượng nước qui định đối với thủy điện thứ i trong chu kỳ điều tiết T:

$$W_i = \int_0^T Q_i.dt$$

Khi đó bài tóan được phát biểu như sau :

Xác định công suất phát của nhà máy nhiệt điện đẳng trị $P_{NĐ}$ và của các nhà máy thủy điện $P_{TĐ1}$, $P_{TĐ2}$,.........., $P_{TĐn}$ sao cho đạt cực tiểu hàm mục tiêu về chi phí nhiên liệu:

$$\int_0^T B(t, P_{NĐ}, P'_{NĐ}).dt \rightarrow \min \qquad (2\text{-}37)$$

thỏa mãn các ràng buộc về lượng nước tiêu hao đối với các nhà máy thủy điện:

$$\begin{aligned} &\int_0^T Q_1(t, P_{TĐ1}, P'_{TĐ1}).dt = W_1 \\ &\int_0^T Q_2(t, P_{TĐ2}, P'_{TĐ2}).dt = W_2 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (2\text{-}38) \\ &\int_0^T Q_n(t, P_{TĐn}, P'_{TĐn}).dt = W_n \end{aligned}$$

và thỏa mãn ràng buộc về điều kiện cân bằng công suất:

$$g(t, P) = P_{ND} + P_{TD1} + P_{TD2} + \ldots.. + P_{TDn} - Ppt - \Delta P = 0 \qquad (2\text{-}39)$$

Ta giải bài tóan tối ưu này theo phương pháp Lagrange như đã trình bày ở mục 2.2. Trước hết ta lập phiếm hàm Lagrange:

$$L(t,P)=\int_0^T B(t,P).dt+\lambda_1\int_0^T Q_1(t,P).dt+........+\lambda_n\int_0^T Q_n(t,P).dt+\lambda_t g(t,P)$$

Trong đó:

$\lambda_1, \lambda_2,......, \lambda_n$: là những hệ số không xác định đưa vào các phương trình ràng buộc theo điều kiện lưu lượng nước.

λ_t : hệ số không xác định đưa vào phương trình ràng buộc cân bằng công suất.

Từ đây tìm cực tiểu của phiếm hàm L(t,P) :

$$L(t,P)=\int_0^T [B(t,P)+\sum_{i=1}^{n}\lambda_i Q_i(t,P)+\lambda_t g(t,P)].dt \rightarrow \min$$

Đặt
$$F^*(t,P)=B(t,P)+\sum_{i=1}^{n}\lambda_i Q_i(t,P)+\lambda_t g(t,P)$$

thì

$$L(t,P)=\int_0^T F*(t,P).dt \rightarrow \min \qquad (2\text{-}40)$$

Để tìm nghiệm của bài tóan ta lập hệ phương trình Euler dưới dạng:

$$f^*{}_{Pi}-\frac{d}{dt}f^*{}_{Pi'}=0 \qquad (2\text{-}41)$$

Trong đó :

Pi là công suất của nhà máy nhiệt điện đẳng trị $P_{NĐ}$ và các nhà máy thủy điện $P_{TĐ1}$, $P_{TĐ2}$,...,$P_{TĐn}$.

P_i' là các đạo hàm $P'_{NĐ}$,$P'_{TĐ1}$, $P'_{TĐ2}$,........,$P'_{TĐn}$

$$f^*{}_{Pi}=\frac{\partial F*(t,P)}{\partial P_i} \quad \text{và} \quad f^*{}_{Pi'}=\frac{\partial F*(t,P)}{\partial P'_i} \qquad (2\text{-}42)$$

Ta được hệ phương trình Euler dạng :

$$\begin{cases}\dfrac{\partial B}{\partial P_{ND}}-\dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial B}{\partial P'_{ND}}+\lambda_t(1-\dfrac{\partial \Delta P}{\partial P_{ND}})=0\\ \lambda_1(\dfrac{\partial Q_1}{\partial P_{TD1}}-\dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial Q_1}{\partial P'_{TD1}}+\lambda_t(1-\dfrac{\partial \Delta P}{\partial P_{TD1}})=0\\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\ \lambda_n(\dfrac{\partial Q_n}{\partial P_{TDn}}-\dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial Q_n}{\partial P'_{TDn}}+\lambda_t(1-\dfrac{\partial \Delta P}{\partial P_{TDn}})=0\end{cases} \qquad (4\text{-}43)$$

với giả thiết : P_{pt} = hằng số

Ta kí hiệu :

$\frac{\partial B}{\partial P_{ND}} = \varepsilon$ - gọi là suất tăng tiêu hao nhiên liệu ở nhà máy nhiệt điện trong chế độ xác lập.

$\frac{\partial Q_1}{\partial P_{TD1}} = q_1, \frac{\partial Q_2}{\partial P_{TD2}} = q_2, ...$ - là suất tăng tiêu hao nước ở nhà máy thủy điện 1,2,.... trong chế độ xác lập.

Nhận thấy các thành phần :

$$-\frac{d}{dt}.\frac{\partial B}{\partial P'_{ND}} = \varepsilon' \quad \text{và} \quad -\frac{d}{dt}.\frac{\partial Qi}{\partial P'_{TD}} = q'_i$$

xuất hiện trong quá trình biến đổi chế độ làm việc của hệ thống và ε'_i, q'_i phụ thuộc vào tốc độ biến đổi theo thời gian của công suất nhà máy điện.

Thường ta giả thiết $\varepsilon'_i = 0$, $q'_i = 0$; khi đó từ hệ phương trình (4-43) khử λ_t ta có :

$$\frac{\varepsilon}{1-\frac{\partial \Delta P}{\partial P_{ND}}} = \lambda_1 \frac{q_1}{1-\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_{TD1}}} = ... = \lambda_1 \frac{q_n}{1-\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_{TDn}}} \qquad (4\text{-}44)$$

Nếu xem tổn thất công suất không đổi thì:

$$\varepsilon = \lambda_1.q_1 = \lambda_2.q_2 = ... = \lambda_n.q_n \qquad (4\text{-}45)$$

Đây là nguyên lý "công bằng" của việc phân bố tối ưu công suất giữa các nhà máy điện theo suất tăng tiêu hao nhiên liệu, trong đó đối với thủy điện i có đại diện là suất tăng đẳng trị là $\lambda_i.q_i$.

Những gía trị của λ_i là những hằng số ứng với nhà máy thuỷ điện i và được chọn trong chu kỳ điêù tiết nhằm thỏa mãn điều kiện tối ưu của bài tóan đã nêu. Sau đây ta sẽ xét thêm ý nghĩa cuả các hệ số λ_i và xây dựng thủ tục phân phối công suất tôi ưu giữa nhiệt điện và thủy điện.

4.6. ĐẶC ĐIỂM VÀ THỦ TỤC PHÂN PHỐI:

4.6.1. Ý nghĩa của hệ số λ

Trong trường hợp đơn giản khi không xét đến sự thay đối của công suất trong mạng điện, từ biểu thức (4-45) ta có :

$$\lambda i = \frac{\varepsilon}{q_i} = \frac{dB}{dP_{nd}} : \frac{dQi}{dP_{tdi}} \qquad (4\text{-}46)$$

Giả thiết rằng sự thay đổi công suất phát ra ở nhà máy thủy điện thứ i là do thay đổi công suất phát ra ở nhà máy nhiệt điện, chẳng hạn khi nhiệt điện phát công suất giảm đi thì thủy điện i phải phát công suất tăng lên. Một cách gần đúng về giá trị tuyệt đối ta xem như : $dP_{td} = dP_{nd}$. Như vậy tổng quát ta có thể viết :

$$\lambda i = \frac{dB}{dQi} \quad \text{voi} \quad i = \overline{1,2...n} \tag{4-47}$$

Như vậy λi được định nghĩa là sự biến đổi của tiêu hao nhiên liệu ở nhà máy nhiệt điện theo sự thay đổi của lưu lượng nước ở nhà máy thủy điện i. Thứ nguyên củ λi là [tấn nhiên liệu/m^3 nước] và chính λi là chỉ tiêu phản ánh hiệu quả sử dụng nước ở nhà máy thủy điên i. Khi thủy điện làm việc với λ lớn thì nhiên liệu tiết kiệm được ở nhiệt điện trên 1m^3 nước càng nhiều, do đó λ gọi là hệ số hiệu quả sử dụng năng lượng của thủy điện.

Ngoài ra cần chú ý rằng để có chế độ làm việc tối ưu gía trị λi của mỗi nhà máy thủy điện sau khi xác định cần giữ không đổi trong suốt chu kỳ điều tiết. Điều đó được giải thích như sau :

Giả thiết ở thời điểm nào đó gía trị λi được chọn tăng lên. Khi đó để tiết kiệm nhiên liệu ở nhiệt điện cần tăng công suất phát ở thủy điện i. Nhưng vì lượng nước trong chu kỳ điều tiết đã xác định nên khi tăng công suất thủy điện sẽ tăng lượng nước tiêu hao và bắt buộc phải giảm công suất ở thời điểm khác. Mặt khác, công suất phát của thủy điện i tăng lên, thường giá trị của suất tăng tiêu hao nước qi của nó sẽ tăng, khi đó do công suất phát của nhiệt điện gỉam đi nên giá trị của ε giảm, vì vậy λ = ε/q lại cần phải chọn giảm đi. Tóm lại, khi tăng λi ta cần phải tăng P_{tdi}, nhưng khi P_{tdi} tăng (P_{nd} gỉam) sẽ làm giảm λi và khi λi giảm để tiết kiệm nhiên liệu ta lại cần phải giảm P_{tdi} và lại dẫn đến tăng λi. Quá trình tiếp tục cho đến khi λi trở về giá trị không đổi ban đầu.

4.6.2. Thủ tục phân phối tối ưu công suất giữa nhiệt điện và thủy điện:

Việc phân phối tối ưu công suất giữa nhà máy nhiệt điện và thủy điện trong HTĐ dựa trên nguyên lý cân bằng suất tăng tiêu hao như trên biểu thức (4-45).

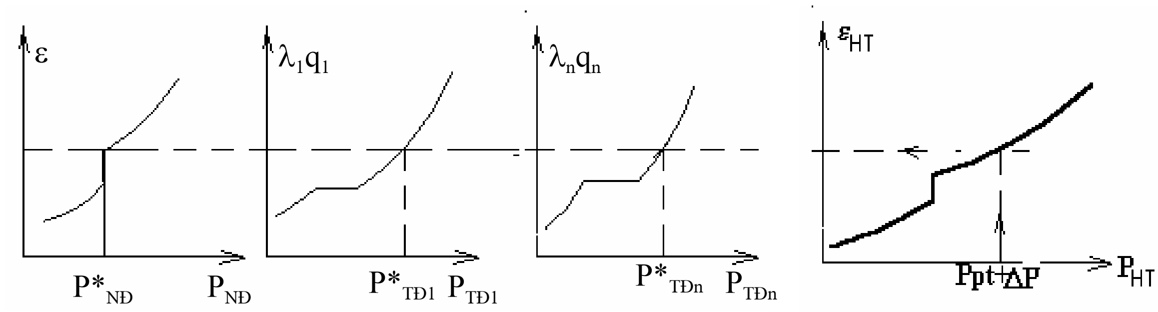
Thủ tục phân phối tiến hành như sau:

- Đối với các nhà máy nhiệt điện căn cứ vào nguyên lý cân bằng suất tăng tiêu hao nhiên liệu, xây dựng đường đặc tính ε cho nhà máy nhiệt điện đẳng trị (hình 2-4).

- Đối với từng nhà máy thủy điện, căn cứ vào lượng tiêu hao nước Qi và công suất phát P_{tdi} ta xây dựng đường đặc tính suất tăng tiêu hao nước qi.

- Trước hết khảo sát trường hợp đơn giản nhất là mọi giá trị λi là những hằng số đã cho, xây dựng các đường đặc tính λiqi cho các nhà máy thủy điện i=1,2,...,n (hình 2-4).

- Từ giá trị phụ tải tổng của hệ thống P_{pt} kể cả tổn thất trong mạng trên đồ thị suất tăng tiêu hao nhiên liệu tổng ε_{HT} (hình 2-4) ta xác định các giá trị tối ưu về công suất của nhiệt điện và các thủy điện $P^*_{nd}, P^*_{td1}, P^*_{td2}, ..., P^*_{tdn}$.



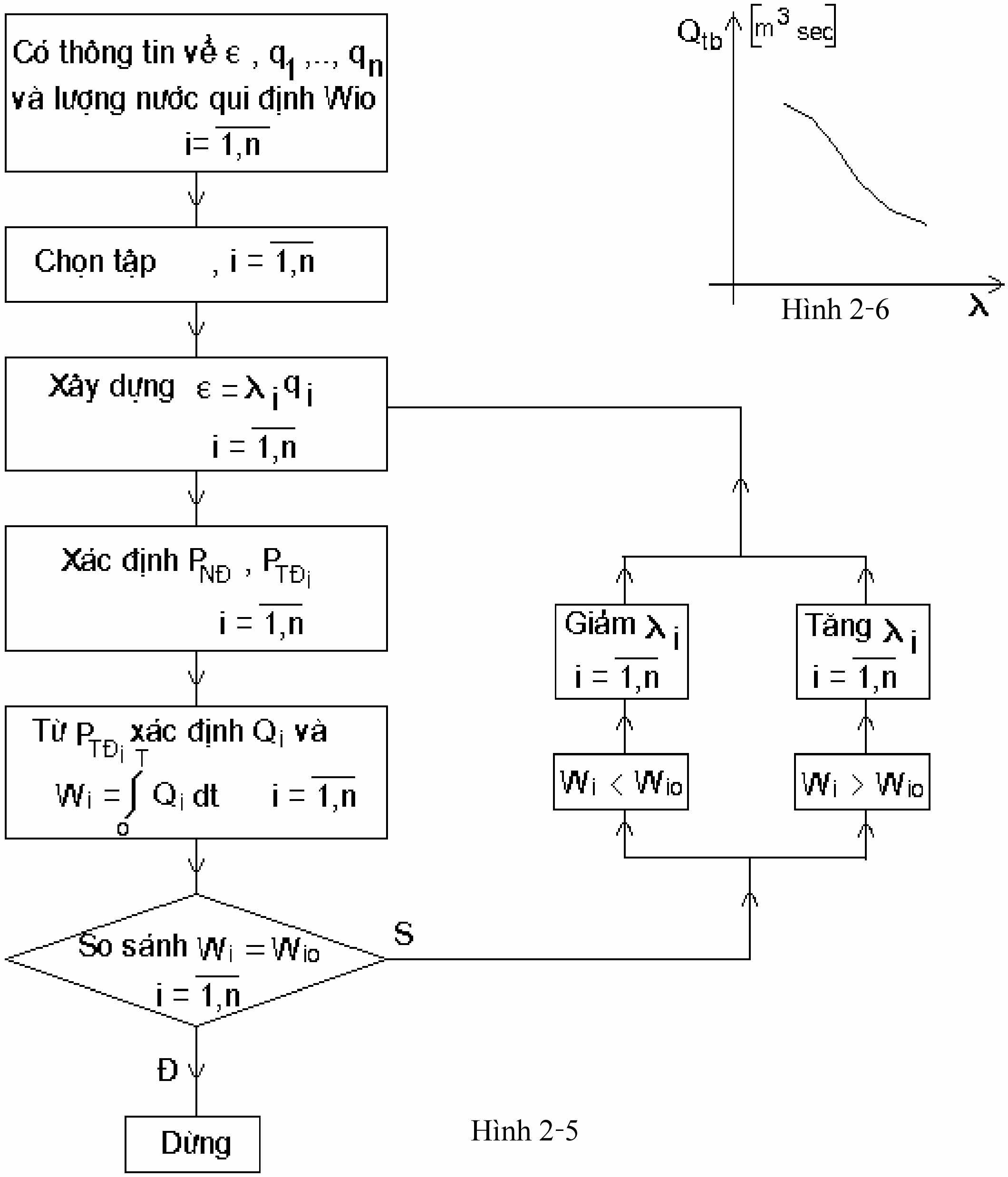
Hình 2-4

Tuy nhiên trong thực tế thường các gía trị của λi của thủy điện phải xác định theo điều kiện tối ưu mà không biết trước, vì vậy thủ tục phức tạp hơn.

Như đã phân tích, chế độ làm việc tối ưu của các nhà máy thủy điện phải đảm bảo 2 mục tiêu :

- Đạt cực tiểu tiêu hao nhiên liệu trong các nhà máy nhiệt điện.
- Đạt lượng tiêu hao nước Wi trong chu kỳ điêù tiết như qui định.

Từ đây thấy rằng phải chọn các giá trị λi một cách hợp lý.



Hình 2-5

Từ hình 2- 4 ta thấy rằng nếu ở nhà máy thủy điện i nào đó nếu chọn giá trị λi lớn thì đường đặc tính λiqi nâng cao lên do đó công suất phát của thủy điện thứ i sẽ giảm đi và dẫn đến lượng nước trong chu kỳ điều tiết nhỏ hơn qui định. Vì vậy trong trường hợp tổng quát thủ tục phân phối tối ưu công suất giữa nhiệt điện và n nhà máy thủy điện được tiến hành gần đúng theo thuật toán trên sơ đồ hình 2-5. Trong một số trường hợp do khó dự báo chính xác lượng nước trong chu kỳ điều tiết dài nên thường xác định chế độ làm việc của thủy điện theo lượng nước tiêu hao trung bình trong một ngày đêm Q_{tb} . Với những giá trị λ chọn khác nhau, giá trị của Q_{tb} ta có thể xây dựng theo đường đặc tính như hình 2-6, dựa theo đồ thị phụ tải của thủy điện. Từ đấy cũng thấy rằng khi chọn λ lớn, công suất $P_{TĐ}$ sẽ nhỏ, dẫn đến Q_{tb} nhỏ .

Trong trường hợp có một nhà máy thủy điện, việc xác định giá trị λ có thể đơn gỉan suy từ giá trị Q_{tb} qui định. Khi có nhiều thủy điện việc xây dựng các đường Q_{tb} cũng phức tạp, lúc đó thường chọn các hệ số λ_i theo phương pháp dần đúng như đã nêu .

Cần chú ý rằng các giá trị λ được chọn có tùy thuộc vào tính thời tiết. Chẳng hạn vào mùa nước lớn khi hồ không chứa hết toàn bộ lượng dòng chảy, cần chọn λ nhỏ, có thể dẫn đến λ_q nhỏ hơn cả giá trị cực tiểu của ε nhiệt điện, như vậy $Q_{TĐ}$ sẽ lớn, thủy điện sẽ phát toàn bộ công suất, nhiệt điện chỉ đảm bảo phần phụ tải còn lại. Tương tự khi nước cạn có thể thực hiện chọn λ lớn .

Trên đây khi xét chế độ làm việc tối ưu của nhiệt điện và thủy điện chỉ nhằm thỏa mản chỉ tiêu cực tiểu chi phí nhiên liệu và đảm bảo công suất phụ tải hệ thống. Trong thực tế việc chọn các tham số còn phải thỏa mản những chỉ tiêu khác như mức nước qui định ở hạ lưu phải đảm bảo, các chỉ tiêu về chất lượng điện năng như điện áp v.v...

Chương 3

TÍNH TOÁN PHÂN BỐ TỐI ƯU CÔNG SUẤT TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUI HOẠCH ĐỘNG

3.1. MỞ ĐẦU

Quy hoạch động là một phương pháp quy hoạch toán học nhằm tìm lời giải tối ưu của quá trình nhiều bước (hoặc nhiều giai đoạn). Tính từ "động" ở đây nhằm nhấn mạnh vai trò thời gian và sự xuất hiện dãy các quyết định trong quá trình giải bài toán, cũng như thứ tự các phép toán có ý nghĩa quan trọng.

Quá trình khảo sát được chia thành nhiều bước, ở mỗi bước ta sử dụng một quyết định. Quyết định ở bước trước có thể điều khiển quá trình ở bước sau. Như vậy quy hoạch động tạo nên một dãy quyết định. Dãy quyết định đó gọi là sách lược (hoặc có khi là chiến lược). Sách lược thỏa mãn mục tiêu quy định gọi là sách lược tối ưu. Chỉ tiêu tối ưu phải thể hiện đối với toàn bộ quá trình nhiều bước.

Sau đây để chuẩn bị tìm hiểu nội dung cơ bản của phương pháp quy hoạch động ta khảo sát một thí dụ về quá trình điều khiển nhiều bước.

Giả thiết cần tìm một sách lược tối ưu để phân phối nguồn vốn ban đầu X cho một hệ thống k xí nghiệp hoạt động trong n năm sao cho lợi nhuận thu được từ k xí nghiệp đó sau n năm là cực đại.

Ở đây nguồn vốn X có thể là nguồn vật tư, sức lao động, công suất đặt của máy móc .v.v... Ngoài ra bài toán có thể xây dựng theo những mục tiêu khác như chi phí về nhiên liệu là cực tiểu, hiệu quả tổng về lao động là cực đại v.v...

Sách lược tối ưu ở đây là bộ giá trị nguồn vốn đầu tư cho từng nhà máy ở mỗi năm sao cho lợi nhuận tổng sau n năm là cực đại.

Giả thiết gọi $X_j^{(i)}$ là giá trị nguồn vốn đầu tư cho xí nghiệp i ở đầu năm j, trong đó i = 1,2 ... k và j = 1,2 ...n, ngoài ra thỏa mãn điều kiện về cân bằng nguồn vốn ở mỗi năm :

$$\sum_{t=1}^{k} X_j^{(i)} = X_j : j = 1, 2 ..., n \qquad (3\text{-}1)$$

trong đó X_j là nguồn vốn tổng còn lại, đặt vào năm j cho k xí nghiệp.

Lợi nhuận tổng của k xí nghiệp sau n năm ký hiệu là W, giá trị của W phụ thuộc vào nguồn vốn ban đầu X và số năm hoạt động n. Có thể biểu diễn W là hàm của các giá trị $X_j^{(i)}$

$$W(X,n) = W(X_1^{(i)}, X_2^{(i)} ..., X_n^{(i)}) \qquad (3\text{-}2)$$

Đây là bài toán điển hình của quy hoạch động và có thể phát biểu như sau :

Xác định tập giá trị $\{X_j^{(i)}\}$; i = 1,2 ...,k; j = 1, 2 ,...,n sao cho :

$$W(X,n) \Rightarrow \max \qquad (3\text{-}3)$$

và thỏa mãn :

$$\sum_{t=1}^{k} X_j^{(i)} = X_j : j = 1, 2 ..., n \qquad (3\text{-}4)$$

$$X_j^{(i)} \geq 0 \tag{3-5}$$

trong đó biểu thức (3-3) ở trường hợp này có thể biểu diễn bằng tổng lợi nhận của n năm, nghĩa là :

$$W(X,n) = \sum_{t=1}^{k} W_j\left(X_j\right) \tag{3-6}$$

trong đó W_j là lợi nhuận của k xí nghiệp ở năm thứ j. Như vậy hàm mục tiêu W(X,n) có dạng một tổng, đây là một dạng thuận lợi khi sử dụng phương pháp quy hoạch động.

Ở đây giả thiết rằng nguồn vốn X đưa vào năm đầu tiên cho k xí nghiệp và hàng năm không được bổ sung. Không những thế lượng nguồn vốn của mỗi xí nghiệp qua từng năm đều bị hao hụt do sử dụng để sản xuất sinh lợi nhuận, nghĩa là đối với xí nghiệp i có :

$$X_1^{(i)} > X_2^{(i)} > ... > X_j^{(i)} > .... > X_n^{(i)} \tag{3-7}$$

Lời giải tối ưu ở đây được xác định nhờ giải quyết mâu thuẩn sau đây : Thường xí nghiệp sản xuất đem lại lợi nhuận nhiều lại có tỷ lệ hao hụt về nguồn vốn cao (hư hỏng máy móc, sử dụng nhiều vật tư, thiết bị, lao động). Ngoài ra cần đặc biệt lưu ý là lợi nhuận của k xí nghiệp phải đạt giá trị cực đại sau n năm, mà không phải chỉ xét từng năm riêng rẽ.

Bài toán xác định sách lược tối ưu phân phối nguồn vốn X cho k xí nghiệp sản xuất trong n năm trên đây có thể giải quyết theo hai hướng :

+ *Hướng thứ nhất* : Xác định đồng thời bộ giá trị $\left\{X_j^{(i)}\right\}$ để hàm lợi nhuận W(W1, W2 ..., Wn) đạt giá trị cực đại trong không gian n chiều. Trong trường hợp n nhỏ, các hàm W_j là giải tích, khả vi, bài toán có thể giải được nhờ những phép tính vi, tích phân. Khi n lớn (chẳng hạn n = 10) bài toán đã trở nên rất phức tạp.

+ *Hướng thứ hai* : Giải quyết bài toán trên đây theo từng bước. Hướng này cho thuật toán đơn giản hơn, đặc biệt trong trường hợp số bước n (số giai đoạn, số năm) là lớn. Hướng này thể hiện nội dung tinh thần của phương pháp quy hoạch động : Việc tối ưu hóa được thực hiện dần từng bước, nhưng phải đảm bảo nhận được lời giải tối ưu cho cả n bước. Đó là một đặc điểm quan trọng về nguyên lý tối ưu của quy hoạch động, nghĩa là trong quá trình tìm lời giải không được phép nhìn cục bộ, tìm tối ưu riêng rẽ cho từng bước mà phải nhìn rộng ra những bước sau, vì trong nhiều trường hợp một quyết định đem lại lợi nhuận cực đại riêng rẽ cho bước này có thể dẫn đến hậu quả tai hại cho bước sau. Chẳng hạn trong thí dụ về sách lược quản lý các xí nghiệp nêu trên, nếu chỉ nhìn cục bộ trong 1 năm thì để đạt lợi nhuận tối đa, ta đầu tư toàn bộ nguồn vốn X cho xí nghiệp nào mà sản xuất có nhiều lợi nhuận nhất mặc dù sau năm đó thiết bị hư hỏng nhiều gây thiệt hại sản xuất cho những năm sau.

Theo tinh thần của phương pháp quy hoạch động nêu trên, ta thấy ở mỗi bước đều phải chọn quyết định sao cho dãy quyết định còn lại phải tạo thành một sách lược tối ưu. Đó chính là nguyên lý tối ưu của quy hoạch động, nguyên lý dó còn có thể phát biểu như sau : "Một bộ phận của sách lược tối ưu cũng là một sách lược tối ưu". Điều đó phản ánh quan điểm hệ thống khi xét tối ưu theo từng bước như đã trình bày.

Tuy nhiên có một bước mà khi làm tối ưu ta không cần quan tâm đến tương lai, đó là bước cuối cùng (bước thứ n). Vì vậy quá trình quy hoạch động được tiến hành theo trình tự ngược: từ bước cuối cùng lên bước đầu tiên.

Trước hết ta quy hoạch cho bước cuối cùng. Nhưng khi đó chưa biết kết cục của bước trước đó, nghĩa là chưa biết bước (n - 1) kết thúc ra sao, chẳng hạn trong thí dụ về quản lý xí nghiệp, ta chưa biết năm thứ (n - 1) nguồn vốn còn lại bao nhiêu, lợi nhuận đã đạt được là bao nhiêu ... *Vì vậy cách làm của quy hoạch động là tìm lời giải tối ưu ở bước n ứng với những phương án kết thúc khác nhau ở bước (n-1). Lời giải đó được gọi là giá trị tối ưu có điều kiện ở bước n nhằm đạt cực trị hàm mục tiêu ở bước n (và không quan tâm đến trạng thái của hệ sau bước n).*

Tiếp tục cần xác định lời giải tối ưu có điều kiện ở bước (n - 1) ứng với mọi phương án kết thúc có thể của bước (n-2) sao cho hàm mục tiêu đạt cực trị trong cả hai bước cuối (bước n - 1 và n)

Tiếp theo khảo sát như vậy đến bước đầu tiên. Ở mỗi bước ta tìm được lời giải tối ưu có điều kiện đảm bảo cho cả dãy quyết định tiếp theo đến bước n là tối ưu. Thủ tục đó phản ánh nguyên lý tối ưu đã trình bày.

Sau khi thực hiện xong trình tự ngược xác định được lời giải (quyết định) tối ưu có điều kiện ở mỗi bước, căn cứ vào trạng thái ban đầu đã cho của bài toán, ta tiến hành trình tự thuận từ bước 1 đến bước n và xác định dãy quyết định tối ưu.

Về mặt toán học, nhờ việc chuyển nghiên cứu quá trình n bước về từng bước, phương pháp quy hoạch động đã làm giảm thứ nguyên của bài toán, tạo thuận lợi để giải. Ngoài ra nhờ những thủ tục truy chứng mang tính chất chương trình hóa nên phương pháp quy hoạch động dễ dàng thực hiện trên máy tính điện tử số.

Ở đây cần chú ý rằng việc mô tả n giai đoạn (trong thời gian) của quá trình chỉ là quy ước, cũng có thể quan niệm hệ gồm n đối tượng khảo sát trong một giai đoạn thời gian hoặc tổng quát là hệ gồm k đối tượng hoạt động trong n giai đoạn thời gian.

3.2. THÀNH LẬP PHƯƠNG TRÌNH PHIẾM HÀM BELLMAN

Xét bài toán phân phối nguồn vốn như sau: Giả thiết ta đầu tư nguồn vốn ban đầu X_1 vào một xí nghiệp để sản xuất hai mặt hàng A và B. Quá trình khảo sát là n năm. Vào đầu năm thứ nhất nguồn vốn tổng X_1 được phân làm hai phần: x_1 để sản xuất mặt hàng A và $(X_1 - x_1)$ để sản xuất mặt hàng B.

Sau năm đầu mặt hàng A mang lại cho Xí nghiệp một lợi nhuận theo quan hệ $g(x_1)$, mặt hàng B mang lại lợi nhuận $h(X_1 - x_1)$.

Để sản xuất các mặ hàng, nguồn vốn đều bị hao hụt. Giả thiết sau năm đầu sản xuất mặt hàng A, nguồn vốn x_1 còn:

$$x_2 = ax_1 \qquad \text{trong đó } 0 < a < 1$$

đối với mặt hàng B nguồn vốn còn:

$$(X_2 - x_2) = b(X_1 - x_1) \qquad \text{trong đó } 0 < b < 1$$

Nguồn vốn x_2 và $(X_2 - x_2)$ tiếp tục đầu tư vào năm thứ hai để sản xuất mặt hàng A và B. Quá trình tiếp diễn trong n năm.

Giá trị ban đầu X_1 cũng như số năm n đã biết. Do có sự khác nhau giữa các giá trị $g(x_i)$, $h(X_i - x_i)$, a, b nên xuất hiện yêu cầu tìm sự phân phối tối ưu nguồn vốn X_i trong từng năm sao cho tổng lợi nhuận của xí nghiệp sau n năm là cực đại.

3.2.1. Cách đặt bài toán theo phương pháp cổ điển:

Bài toán phân phối nguồn vốn trên đây có thể phát biểu một cách cổ điển như sau:

Cần xác định các giá trị $x_1, x_2, \ldots x_n$ là lượng nguồn vốn đầu tư để sản xuất mặt hàng A ở năm thứ nhất, thứ hai, ... thứ n, sao cho tổng lợi nhuận của xí nghiệp khi sản xuất hai mặt hàng A và B sau n năm là cực đại, nghĩa là:

$$W(x_1,x_2,\ldots x_n) = g(x_1) + h(X_1 - x_1) + g(x_2) + h(X_2 - x_2) + \ldots + g(x_n) + h(X_n - x_n) \Rightarrow \max \qquad (3\text{-}8)$$

Trong đó : $0 \le x_i \le X_i$ $\qquad i = 1, 2, \ldots, n \qquad (3\text{-}9)$

Và :

$$\left.\begin{aligned} &X_1 \text{ đã cho} \\ &X_2 = ax_1 + b(X_1 - x_1) \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &X_n = ax_n + b(X_{n-1} - x_{n-1}) \end{aligned}\right\} \qquad (3\text{-}10)$$

Bài toán chuyển thành yêu cầu xác định điểm cực đại của hàm $W(x_1, x_2, \ldots x_n)$ trong không gian n chiều với các ràng buộc dạng (3-9) và (3-10).

Trong trường hợp n nhỏ lời giải có thể nhận được bằng phép tính vi phân. Tuy nhiên cần thận trọng về một số trường hợp cực đại có thể nằm ở biên của ràng buộc, ngoài ra khi n lớn, chẳng hạn $n \ge 10$, bài toán trở nên rất phức tạp. Không những thế, cách giải bài toán như vậy cho quá nhiều thông tin không cần thiết, vì khi đã biết X_1 và n chỉ cần xác định x_1 như là hàm của X_1 và n, như vậy bài toán được giải hoàn toàn, và suy ra $x_2, x_3 \ldots x_n$. Theo ý đó ta có thể đặt bài toán một cách mới, theo tinh thần quy hoạch động.

3.2.2. Cách đặt bài toán theo tinh thần quy hoạch động.

Để đơn giản ta giả thiết các hàm lợi nhuận $g(x_i)$ và $h(X_i - x_i)$ chỉ phụ thuộc vào lượng vốn đầu tư vào đầu năm thứ i là x_i và $(X_i - x_i)$, mà không thay đổi theo thời gian, nghĩa là dạng hàm $g(x_i)$ và $h(X_i - x_i)$ độc lập với thời gian.

Nhờ sách lược tối ưu phân phối nguồn vốn, lợi nhuận của xí nghiệp sau n năm sản xuất mặt hàng A và B đạt giá trị cực đại $f_n(X_1)$ là hàm của nguồn vốn ban đầu X_1 và số năm n khảo sát.

Nếu quá trình sản xuất của xí nghiệp chỉ diễn ra trong một năm thì lợi nhuận cực đại $f_1(X_1)$ có dạng :

$$f_1(X_1) = \max_{0 \le x_1 \le X_1} \{g(x_1) + h(X_1 - x_1)] \qquad (3\text{-}11)$$

trong đó $f_1(X_1)$ là giá trị cực đại của lợi nhuận khi số năm khảo sát n = 1 và số nguồn vốn đặt vào năm đầu tiên là X_1.

Biểu thức (3-11) cho ta cách xác định giá trị $f_1(X_1)$ như sau: cho x_1 nhận các giá trị khác nhau từ 0 đến X_1, tính $g(x_1)$ và $h(X_1 - x_1)$ sau đó xác định $f_1(X_1)$. Từ đây thấy rằng nếu chỉ xét quá trình sản xuất 1 năm, nếu $g(x_1) > h(X_1 - x_1)$ thì toàn bộ X_1 đầu tư để sản xuất mặt hàng A, mặc dù sau một năm lượng X_1 đó sẽ bị hao hụt nhiều (giả thiết $a > b$) nhưng điều đó ta không quan tâm.

Bây giờ khảo sát quá trình chỉ trong 2 năm (không phải hai năm đầu của quá trình nhiều năm), nghĩa là n = 2. Khi đó, sau năm thứ nhất nguồn vốn đầu tư để sản xuất mặt hàng A trong năm thứ hai là:

$$x_2 = ax_1$$

đối với mặt hàng B có $(X_2 - x_2) = b(X_1 - x_1)$

Theo nguyên lý tối ưu của quy hoạch động thì dù cho năm đầu phân phối X_1 thế nào, thì số vốn còn lại là $X_2 = ax_1 + b(X_1 - x_1)$ cũng phải phân phối tối ưu trong những năm còn lại, ở đây là 1 năm còn lại. Vì vậy lợi nhuận thu được ở năm thứ hai với số vốn X_2 phải đạt cực đại, bằng $f_1(X_2)$

$$f_1(X_2) = f_1[ax_1 + b(X_1 - x_1)] \qquad (3\text{-}12)$$

trong đó $f_1(X_2)$ là lợi nhuận cực đại của 1 năm cuối của quá trình n = 2 năm.

Từ đây có thể viết biểu thức lợi nhuận cực đại của xí nghiệp trong quá trình sản xuất n = 2 năm

$$f_2(X_1) = \max_{0 \le x_1 \le X_1} \{g(x_1) + h(X_1 - x_1) + f_1(X_2)\} \qquad (3\text{-}13)$$

hoặc:

$$f_2(X_1) = \max_{0 \le x_1 \le X_1} \{g(x_1) + h(X_1 - x_1) + \max_{0 \le x_2 \le X_2} [g(x_2) + h(X_2 - x_2)]\} \qquad (3\text{-}14)$$

trong đó:

$$x_2 = ax_1$$
$$(X_2 - x_2) = b(X_1 - x_2)$$

Khảo sát trường hợp tổng quát: Xí nghiệp cần xây dựng sách lược phân phối tối ưu nguồn vốn X_1 trong quá trình n năm.

Giả thiết quá trình chia làm hai giai đoạn: năm đầu tiên và (n - 1) năm còn lại. Khi đó lợi nhuận tổng của xí nghiệp sau n năm bằng tổng hai khoản lợi nhuận: Khoản lợi nhuận năm đầu tiên do nguồn vốn X_1 gây nên:

$$g(x_1) + h(X_1 - x_1)$$

và khoản lợi nhuận của (n - 1) năm sau tạo nên bởi nguồn vốn còn lại sau năm thứ nhất là $X_2 = ax_1 + b(X_1 - x_1)$.

Theo nguyên lý tối ưu của quy hoạch động, dù ở năm thứ nhất giá trị x_1 được chọn thế nào, thì số vốn còn lại $X_2 = ax_1 + b(X_1 - x_1)$ cũng cần phải phân phối tối ưu suốt trong (n - 1) năm còn lại để nhận được giá trị lợi nhuận cực đại $f_{n-1}(X_2)$. Vì vậy để cho tổng lợi nhuận sau n năm là cực đại cần xác định x_1 sao cho đạt cực đại phiếm hàm sau đây:

$$W_n(x_1, X_1) = [g(x_1) + h(X_1 - x_1) + f_{n-1}(X_2)] \Rightarrow \max \qquad (3\text{-}15)$$

Đặt $f_n(X_1) = \max Wn(x_1, X_1)$

Ta có phương trình phiếm hàm Bellman, xác định thủ tục phân phối tối ưu trong quá trình n bước như sau:

$$f_n(X_1) = \max \ \{g(x_1) + h\,(X_1 - x_1) + f_{n-1}\ [ax_1 + b\,(X_1 - x_1)]\} \qquad (3\text{-}16)$$

Trong đó $f_n(X_1)$ là giá trị cực đại của lợi nhuận trong n năm khi nguồn vốn tổng đặt vào năm đầu là X_1.

$f_{n-1}\ [ax_1 + b\,(X_1 - x_1)] = f_{n-1}(X_2)$ là giá trị cực đại lợi nhuận của (n - 1) năm còn lại khi nguồn vốn tổng đặt vào là X_2 (từ năm thứ hai).

Phương trình phiếm hàm Bellman dạng (3-16) có ứng dụng rộng rãi và hiệu lực trong nhiều lĩnh vực quy hoạch các hệ thống phức tạp, đặc biệt khi số bước n lớn, thủ tục xác định $x_1, x_2 ..., x_n$ được chương trình hóa và thực hiện trên máy tính điện tử.

Phương trình (3-16) có tính chất truy chứng vì giá trị $f_n(X_1)$ xác định thông qua $f_{n-1}(X_2)$ trong đó lại có:

$$f_{n-1}(X_2) = \max \{g(x_2) + h\,(X_2 - x_2) + f_{n-2}\ [ax_2 + b\,(X_2 - x_2)]\} \qquad (3\text{-}17)$$

$$0 \le x_2 \le X_2$$

Và tiếp tục tính cho đến $f_1(X_n)$ là giá trị cực đại của lợi nhuận 1 năm cuối cùng khi vốn đầu tư là X_n. Giá trị $f_1(X_n)$ được tính trước tiên.

Ở đây:

$$f_1(X_n) = \max \{g(x_n) + h\,(X_n - x_n)\} \qquad (3\text{-}18)$$

$$0 \le x_n \le X_n$$

trong đó:

$$x_n = ax_{n-1}; \quad (X_n - x_n) = b\,(X_{n-1} - x_{n-1})$$

3.3. ÁP DỤNG:

Để minh họa thủ tục xác định sách lược tối ưu theo phương trình phiếm hàm Bellman ta xét ví dụ đơn giản sau đây:

Ví dụ 3-1: Vẫn sử dụng bài toán phân phối nguồn vốn (thiết bị) X_1 cho xí nghiệp sản xuất hai mặt hàng. Giả thiết hàng năm mặt hàng A cho lợi nhuận $g(x_i) = x_i^2$; i = 1, 2, 3 ; mặt hàng B cho lợi nhuận $h\,(X_i - x_i) - 2\,(X_i - x_i)^2$; i = 1, 2, 3. Sau mỗi năm do hao mòn, nguồn vốn x_i thành $x_{i+1} = ax_i$ với a = 0,75. Nguồn $(X_i - x_i)$ thành $(X_{i+1} - x_{i+1}) = b\,(X_i - x_i)$ với b = 0,30. Xét quá trình sản xuất trong 3 năm. Cần xác định x_1 và từ đấy có x_2, x_3, $(X_1 - x_1)$, $(X_2 - x_2)$, $(X_3 - x_3)$ sao cho lợi nhuận của xí nghiệp sau 3 năm đạt cực đại.

Như trên đã trình bày, quá trình giải được tiến hành theo các bước sau đây:

a. Bước 1: Bắt đầu từ năm cuối cùng, ở đây là năm thứ ba. Ta xác định lời giải tối ưu có điều kiện của năm thứ 3, nghĩa là xác định giá trị nguồn vốn đầu tư x_3 cho sản xuất mặt hàng A ở năm thứ 3 khi giả thiết rằng tổng số vốn còn lại sau 2 năm là X_3 và phải đạt lợi nhuận cực đại trong năm thứ ba là $f_1(X_3)$. Ở đây có:

$$f_1(X_3) = \max\,[x_3^2 + 2\,(X_3 - x_3)^2]$$

Vì các hàm g (x_1) và h $(X_i - x_i)$ khả vi nên có thể sử dụng các phép tính vi phân.

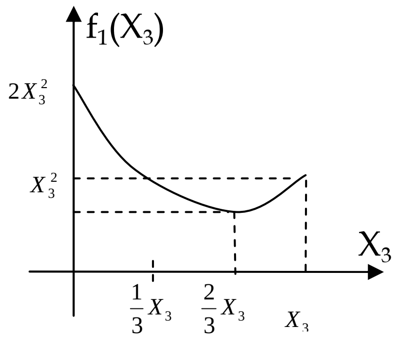
Cần xác định x_3 để đạt max $f_1\,(X_3)$

Có : $\dfrac{\partial f_1(X_3)}{\partial x_3}$ = $2x_3 - 4(X_3 - x_3) = 0$ từ đây :

$x_3 = \dfrac{2}{3}X_3$

vì $\dfrac{\partial^2 f_1(X_3)}{\partial x_3^2} = 6 > 0$

nên giá trị $x_3 = \dfrac{2}{3}X_3$ ứng với cực tiểu của hàm $f_1(X_3)$.



Hình 3-1

Như vậy hàm $f_1(X_3)$ đạt cực đại ở các giá trị biên của x_3 trong khoảng 0 và X_3 (xem Hình 3-1)

Với $x_3 = 0$ có $f_1(X_3) = 2X_3^2$

Với $x_3 = X_3$ có $f_1(X_3) = X_3^2$.

Vậy lời giải tối ưu là $x_3 = 0$, nghĩa là ở năm thứ ba, hoàn toàn không đầu tư vốn để sản xuất mặt hàng A mà tất cả vốn X_3 dùng để sản xuất mặt hàng B. Điều đó dễ hiểu vì lợi nhuận do mặt hàng B đem lại gấp đôi do A đem lại. Tuy nhiên tỷ lệ hao mòn vốn khi sản xuất B rất lớn (70%) nhưng vì là năm cuối nên ta không quan tâm đến những năm tiếp nữa.

b. Bước 2: Ta xác định lời giải tối ưu có điều kiện ở năm thứ hai sao cho lợi nhuận đạt cực đại trong cả hai năm cuối (thứ hai và thứ ba). Lợi nhận cực đại trong hai năm cuối $f_2(X_2)$ khi nguồn vốn đặt vào năm thứ hai là X_2 có dạng:

$$f_2(X_2) = \max [x_2^2 + 2(X_2 - x_2)^2 + f_1(X_3)]$$

Mà ở trên ta đã tính được $f_1(X_3) = 2X_3^2$

Trong đó :

$$X_3 = x_3 + (X_3 - x_3) = ax_2 + b(X_2 - x_2) = 0{,}75x_2 + 0{,}3(X_2 - x_2)$$

Thay giá rị $f_1(X_3)$ vào hàm $f_2(X_2)$ ta nhận được một đa thức bậc 2 cần tìm cực đại. Hàm $f_1(X_2)$ cũng là một parabol lõm và có giá trị cực đại ở biên (hình 3-1). Giải ra nhận được :

Với $x_2 = 0$ có $f_2(X_2) = 2{,}18\,X_2^2$

Với $x_2 = 0$ có $f_2(X_2) = 2{,}125X_2^2$

Như vậy để đảm bảo sách lược tối ưu cho cả hai năm cuối thì ở năm thứ hai toàn bộ nguồn vốn X_2 cũng dùng để sản xuất mặt hàng B. Khi đó lợi nhuận cực đại của cả hai năm cuối là:

$f_2(X_2) = 2{,}18X_2^2$ khi lượng vốn còn lại sau năm đầu là X_2

c. Bước 3: Ta xác định lời giải tối ưu có điều kiện cho năm đầu tiên sao cho đạt cực đại lợi nhuận trong cả ba năm và có giá trị $f_3(X_1)$ ứng với nguồn vốn đầu tư vào năm thứ nhất là X_1:

$$f_3(X_1) = \max [x_1^2 + 2(X_1 - x_1)^2 + f_2(X_2)]$$

$$0 \le x_1 \le X_1$$

Mà đã tính được :

$$f_2(X_2) = 2{,}18\,X_2^2 = 2{,}18\,[0{,}75\,x_1 + 0{,}3\,(X_1 - x_1)]^2$$

Thay giá trị $f_2(X_2)$ vào hàm $f_3(X_1)$ để khảo sát cực đại. Tương tự như hai trường hợp trên, hàm $f_3(X_1)$ là một parabol lõm, giá trị cực đại đạt ở biên ($x_1 = 0$ và $x_1 = X_1$)

Với $x_1 = 0$ có $f_1(X_1) = 2,20\ X_1^2$

Với $x_1 = X_1$ có $f_1(X_1) = 2,23\ X_1^2$

Vậy để đảm bảo có sách lược tối ưu phân phối nguồn vốn trong 3 năm thì trong năm thứ nhất phải có $x_1 = X_1$, nghĩa là toàn bộ nguồn vốn dùng để sản xuất mặt hàng A. Lợi nhuận cực đại sau 3 năm của xí nghiệp là :

$f_3(X_1) = 2,23X_1^2$

Tóm lại khi cho nguồn vốn ban đầu X_1 ta đã nhận được sách lược tối ưu gồm một dãy quyết định như sau:

$x_1 = X_1;\ x_2 = 0;\ x_3 = 0$

và $f_3(X_1) = 2,23X_1^2$

Qua thí dụ trên đây cần chú ý mấy điểm sau đây :

1. Trên đây chỉ khảo sát quá trình sản xuất là 3 năm. Khi số năm khảo sát là n (n> 3) mà những số liệu của bài toán g(x), $h(X_1\text{-}x_1)$, a, b như cũ thì có thể suy ra được sách lược tối ưu như sau:

Hai năm cuối cùng toàn bộ vốn dùng để sản xuất mặt hàng B, còn từ năm đầu cho đến năm thứ (n - 3) toàn bộ vốn dùng để sản xuất mặt hàng A.

2. Kết quả của ví dụ trên đây là những trường hợp đặc biệt, ở mỗi bước toàn bộ nguồn hoặc cho đối tượng A hoặc cho B. Thực tế thường gặp trường hợp ở mỗi bước cả hai đối tượng A và B đều nhận nguồn vốn, điều đó ứng với trường hợp hàm $f_n(X_1)$; $f_{n-1}(X_2)$ ... là những đa thức đạt cực đại với giá trị x_i trong khoảng $0 < x_i < X_i$.

3. Trong ví dụ trên các hàm $g(x_i)$ và $f(X_i - x_i)$ đều giải tích và khả vi nên sử dụng được những phép tính vi phân. Ở đây việc tìm cực trị trong không gian 3 chiều (x_1, x_2, x_3) nhờ tinh thần của phương pháp quy hoạch động đã chuyển về tìm cực trị trong không gian 1 chiều (một thứ nguyên) trong từng bước.

3.4. PHƯƠNG PHÁP QHĐ KHI HÀM MỤC TIÊU CÓ DẠNG TỔNG:

Trong thực tế, nhiều trường hợp hàm mục tiêu được biểu diễn trong dạng đa thức, là tổng của nhiều thành phần. Lợi nhuận của xí nghiệp trong n năm bằng tổng lợi nhuận các năm; chi phí nhiên liệu để sản xuất điện năng của toàn hệ thống bằng tổng chi phí nhiên liệu của các nhà máy điện cùng làm việc trong hệ thống .v.v....Ta xét bài toán sau đây:

3.4.1. Bài toán phân phối tài nguyên:

Có một loại tài nguyên (nhân công, tiền, máy móc, nguyên liệu...) trữ lượng là b cần phân phối cho n đơn vị sản xuất j (hoặc n công việc) với (j = 1...n).

Biết rằng nếu phân phối cho đơn vị thứ j một lượng tài nguyên là xj thì ta thu được hiệu quả là $C_j(x_j)$.

Bài toán đặt ra là: Hãy tìm cách phân phối lượng tài nguyên b cho n dơn vị sản xuất j sao cho tổng số hiệu quả là lớn nhất, nghĩa là tìm các nghiệm x_j sao cho:

$$\sum_{j=1}^{n} C_j(x_j) \rightarrow \max \qquad (3\text{-}19)$$

với các ràng buộc

$$\sum_{j=1}^{n} x_j \le b$$

$$x_j \ge 0 \qquad j = \overline{1,n} \qquad (3\text{-}20)$$

Kí hiệu bài toán trên là bài toán $P_n(b)$.

Gọi hiệu quả tối ưu của bài toán $P_n(b)$ là $f_n(b)$.

3.4.2.Phương pháp phương trình truy toán: *(Phiếm hàm Bellman)*

Để giải bài toán trên ta thực hiện việc lồng bài toán $P_n(b)$ vào họ các bài toán (quá trình) sau:

$$\sum_{j=1}^{k} C_j(x_j) \to \max \quad k = \overline{1,n} \qquad (3\text{-}21)$$

Với các ràng buộc

$$\sum_{j=1}^{k} x_j \le \alpha \qquad \alpha = \overline{0,b}$$

$$x_j \ge 0 \qquad j = \overline{1,n} \qquad (3\text{-}22)$$

Gọi bài toán trên là $P_k(\alpha)$.

Khi cho k và α thay đổi, bài toán $P_k(\alpha)$ sẽ thay đổi tạo thành họ các bài toán chứa bài toán ban đầu khi k = n, α = b nghĩa là đã chuyển quá trình tĩnh thành quá trình động (nhiều giai đoạn, hay nhiều bước tùy ý nghĩa của bài toán).

Gọi hiệu quả tối ưu của bài toán $P_k(\alpha)$ là $f_k(\alpha)$.

Áp dụng nguyên tắc tối ưu của Qui hoạch động để giải bài toán $P_k(\alpha)$ như sau:

Giả sử phân phối cho đơn vị thứ k một lượng tài nguyên là x_k và nhận được hiệu quả là $C_k(x_k)$, lượng tài nguyên còn lại $(\alpha-x_k)$ sẽ phân phối cho (k-1) đơn vị còn lại nhận được hiệu quả tối ưu là $f_{k-1}(\alpha-x_k)$, như vậy hiệu quả tổng cộng của k đơn vị sẽ là:

$$C_k(x_k) + f_{k-1}(\alpha-x_k) \qquad (3\text{-}23)$$

Như vậy cần tìm x_k sao cho hiệu quả tổng cộng tính theo công thức (3-23) là lớn nhất, nghĩa là hiệu quả tối ưu $f_k(\alpha)$ được xác định như sau:

$$f_k(\alpha) = \max_{0 \le x_k \le \alpha} \{C_k(x_k) + f_{k-1}(\alpha - x_k)\} \qquad (3\text{-}24)$$

Đây chính là phương trình truy toán của Qui hoạch động (còn gọi là phương trình phiếm hàm Bellman). Đã biết $f_1(\alpha)$ chính là $C_1(\alpha)$ với α thay đổi, thay giá trị f_1 vào (3-6) sẽ xác định được $f_2(\alpha)$:

Biết $f_2(\alpha)$ sẽ tính được $f_3(\alpha)$ .... cho k và α thay đổi cuối cùng sẽ tính được hiệu

$$f_2(\alpha) = \max_{0 \le x_2 \le \alpha} \{C_2(x_2) + f_1(\alpha - x_2)\} \qquad (3\text{-}25)$$

quả tối ưu $f_n(b)$ của bài toán $P_n(b)$.

3.4.3. Áp dụng để giải bài toán thực tế:

Ví dụ 3-2:

Một công ty đầu tư mua 6 máy mớiđể phân bổ cho 3 đơn vị sản xuất. Biết rằng nếu phân phối x_j máy cho đơn vị thứ j sẽ mang lại hiệu quả là $C_j(x_j)$ cho trong bảng 3-1. Hãy tìm phương án phân bổ các chiếc máy sao cho mang lại hiệu quả cao nhất?

Bảng 3-1.

Tiền lãi (Triệu đồng) / Số máy được phân phối	$C_1(x)$	$C_2(x)$	$C_3(x)$
0	0	0	0
1	4	2	3
2	6	4	4
3	7	6	4
4	8	7	4
5	8	8	4
6	8	9	4

Diễn đạt bài toán dưới dạng toán học như sau:

Hãy tìm các nghiệm x_j sao cho đạt cực đại hàm mục tiêu:

$$\sum_{j=1}^{3} C_j(x_j) \to \max$$

thỏa mản các ràng buộc:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 6$$

$$x_j \geq 0 \qquad j = (1,3)$$

Gọi $f_k(\alpha)$ là hiệu quả tối ưu (tiền lãi lớn nhất) khi phân phối α máy cho k đơn vị sản xuất. Phương trình phiếm hàm Bellman như sau:

$$f_k(\alpha) = \max_{0 \leq x_k \leq \alpha}\{C_k(x_k) + f_{k-1}(\alpha - x_k)\}$$

Ta có $f_1(\alpha) = C_1(\alpha)$, thay đổi k = (1,3) và α = (0,6) có các bước tính toán sau:

a. Cho k = 1 và thay đổi α = (0,6)

$f_1(0) = 0$; $f_1(1) = 4$;

$f_1(2) = 6$; $f_1(3) = 7$;

$f_1(4) = 8$; $f_1(5) = 8$;

$f_1(6) = 8$;

b. Cho k = 2 và thay đổi α = (0,6)

$f_2(0) = 0$;

$$f_2(1) = \max_{0 \le x_2 \le 1}\{C_2(x_2) + f_1(1-x_2)\}$$
$$= \max\{C_2(1) + f_1(0); C_2(0) + f_1(1)\}$$
$$= \max\{(0+4);(2+0)\} = 4$$

$$f_2(2) = \max_{0 \le x_2 \le 2}\{C_2(x_2) + f_1(2-x_2)\}$$
$$= \max\{C_2(0) + f_1(2); C_2(1) + f_1(1); C_2(2) + f_1(0)\}$$
$$= \max\{(0+6);(2+4);(4+0)\} = 6$$

$$f_2(3) = \max_{0 \le x_2 \le 3}\{C_2(x_2) + f_1(3-x_2)\}$$
$$= \max\{C_2(0) + f_1(3); C_2(1) + f_1(2); C_2(2) + f_1(1); C_2(3) + f_1(0)\}$$
$$= \max\{(0+7);(2+6);(4+4);(6+0)\} = 8$$

$$f_2(4) = \max_{0 \le x_2 \le 4}\{C_2(x_2) + f_1(4-x_2)\}$$
$$= \max\{C_2(0) + f_1(4); C_2(1) + f_1(3); C_2(2) + f_1(2); C_2(3) + f_1(1); C_2(4) + f_1(0)\}$$
$$= \max\{(0+8);(2+7);(4+6);(6+4);(7+0)\} = 10$$

$$f_2(5) = \max_{0 \le x_2 \le 5}\{C_2(x_2) + f_1(5-x_2)\}$$
$$= \max\begin{Bmatrix} C_2(0) + f_1(5); C_2(1) + f_1(4); C_2(2) + f_1(3); C_2(3) + f_1(2); \\ C_2(4) + f_1(1); C_2(5) + f_1(0) \end{Bmatrix}$$
$$= \max\{(0+8);(2+8);(4+7);(6+6);(7+4);(8+0)\} = 12$$

$$f_2(6) = \max_{0 \le x_2 \le 6}\{C_2(x_2) + f_1(6-x_2)\}$$
$$= \max\begin{Bmatrix} C_2(0) + f_1(6); C_2(1) + f_1(5); C_2(2) + f_1(4); C_2(3) + f_1(3); \\ C_2(4) + f_1(2); C_2(5) + f_1(1); C_2(6) + f_1(0); \end{Bmatrix}$$
$$= \max\{(0+8);(2+8);(4+8);(6+7);(7+6);(8+4);(9+0)\} = 13$$

c. Cho k = 3: Ta xét ngay trường hợp α = 6 (Vì không cần chuẩn bị số liệu để tính f_4, với k = 4, do chi có 3 đơn vị sản xuất)

$$f_3(6) = \max_{0 \le x_3 \le 6}\{C_3(x_3) + f_2(6-x_3)\}$$
$$= \max\begin{Bmatrix} C_3(0) + f_2(6); C_3(1) + f_2(5); C_3(2) + f_2(4); C_3(3) + f_2(3); \\ C_3(4) + f_2(2); C_3(5) + f_2(1); C_3(6) + f_2(0); \end{Bmatrix}$$
$$= \max\{(0+13);(3+12);(4+10);(4+8);(4+6);(4+4);(4+0)\} = 15$$

Vậy hiệu qủa tối ưu khi đem 6 chiếc máy phân phối cho 3 đơn vị sản xuất sẽ là:
$f_3(6) = C_3(1) + f_2(5) = C_3(1) + C_2(3) + f_1(2) =$ ***$C_3(1) + C_2(3) + C_1($***$2)$ = 15 triệu đồng
Phương án phân phối tối ưu là:

$x_1 = 2$; $x_2 = 3$; $x_3 = 1$

3.5. PHƯƠNG PHÁP QUY HOẠCH ĐỘNG XÁC ĐỊNH CƠ CẤU TỐI ƯU CÁC TỔ MÁY LÀM VIỆC

Một trong những bài toán quan trọng cần giải quyết khi vận hành và thiết kế hệ thống điện là ứng với mỗi thời điểm cần xác định số tổ máy làm việc và công suất ứng với mỗi tổ máy sao cho đại cực trị một hàm mục tiêu nào đó. Chỉ tiêu tối ưu ở đây có thể là chi phí tính toán về sản xuất điện năng là nhỏ nhất, là tổng điện năng sản xuất ra là cực đại, độ tin cậy cung cấp điện của toàn hệ thống đạt cực đại .v.v... Để đơn giản chỉ tiêu tối ưu thường xét theo cực tiểu lượng nhiên liệu tiêu hao trong toàn hệ thống.

Xét phân phối tối ưu công suất giữa các nhà máy trong hệ thống theo hàm mục tiêu là tổng chi phí nhiên liệu trong toàn hệ thống là bé nhất. Khi đó giả thiết rằng ở mỗi thời điểm số tổ máy n và phụ tải tổng P_n đã biết, cần xác định P_i ; i = 1, 2... n sao cho chi phí nhiên liệu $B_\Sigma \Rightarrow \min$.

Trong mục này sẽ sử dụng phương pháp quy hoạch động xét bài toán xác định số tổ máy tối ưu cần thiết làm viec ở từng thời điểm (giai đoạn) đồng thời xác định lượng công suất tối ưu phân phối giữa chúng. Như vậy ở đây tương đương với bài toán xác định sách lược tối ưu phân phối nguồn vốn tổng P_{ft} cho n đối tượng P_1, P_2 ... P_n trong cả thời kỳ nhiều bước t = 1, 2 ..., T sao cho đạt cực tiểu về chi phí nhiên liệu tổng B_Σ.

Trước hết để đơn giản, ta giả thiết là số lượng tổ máy làm việc chỉ phụ thuộc vào chỉ tiêu lượng nhiên liệu tiêu hao mà chưa xét đến ảnh hưởng của việc ngừng hoặc mở lại tổ máy, nghĩa là ở đây chưa xét đến tổn hao nhiêu liệu khi mở máy. Với giả thiết đó thì quá trình có thể xét độc lập ở mỗi thời điểm. Điều này đúng đối với các nhà máy nhiệt điện vì giả thiết rằng lượng nguồn nhiên liệu không bị hạn chế. Đối với thủy điện cần thận trọng hơn, vì quyết định lượng công suất ở bước này có ảnh hưởng nhiều đến quyết định của bước sau vì phải đảm bảo lượng nước tiêu hao không đổi cho cả chu kỳ điều tiết.

Như vậy trước hết ta xét cơ cấu tối ưu các tổ máy nhiệt điện làm việc ở mỗi thời điểm và phân phối tối ưu công suất giữa chúng, nghĩa là bài toán được phát biểu như sau: Giả thiết hệ thống gồm n tổ máy nhiệt điện. Ứng với mỗi thời điểm t trong giai đoạn T, cần xác định các giá trị công suất phát của các tổ máy.

Sao cho :

$$B_\Sigma = \sum_{i=1}^{n} B_i(P_i) \Rightarrow \min \tag{3-26}$$

và thõa mãn ràng buộc :

$$\sum_{i=1}^{n} P_i = P_{ft} \tag{3-27}$$

$$P_{imin} \leq P_i \leq P_{imax} \tag{3-28}$$

Trong đó B_i (P_i) là quan hệ giữa chi phí nhiên liệu của tổ máy i khi phát công suất P_i , P_{ft} là yêu cầu về công suất tổng của hệ thống có kể đến tổn hao trong mạng điện. Ở đây P_{ft} chính là lượng nguồn vốn tổng cần phân phối cho n đối tượng.

Lời giải [P_i] ; i = 1, 2, ...,n thỏa mãn các điều kiện trên sẽ cho ta biết về cơ cấu tối ưu các tổ máy, ứng với P_k = 0 chứng tỏ ở thời điểm đó không nên cho tổ máy k làm việc.

Sau đây trình bày thuật toán giải dựa trên phương trình phiếm hàm Bellman.

3.5.1. Thuận toán dựa trên phương trình phiến hàm Bellman

Ở đây ta sử dụng phương pháp quy hoạch động trong sách lược phân phối tối ưu (nguồn vốn) công suất P_{ft} cho n đối tượng. Giả thiết đối tượng thứ n đã nhận công suất P_n, theo nguyên lý tối ưu của quy hoạch động, dù P_n là bao nhiêu, thì số nguồn còn lại $(P_{ft} - P_n)$ cũng phải phân phối một cách tối ưu cho (n - 1) đối tượng còn lại. Khi đó chi phí nhiên liệu trong toàn hệ thống là:

$$B(P_1, ..., P_n) = B_n(P_n) + f_{n-1}(P_{ft} - P_n) \qquad (3\text{-}29)$$

Trong đó $B_n(P_n)$ là chi phí nhiên liệu của tổ máy thứ n khi công suất phát ra là P_n

$f_{n-1}(P_{ft} - P_n)$ là chi phí nhiên liệu cực tiểu khi phân phối lượng công suất $(P_{ft} - P_n)$ cho (n - 1) tổ máy còn lại.

Việc chọn tổ máy nào là thứ n không ảnh hưởng đến kết quả tính toán B (P_1, ..., P_n). Từ đây ta có phương trình phiếm hàm Bellman trong trường hợp này như sau:

$$f_n(P_{ft}) = \min_{0 \le P_n \le P_{ft}} \{B_n(P_n) + f_{n-1}(P_{f1} - P_n)\} \qquad (3\text{-}30)$$

Trong đó $f_n(P_{ft})$ là chi phí nhiên liệu cực tiểu khi phân lượng công suất tổng P_{ft} cho n tổ máy nhiệt điện. Biểu thức (3-30) có dạng truy chứng như đã biết, và việc giải cũng sẽ được tiến hành theo hai quá trình:

Quá trình ngược nhằm xác định lời giải tối ưu có điều kiện, nghĩa là xác định cơ cấu tổ máy tối ưu với những giá trị nguồn khác nhau khi bắt đầu từ bước cuối cùng, ở đây là một tổ máy. Sau đó xác định tối ưu có điều kiện của hai bước cuối cùng, ở đây là hai tổ máy .v.v... cho đến n tổ máy. Như vậy quá trình ngược là chuẩn bị đầy đủ thông tin về lời giải tối ưu phục vụ cho quá trình thuận tiếp theo.

Trong quá trình thuận, căn cứ vào P_{ft} đã cho, dựa vào những kết quả chuẩn bị ở quá trình ngược, xác định được cơ cấu tối ưu các tổ máy làm việc và phân phối tối ưu công suất giữa chúng.

Sau đây trình bày thuật toán của quá trình ngược và thuận để giải bài toán đã nêu.

Quá trình ngược bao gồm các bước sau đây :

1. Tìm lời giải tối ưu có điều kiện đối với từng tổ máy, nghĩa là xác định $B_i(P_i)$; i= 1, 2, ..., n, trong đó P_i nhận các giá trị từ $P_i = 0$ đến P_{imax}. Trong trường hợp đặc tính tiêu hao nhiên liệu $B_i(P_i)$ cho i trong dạng bảng số, ta có thể sử dụng trực tiếp. Kết quả tính ở bước này được ghi vào bộ nhớ, chính là các giá trị $f_1(P_i) = B_i(P_i)$

2. Đối với trường hợp hai tổ máy, ta áp dụng phương trình phiếm hàm Bellman, cần xác định:

$$f_2(P_{ft}) = \min_{P_{2min} \le P_2 \le P_{2max}} \{B_2(P_2) + f_1(P_{ft} - P_2)\} \qquad (3\text{-}31)$$

Trong đó $f_2(P_{ft})$ là chi phí nhiên liệu cực tiểu khi phân phối phụ tải P_{ft} cho hai tổ máy; $f_1(P_{ft} - P_2)$ là chi phí nhiên liệu cực tiểu của tổ máy một khi có lượng phụ tải chung là P_{ft} và tổ máy thứ hai nhận P_2.

Ứng với bước này, để xác định lời giải tối ưu có điều kiện ta cần thực hiện hai chu trình.

* *Chu trình trong:* Cho giá trị P_{ft} là cực tiểu : P_{ftmin} và thay đổi giá trị P_2 từ 0 đến P_{2max} (hoặc từ P_{2min}). Với mỗi giá trị P_2 ta tính chi phí nhiên liệu cho hai tổ máy, sau đó so sánh lấy giá trị min, theo biểu thức (3-31). Như vậy ứng với một giá trị phụ tải P_{ftmin} trong trường hợp 2 tổ máy, ta ghi được trị số tối ưu P_2 (P_{ftmin}) là công suất cần phát của tổ máy 2. Tất nhiên $P_1 = P_{ftmin} - P_2$. Ngoài ra cũng ghi được giá trị chi phí nhiên liệu cực tiểu khi phân phối P_{ftmin} cho hai tổ máy.

* *Chu trình giữa:* Bây giờ cho giá trị P_{ft} tăng dần, từ $P_{ft} = P_{f1min} = \Delta P$ đến $P_{f1}=2\Delta P$ ..., trong đó ΔP là bậc công suất chung trong hệ thống (thường căn cứ theo bảng số liệu đã cho).

Ứng với mỗi giá trị P_{ft} ta lại thay đổi giá trị P_2 như trình bày ở chu trình trong và xác định được P_2 ($P_{ftmin} + K\Delta P$) và f_2($P_{ftmin} + K\Delta P$); K = 1,2,...

Tăng dần giá trị P_{ft} đến $P_{ftmax} = P_{1max} + P_{2max}$

Tóm lại ở cuối bước hai này, đối với hai tổ máy ta ghi được một dãy kết quả về phân phối tối ưu các phụ tải P_{ftmin}; ($P_{ftmin} + K\Delta P$); ...; ($P_{1max} + P_{2max}$) cho hai tổ máy. Những kết quả đó là :

P_2 ($P_{ftmin} + K\Delta P$) và f_2 ($P_{f1min} + K\Delta P$); K = 1,2,....

Những số liệu này chuẩn bị cho quá trình thuận sau này.

3. Trên đây là công việc chuẩn bị cho hai tổ máy. Bây giờ để tiếp tục tính cho 3 tổ máy ta thực hiện như sau:

* *Chu trình ngoài:* Cho số tổ máy tăng đến 3. Ứng với số tổ máy nhất định (n = 3) quá trình tính toán lặp lại hai chu trình trong và giữa, nghĩa là lại thay đổi giá trị P_3 (với P_{ft} cố định) sau đó lại thay đổi P_{ft} .

Như vậy ứng với 3 tổ máy, cũng xác định được giá trị công suất tối ưu của tổ máy thứ ba $P_3(P_{ft} + K\Delta P)$ và giá trị cực tiểu của chi phí nhiên liệu cho ba tổ máy $f_3(P_{ft}+K\Delta P)$ khi phụ tải thay đổi ($P_{ft} + K\Delta P$) , K = 0,1, 2 ...Những kết quả này đều được ghi vào bộ nhớ máy tính.

4. Xét tiếp cho 4, 5, ..., n tổ máy

Đến đây kết thúc quá trình ngược và công việc chuẩn bị đã xong, nghĩa là đã có các bộ số liệu sau:

$B_i(P_i)$; i = 1, 2, ..., n

$f_2(P_{ft})$; $P_2(P_{ft})$

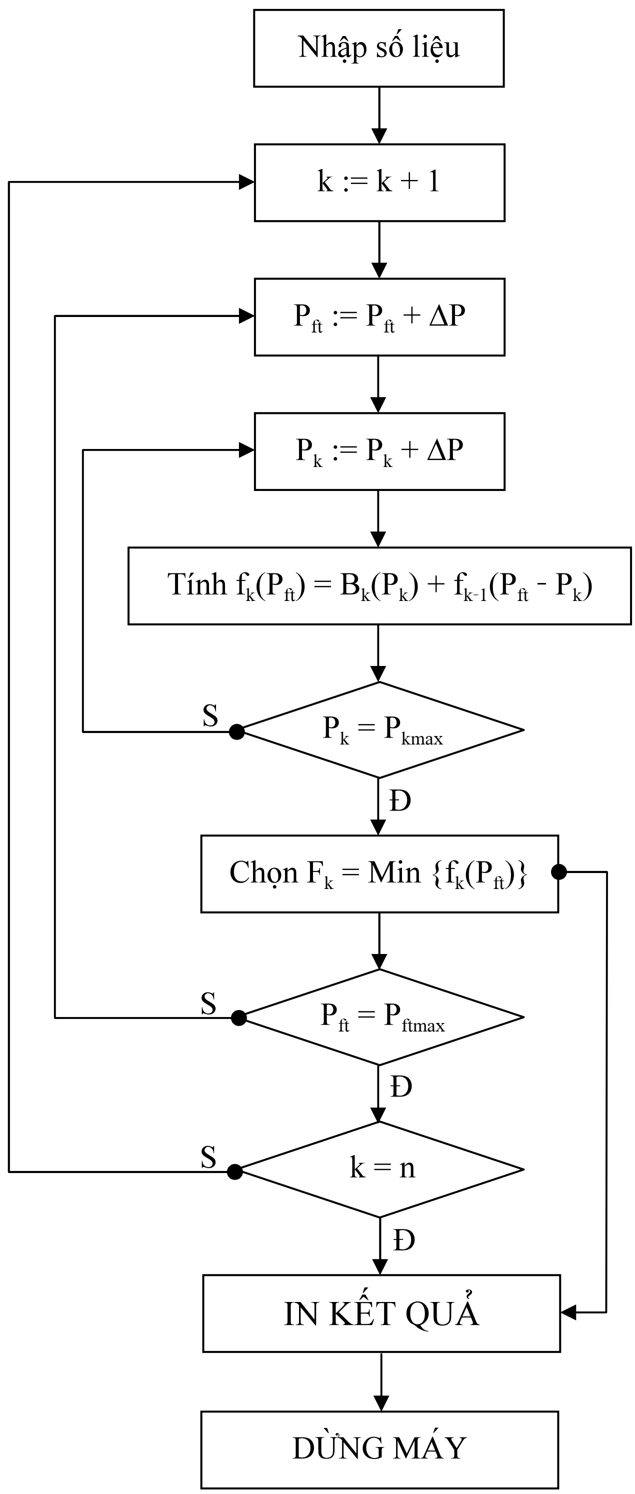
$f_3(P_{ft})$; $P_3(P_{ft})$

....

$f_n(P_{ft})$; $P_n(P_{ft})$

Trong đó P_{ft} được nhận các giá trị khác nhau, từ P_{ftmin} đến P_{ftmax} ứng với mỗi bước (1, 2, ..., n tổ máy)

Quá trình chuẩn bị gồm ba chu trình: trong, giữa và ngoài trên đây có thể mô tả sơ lược nhờ giản đồ khối như sau (hình 3-2).


Nhập số liệu
k := k + 1
$P_{ft} := P_{ft} + \Delta P$
$P_k := P_k + \Delta P$
Tính $f_k(P_{ft}) = B_k(P_k) + f_{k-1}(P_{ft} - P_k)$
$P_k = P_{kmax}$
S
Đ
Chọn $F_k = Min\ \{f_k(P_{ft})\}$
$P_{ft} = P_{ftmax}$
S
Đ
k = n
S
Đ
IN KẾT QUẢ
DỪNG MÁY

Hình 3-2

Tiếp theo trong quá trình thuận, căn cứ vào phụ tải tổng đã cho ở thời điểm đang xét $P_{ft}^{(n)}$ và số lượng tổ máy n có khả năng tham gia, ta sẽ xác định được số tổ máy có giá trị $P_i \geq 0$;

Biết P_{ft} và số n dựa vào số liệu ở quá trình ngược, từ bộ nhớ rút ra được P_n và $f_n(P_{ft})$, nghĩa là xác định được giá trị công suất tối ưu của tổ máy thứ n và chi phí nhiên liệu cực tiểu cho n tổ máy. Nếu tìm ra $P_n = 0$, có nghĩa là tổ máy thứ n không làm việc.

Tiếp theo xác định phụ tải ứng với (n - 1) tổ máy còn lại :

$$P_{ft}^{(n-1)} = P_{ft}^{(n)} - P_n$$

ứng với lượng phụ tải $P_{ft}^{(n-1)}$ này, với (n - 1) tổ máy ta tra được giá trị P_{n-1} và $f_{n-1}(P_{ft}^{(n-1)})$. Tiếp tục làm như vậy cho đến khi còn một tổ máy (tổ máy thứ nhất) và xác định được $P_n, P_{n-1}, ..., P_2, P_1$ thỏa mãn

$$B_n(P_n) + B_{n-1}(P_{n-1}) + ... + B_2(P_2) + B_1(P_1) \Rightarrow \min$$

$$\sum_{i=1}^{n} P_i = P_{ft}^{(n)}$$

Trên đây đã trình bày thủ tục xác định cơ cấu tối ưu các tổ máy làm việc và phân phối tối ưu công suất giữa chúng, ứng với giá trị phụ tải tổng P_{ft} ở một thời điểm nhất định. Khi phụ tải tổng thay đổi ở những thời điểm khác nhau quá trình tính toán lặp lại tương tự.

3.5.2. Đặc điểm khi xuất hiện thủy điện trong hệ thống

Giả thiết trong hệ thống có những tổ máy thủy điện có thể điều chỉnh công suất phát $P_{TĐi}$ theo chu kỳ điều tiết của hồ chứa nước.

Bài toán xác định cơ cấu và phân phối tối ưu công suất giữa các tổ máy nhiệt và thủy điện trong trường hợp này phải thỏa mãn những ràng buộc sau đây :

- Chi phí nhiên liệu của toàn hệ thống trong cả chu kỳ khảo sát là cực tiểu ($B_\Sigma \Rightarrow \min$).
- Lượng nước tiêu thụ bởi mỗi nhà máy thủy điện trong chu kỳ điều tiết không vượt giá trị cho phép Q_{cf}.
- Thỏa mãn về cân bằng công suất trong toàn hệ thống tại mỗi thời điểm của chu kỳ khảo sát.

Để giải bài toán này ta vẫn sử dụng thuật toán của quy hoạch động, nhưng cần lưu ý những điểm sau đây.

Đối với các tổ máy nhiệt điện vẫn sử dụng những quan hệ chi phí nhiên liệu $B_i(P_i)$, trong dạng giải tích hoặc bảng số thống kê. Nhưng đối với tổ máy thủy điện phải chuyển thành tổ máy nhiệt điện quy đổi, khi đó ta nhân toàn bộ giá trị lưu lượng nước Q_k với hệ số hiệu quả năng lượng λ trong quan hệ $Q_k = f(P_{TĐk})$ của tổ máy thủy điện k. Sau đó cũng tiến hành quá trình chuẩn bị để xác định lời giải tối ưu có điều kiện ứng với các giá trị phụ tải tổng P_{ft} khác nhau.

Trong quá trình thuận sau khi xác định được giá trị P_i; i = 1, 2, ...n ở những thời điểm khác nhau trong chu kỳ điều tiết, nghĩa là xác định được đồ thị phụ tải của các tổ máy. Những giá trị này là kết quả ứng với một giá trị λ đã chọn. Vì vậy phải kiểm tra điều kiện ràng buộc về lưu lượng nước cho phép trong chu kỳ điều tiết của thủy điện. Nếu không thỏa mãn ràng buộc, nghĩa là giá trị lưu lượng tính toán $Q_{it} \neq Q_{cf}$ thì phải chọn lại giá trị λ và tính lại các quá trình ngược và thuận ở trên .

Tóm lại lời giải tối ưu của bài toán xác định cơ cấu tổ máy và phân phối công suất giữa chúng trong trường hợp có nhiệt điện và thủy điện là sự kết hợp phương pháp chọn dần hệ số λ của thủy điện với thuật toán của quy hoạch động.

* Chú ý : Trong trường hợp hệ thống gồm toàn các tổ máy thủy điện, thuật toán giải theo phương pháp quy hoạch động hoàn toàn như đối với hệ gồm toàn nhiệt điện, khi đó hàm mục tiêu là cực tiểu lượng tiêu hao nước.

3.5.3. Áp dụng để giải bài toán thực tế:

Ví dụ 3-3: Xác định cơ cấu tối ưu các tổ máy làm việc và phân bố công suất tối ưu giữa chúng trong nhà máy nhiệt điện gồm 3 tổ máy có đặc tính tiêu hao nhiên liệu cho trong bảng 3-2.

Bảng 3-2 .

P_{ft} [MW]	0	2	4	6	8	10	12
B_1 [tấn/h]	2	3	3,5	4	5	6	8
B_2 [tấn/h]	1	2	2,5	4,5	5,5	7	9
B_3 [tấn/h]	3	3	3	4	5,2	6,7	10

Ta bắt đầu bằng quá trình ngược nhằm chuẩn bị các lời giải tối ưu có điều kiện với số tổ máy khác nhau và phụ tải tổng P_{ft} khác nhau để sử dụng trong quá trình thuận tìm lời giải của bài toán phân bố tối ưu.

Trường hợp nhà máy chỉ có một tổ máy, ta có chi phí nhiên liệu cực tiểu chính là giá trị $B_i(P_i)$ với i=(1,3) như trong bảng 3-2.

Trường hợp có 2 tổ máy, cần xác định chi phí nhiên liệu cực tiểu khi 2 tổ máy nhận phụ tải chung là P_{ft}. Ta thay đổi giá trị của P_{ft} từ P_{1min} (hoặc P_{2min}) đến (P_{1max}+P_{2max}) theo bậc công suất cho trong bảng 3-2 và ứng với mỗi giá trị của P_{ft} tổng ta thay đổi các giá trị của P_1, P_2 để chọn giá trị min của chi phí nhiên liệu tổng theo phương trình phiếm hàm Bellman.

$$f_2(P_{ft}) = \text{Min}\ \{ B_2(P_2) + f_1\ (P_{ft} - P_2)\} = \text{Min}\ \{B_2(P_2) + B_1(P_{ft}\text{-}P_2)\}$$
$$0 \leq P_2 \leq 12$$

Chẳng hạn:

Khi P_{ft} = 0, cho P_1= 0, P_2= 0; Ta có $f_2(0)$ = Min $\{B_2(0) + B_1(0)\}$ = 2+1 = 3

Khi P_{ft} = 2: $f_2(2)$=Min$\{B_2(0) + B_1(2); B_2(2) + B_1(0)\}$= Min{1+3; 2+2}=4

Khi Pft = 4:

$f_2(4)$=Min$\{B_2(0)+B_1(4); B_2(2)+B_1(2); B_2(4)+B_1(0)\}$= Min{1+3,5; 3+2; 2,5+2}= 4,5.

Cứ thế tiếp tục cho đến P_{ft} = 24 MW

Để tiện lợi cho qua ttrình thuận ta dùng bảng 3-3 để tính toán ghi lại các kết quả.

Ứng với mỗi giá trị phụ tải bằng tổng công suất phát của 2 tổ máy (P_{ft}=P_1+P_2), ta có các giá trị chi phí nhiên liệu của cả 2 tổ máy ghi theo các ô trên đường chéo có

P_{ft}=P_1+P_2, từ các giá ttrị trên đường chéo này ta chọn giá trị min, đó chính là giá trị $f_2(P_{ft})$ khi P_{ft}=P_1+P_2, trong đó P_1 và P_2 là công suất phát tối ưu của 2 tổ máy1 và 2. Trong bảng 3-2 các giá trị $f_2(P_{ft})$ này được khoanh tròn.

Ở quá trình thuận, giả sử nhà máy có 2 tổ máy 1 và 2 làm việc và P_{ft} = 10MW, dựa vào bảng 3-2 trên đường chéo P_{ft} = 10MW ta có $f_2(10)$ = 6,5 tấn/h và cơ cấu tối ưu phát công suất của các tổ may là: $P_1(10)$ = 6MW; $P_2(10)$ = 4MW.

Tương tự: $f_2(16)$ = 10,5 tấn/h $P_1(16)$ = 10MW $P_2(16)$ = 6MW

$f_2(20)$ = 13,0 tấn/h $P_1(20)$ = 10MW $P_2(20)$ = 10MW

Bảng 3-3 .

P_{ft}					0	2	4	6	8
	P1	0	2	4	6	8	10	12	10
P2	B2\B1	2	3	3.5	4	5	6	8	12
0	1	3	4	4.5	5	6	7	9	14
2	2	4	5	5.5	6	7	8	10	16
4	2.5	4.5	5.5	6	6.5	7.5	8.5	10.5	18
6	4.5	6.5	7.5	8	8.5	9.5	10.5	12.5	20
8	5.5	7.5	8.5	9	9.5	10.5	11.5	13.5	22
10	7	9	10	11	11	12	13	15	24
12	9	11	12	13	13	14	15	17	

Tiếp theo cần tính toán cho trường hợp nhà máy có 3 tổ máy làm việc:

$$f_3(P_{ft}) = \text{Min}\ \{ B_3(P_3) + f_2\ (P_{ft} - P_3)\}$$

$$0 \le P_3 \le 12$$

Trong đó $B_3(P_3)$ lấy từ bảng 3-2 và $f_2(P_{ft}$-$P_3)$ lấy từ bảng 3-3.

Kết quả tính toán như trên bảng 3-4.

Bảng 3-4 .

P_{ft}					0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	P12	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	22
P3	B3\f2	3	4	4.5	5	6	6.5	7.5	8.5	10.5	11.5	13	15	17	24
0	3	6	7	7.5	8	9	9.5	10.5	11.5	13.5	14.5	16	18	20	26
2	3	6	7	7.5	8	9	9.5	10.5	11.5	13.5	14.5	16	18	20	28
4	3	6	7	7.5	8	9	9.5	10.5	11.5	13.5	14.5	22	18	20	30
6	4	7	8	8.5	9	10	10.5	11.5	12.5	14.5	15.5	17	19	21	32
8	5.2	8.2	9.2	9.7	10.2	11.2	11.7	12.7	13.7	15.7	16.7	18.2	20.2	22.2	34
10	6.7	9.7	10.7	11.2	11.7	12.7	13.2	14.2	15.2	17.2	18.2	19.7	21.7	23.7	36
12	10	13	14	14.5	15	16	16.5	17.5	18.5	20.5	21.5	23	25	27	

Dựa vào bảng 3-4 và bảng 3-3 có thể xác định được cơ cấu phân bố tối ưu công suất giữa các tổ máy và chi phi nhiên liệu cực tiểu khi biết phụ tải tổng P_{ft}.

a. Xét trường hợp phụ tải tổng P_{ft} = 20MW

- Từ bảng 3-4 theo đường chéo ứng với P_{ft} = 20MW ta tra được $f_3(20)$ = 12,5tấn/h và tương ứng $P_3(20)$ = 6MW, $P_{1\text{-}2}(20)$ = 14MW.

- Từ bảng 3-3 theo đường chéo ứng với P_{ft} = 14MW ta tra được $f_2(14)$ = 8,5 tấn/h và tương ứng có được $P_1(14)$ = 10MW, $P_2(14)$ = 4MW.

- Như vậy, khi P_{ft} = 20MW ta có cơ cấu phân bố tối ưu công suất cho các tổ may như sau: P_1 = 10MW, P_2 = 4MW , P_3 = 6MW và chi phí nhiên liệu cực tiểu là 12,5 tấn/h.

- Phương án phân bố tối ưn trên là duy nhất.

b. Xét trường hợp phụ tải tổng P_{ft} = 18MW

- Từ bảng 3-4 theo đường chéo ứng với P_{ft} = 18MW ta tra được f_3(18) = 11,5tấn/h và tương ứng P_3(18) = 4MW, $P_{1\text{-}2}$(18) = 14MW, hoặc P_3(18) = 6MW , $P_{1\text{-}2}$(18) = 12MW.

- Từ bảng 3-3 theo đường chéo ứng với P_{ft} = 14MW ta tra được f_2(14) = 8,5 tấn/h và tương ứng có được P_1(14) = 10MW, P_2(14) = 4MW. Hoặc theo đường chéo ứng với trường hợp P_{ft} = 12MW ta tra được f_2(12) = 7,5 tấn/h và tương ứng có được P_1(12)=8MW, P_2(12) = 4MW.

- Như vậy, khi P_{ft} = 18MW ta có 2 phương án phân bố tối ưu công suất cho các tổ máy như sau: P_1 = 10MW, P_2 = 4MW , P_3 = 4MW hoặc P_1 = 8MW, P_2 = 4MW , P_3=6MW và chi phí nhiên liệu cực tiểu là 11,5 tấn/h.

- Phương án phân bố tối ưn trên là không duy nhất.

Để thuận tiên cho việc sử dụng trong quá trình vận hành, chúng ta có thể tính toán trước các phương án phân bố tối ưu công suất tướng với phụ tải tổng đã biết như trên bảng3-5 .

Bảng 3-5 .

P_{ft}	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
f_3(t/h)	6	6	6	7	7,5	8	9	9,5	10,5	11,5
P_1(MW)	0	0	0	0	4	6	8	6	8	10
P_2(MW)	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4
P_3(MW)	0	2	4	6	4	4	4	4	4	4
P_{ft}	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
f_3(t/h)	12,5	13,7	15,2	16,7	18,2	19,7	21,7	23,7	27	
P_1(MW)	10	10	10	10	10	10	10	12	12	
P_2(MW)	4	4	4	8	10	10	12	12	12	
P_3(MW)	6	8	10	8	8	10	10	10	12	

Chương 4

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ ĐỘ TIN CẬY

4.1 MỞ ĐẦU

Độ tin cậy là chỉ tiêu then chốt trong sự phát triển kỹ thuật, đặc biệt là khi xuất hiện những hệ thống phức tạp nhằm hòan thành những chức năng quan trọng trong các lãnh vực công nghiệp khác nhau.

Độ tin cậy của phần tử hoặc của cả hệ thống được đánh giá một cách định lượng dựa trên hai yếu tố cơ bản là: tính làm việc an tòan và tính sữa chữa được.

Hệ thống là tập hợp những phần tử (PT) tương tác trong một cấu trúc nhất định nhằm thực hiện một nhiệm vụ xác định, có sự điều khiển thống nhất sự hoạt động cũng như sự phát triển.

Ví dụ: Trong HTĐ các phần tử là máy phát điện, MBA, đường dây..... nhiệm vụ của HTĐ là sản xuất và truyền tải phân phối điện năng đến các hộ tiệu thụ. Điện năng phải đảm bảo các chỉ tiêu chất lượng pháp định như điện áp, tần số, và độ tin cậy hợp lý (ĐTC không phải là một chỉ tiêu pháp định, nhưng xu thế phải trớ thành một chỉ tiêu pháp định vơí mức độ hợp lý nào đó).

HTĐ phải được phát triển một cách tối ưu và vận hành với hiệu quả kinh tế cao nhất.

Về mặt độ tin cậy HTĐ là một hệ thống phức tạp thể hiện ở các điểm:

- Số lượng các phần tử rất lớn.
- Cấu trúc phức tạp.
- Rộng lớn trong không gian.
- Phát triển không ngừng theo thời gian.
- Hoạt động phức tạp.

Vì vậy HTĐ thường được quản lý phân cấp, để có thể quản lý, điều khiển sự phát triển, cũng như vận hành một cách hiệu quả.

HTĐ là hệ thống phục hồi, các phần tử của nó có thể bị hỏng sau đó được phục hồi và lại đưa vào hoạt động.

Phần tử là một bộ phận tạo thành hệ thống mà trong quả trình nghiên cứu độ tin cậy nhất định, nó được xem như là một tổng thể không chia cắt được (ví dụ như linh kiện, thiết bị.....) mà độ tin cậy đã cho trước, hoặc xác định dựa trên những số liệu thống kê.

Phần tử ở đây có thể hiểu theo một cách rộng rãi hơn. Bản thân phần tử cũng có thể có cấu trúc phức tạp, nếu xét riêng nó là một hệ thống.

Ví dụ : MFĐ là một HT rất phức tạp nếu xét riêng nó, nhưng khi nghiên cứu ĐTC của HTĐ ta có thể xem MFĐ là một phần tử với các thông số đặc trưng có ĐTC như cường độ hỏng hóc, thời gian phục hồi, xác suất để MFĐ làm việc an toàn trong khỏang thời gian qui định đã được xác định.

Đa số phần tử của hệ thống là phần tử phục hồi . Tính phục hồi của phần tử thể hiện bởi khả năng ngăn ngừa phát triển và loại trừ sự cố nhờ sách lược bảo quản định kỳ (BQĐK) hoặc sữa chữa phục hồi khi sự cố.

4.2 ĐỊNH NGHĨA VỀ ĐỘ TIN CẬY

Độ tin cậy P(t) của phần tử (hoặc của hệ thống) là xác suất để trong suốt khoảng thời gian khảo sát t, phần tử đó vận hành an toàn.

P(t) được định nghĩa nhờ biểu thức sau:

$$P(t) = P\{\tau \geq t\} \qquad (4\text{-}1)$$

trong đó τ là thời gian liên tục vận hành an toàn của phần tử. Biểu thức (4-1) chỉ rằng phần tử muốn vận hành an toàn trong khoảng thời gian t thì giá trị của t phải bé hơn giá trị qui định τ.

Biểu thức trên cũng nói rằng phần tử chỉ vận hành an toàn với một xác xuất nào đó ($0 \leq P \leq 1$) trong suốt khoảng thời gian t. Khi bắt đầu vận hành nghĩa là ở thời điểm t=0, phần tử bao giờ cũng làm việc tốt nên P(0) = 1. Ngược lại thời gian càng kéo dài, khả năng vận hành an toàn của phần tử càng giảm đi và khi $t \to \infty$, theo qui luật phát triển của vật chất trong tác động tàn phá của thời gian, nhất định phần tử phải hư hỏng, nghĩa là $P(\infty) = 0$.

Khi nghiên cứu độ tin cậy, các phần tử thường chia thành hai loại: Phần tử phục hồi và phần tử không phục hồi.

Phần tử không phục hồi là phần tử từ khi đưa vào sử dụng đến khi xảy ra sự cố là loại bỏ như: linh kiện điện trở, tụ điện v.v..., ta chỉ quan tâm đến sự kiện xảy ra sự cố đầu tiên.

Phẩn tử phục hồi là phần tử khi đưa vào sử dụng đến khi xảy ra sự cố được đem đi sử chữa phục hồi, với giả thiết là sau khi sửa chữa phần tử ở trạng thái như mới. Trong quá trình vận hành, phần tử chỉ nhận một trong hai trạng thái: Trạng thái làm việc an toàn hoặc trạng thái sửa chữa định kỳ hoặc sửa chữa sự cố.

4.3 NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

4.3.1 PHẦN TỬ KHÔNG PHỤC HỒI

1. Thời gian vận hành an toàn τ.

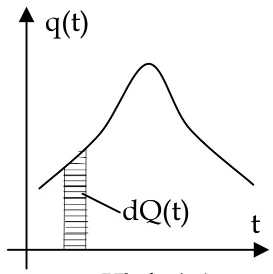
Giả thiết ở thời điểm t = 0 phần tử bắt đầu làm việc và đến thời điểm $t = \tau$ bị sự cố. Khoảng thời gian τ được gọi là thời gian vận hành an toàn của phần tử. Vì sự cố không xảy ra tất định nên τ là một đại lượng ngẫu nhiên có các giá trị trong khoảng

$$0 \leq \tau \leq \infty$$

Giả thiết trong khoảng thời gian khảo sát t phần tử xảy ra sự cố với xác xuất Q(t). Khi đó có thể viết:

$$Q(t) = P\{\tau < t\} \qquad (4\text{-}2)$$

Vì τ là đại lượng ngẫu nhiên liên tục nên Q(t) còn gọi là hàm phân phối hoặc hàm tích phân xác suất và tồn tại hàm mật độ xác suất q(t), biểu diễn trên hình 4-1 và được gọi là mật độ phân phối của thời gian trung bình vận hành an toàn T, xác định theo biểu thức



Hình 4-1

$$q(t) = \frac{dQ(t)}{dt} \qquad (4\text{-}3)$$

trong đó thỏa mãn

$$\int_0^\infty q(t).dt = 1$$

Hàm mật độ phân phối của τ là :

$$q(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} P(t < \tau \le t + \Delta t) \qquad (4\text{-}4)$$

$q(t).\Delta t$ là xác suất để thời gian làm việc τ nằm trong khỏang ($t \to t+\Delta t$) với Δt đủ nhỏ.

2.Độ tin cậy của phần tử P(t)

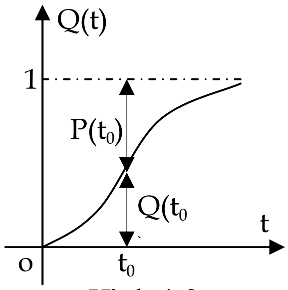
Bên cạnh hàm phân phối Q(t) mô tả xác suất sự cố của phần tử, thường sử dụng hàm P(t) mô tả độ tin cậy của phần tử theo định nghĩa:

$$P(t) = 1 - Q(t) = P\{\tau \ge t\} \qquad (4\text{-}5)$$

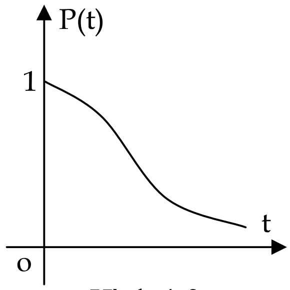
Như vậy P(t) là xác suất để phần tử vận hành an toàn trong khoảng thời gian t vì ở đây có $\tau \ge t$. Từ biểu thức (4-3) và (4-5) có thể viết:

$$Q(t) = \int_0^t q(t).dt \qquad (4\text{-}6)$$

$$P(t) = \int_t^\infty q(t).dt \qquad (4\text{-}7)$$



Hình 4-2



Hình 4-3

Từ đó thấy rằng Q(∞) = 1 và P (∞) = 0, điều đó cũng thấy trên các đồ thị xác định Q(t) và P(t) trên hình 4-2 và hình 4-3.

3. Cường độ hỏng hóc λ(t)

Cường độ hỏng hóc là một trong những khái niệm quan trọng khi nghiên cứu độ tin cậy. Một cách đơn giản có thể hiểu λ(t), nếu cho trong dạng hằng số, là giá trị trung bình số lần sự cố xảy ra trong một đơn vị thời gian. Nhưng λ(t) là một hàm theo thời gian, sau đây khảo sát chi tiết về λ(t).

Với Δt đủ nhỏ thì λ(t).Δt chính là xác suất để phần tử đã phục vụ đến thời điểm t sẽ hỏng hóc trong khỏang thời gian Δt tiếp theo. Hay nói khác đi đó là số lần hỏng hóc trong một dơn vị thời gian trong khỏang thời gian Δt

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} P(t < \tau < t + \Delta t / \tau > t) \tag{4-8}$$

P(t < τ < t+Δt / τ > t) là xác suất có điều kiện, là xác suất để phần tử hư hỏng trong khỏang thời gian từ t đến (t+Δt) (sự kiện A) nếu phần tử đó đã làm việc tốt đến thời điểm t (sự kiện B).

Theo lý thuyết xác suất, xác suất của giao giữa 2 sự kiện A và B là:

$$P(A \cap B) = P(A).P(B/A) = P(B).P(A/B)$$

hay là: $$P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Nếu B⊃A như trường hợp đang xét khi (Δt→ 0)

$$P(A \cap B) = P(A)$$

$$P(t < \tau < t + \Delta t / \tau > t) = \frac{P(t < \tau < t + \Delta t)}{P(\tau > t)} \tag{4-9}$$

Từ (4-8) và (4-9) suy ra :

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} . \frac{P(t < \tau < t + \Delta t)}{P(\tau > t))}$$

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} .P(t < \tau < t + \Delta t). \frac{1}{P(\tau > t)}$$

$$\boxed{\lambda(t) = \frac{q(t)}{P(t)} = \frac{q(t)}{1 - Q(t)}} \tag{4-10}$$

Công thức (4-10) cho ta quan hệ giữa 4 đại lượng: cường độ hỏng hóc, hàm mật độ, hàm phân bố và độ tin cậy.

Từ (4-3) và (4-5) ta suy ra :

$$\frac{dP(t)}{dt} = -q(t) = -\lambda(t).P(t)$$

$$\Rightarrow \frac{dP(t)}{P(t)} = -\lambda(t).dt$$

$$\Rightarrow \int_0^t \frac{dP(t)}{P(t)} = -\int_0^t \lambda(t).dt = \ln P(t)\Big|_0^t = \ln P(t) - \ln P(0) = \ln P(t) \quad \text{do (P(0) = 1)}$$

$$\boxed{\Rightarrow P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t).dt}} \qquad (4\text{-}11)$$

Công thức (4-11) cho phép tính được độ tin cậy của phần tử không phục hôi khi đã biết cường độ hỏng hóc λ(t), mà cường độ hỏng hóc λ(t) này xác định được nhờ phương pháp thống kê quá trình hỏng hóc của phần tử trong quá khứ.

Đối với Hệ thống điện thường sử dụng điều kiện:

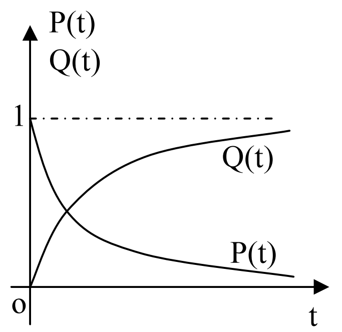
λ(t) = λ = hằng số (thực tế nhờ BQĐK) (4-12)

Do đó:

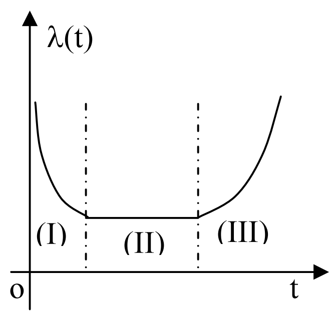
$$P(t) = e^{-\lambda t} \;;\; Q(t) = 1 - e^{-\lambda t} \;;\; q(t) = \lambda e^{-\lambda t} \qquad (4\text{-}13)$$

Biểu diễn trên hình vẽ hình 4-4

Theo nhiều số liệu thống kê quan hệ của cường độ hỏng hóc λ(t) theo thời gian thường có dạng như hình 4-5.



Hình 4-4



Hình 4-5

Đường cong cường độ hỏng hóc λ(t) được chia ra làm 3 miền:

a. Miền I: Mô tả thời kỳ " chạy thử ". Những hỏng hóc ở giai đọan này thường do lắp ráp, vận chuyển. Tuy giá trị ở giai đọan này cao nhưng thời gain kéo dài ít và λ(t) giảm dần và nhờ chế tạo, nghiệm thu có chất lượng nên giá trị cường độ hỏng hóc λ(t) ở giai đọan này có thể giảm nhiều .

b. Miền II : Mô tả giai đoạn sử dụng bình thường, cũng là giai đoạn chủ yếu của tuổi thọ các phần tử. Ở giai đọan này, các sự cố thường xảy ra ngẫu nhiên, đột ngột do nhiều nguyên nhân khác nhau, vì vậy thường giả thiết cường độ hỏng hóc $\lambda(t)$ bằng hằng số.

c. Miền III: Mô tả giai đoạn già cỗi của phần tử theo thời gian, cường độ hỏng hóc $\lambda(t)$ tăng dần (tất yếu là xảy ra sự cố khi t tiến đến vô cùng).

Đối với các phần tử phục hồi như ở HTĐ, do hiện tượng già hóa nên cường độ hỏng hóc $\lambda(t)$ luôn luôn là hàm tăng nên phải áp dụng các biện pháp bảo quản định kỳ (BQĐK) để phục hồi độ tin cậy của phần tử. Sau khi sữa chữa và bảo quản định kỳ , phần tử lại có ĐTC xem như trở lại lúc ban đầu, nên cường độ hỏng hóc $\lambda(t)$ sẽ biến thiên quanh giá trị trung bình λ_{tb}.

Khi xét thời gian làm việc dài ta có thể xem:

$\lambda(t) = \lambda_{tb} = const$ để tính tóan độ tin cậy.

4. Thời gian làm việc an toàn trung bình T_{lv}

Thời gian làm việc được định nghĩa là giá trị trung bình của thời gian làm việc an tòan τ dựa trên số liệu thống kê về τ của nhiều phần tử cùng loại, nghĩa là T_{lv} là kỳ vọng tóan của đại lượng ngẫu nhiên τ:

$$T_{LV} = E(\tau) = \int_0^{\infty} t.q(t).dt \qquad (4\text{-}14)$$

(Theo lý thuyết xác suất với q(t) là hàm mật độ)

Từ (4-3) và (4-5) ta suy ra:

$$T_{LV} = E(\tau) = -\int_0^{\infty} t.P'(t).dt = -t.P(t)\Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} P(t).dt$$

$$T_{LV} = E(\tau) = \int_0^{\infty} P(t).dt$$

(bằng diện tích giới hạn bởi đường P(t) và các trục tọa đô, và vì $-t.P(t)\big|_0^{\infty} = 0$).

Với $\lambda(t) = const$ thì $P(t) = e^{-\lambda t}$ (phân bố mũ)

$$T_{LV} = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t}dt = -\frac{1}{\lambda}\int_0^{\infty} e^{-\lambda t}d(-\lambda t) = -\frac{1}{\lambda}e^{-\lambda t}\Big|_0^{\infty}$$

$$\boxed{T_{LV} = \frac{1}{\lambda}} \qquad (4\text{-}15)$$

Trong đó $[\lambda]$= 1/năm và $[T_{LV}]$= năm

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-t/T_{LV}} \qquad (4\text{-}16)$$

4.3.2 PHẦN TỬ PHỤC HỒI

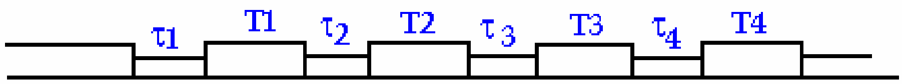
Đặc biệt trong hệ thống điện các phần tử là phục hồi, nên ta tiếp tục xét một số đặc trưng độ tin cậy của phần tử có phục hồi.

Đối với những phần tử có phục hồi trong thời gian sử dụng, khi bị sự cố sẽ được sữa chữa và phần tử được phục hồi. Trong một số trường hợp để đơn giản thường giả thiết là sau khi phục hồi phần tử có độ tin cậy bằng khi chưa xảy ra sự cố. Những kết luận ở mục trên ta đã xét đều đúng với phần tử có phục hồi khi xét hành vi của nó trong khỏang thời gian đến lần sự cố đầu tiên. Nhưng khi xét sau lần phục hồi đầu tiên sẽ phải dùng những mô hình khác .

Những chỉ tiêu cơ bản của phần tử phục hồi là :

1. Thông số dòng hỏng hóc

Thời điểm xảy ra sự cố và thời gian sửa chữa sự cố tương ứng là những đại lượng ngẫu nhiên, có thể mô tả trên trục thời gian như hình 4-6:



Hình 4-6

T_1, T_2, T_3, T_4,.... biểu thị các khỏang thời gian làm việc an toàn của các phần tử giữa các lần sự cố xảy ra.

τ_1, τ_2, τ_3, τ_4,..... là thời gian sũa chữa sự cố tương ứng.

Định nghĩa thông số dòng hỏng hóc :

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} P(t < \tau < t + \Delta t) \qquad (4\text{-}17)$$

Trong đó $P(t < \tau < t+\Delta t)$ là xác suất để hỏng hóc xảy ra trong khoảng thời gian t đến $t+\Delta t$. So với $\lambda(t)$, ở đây không đòi hỏi điều kiện phần tử phải làm việc tốt từ đầu đến thời điểm t mà chỉ cần đến thời điểm t phần tử đang làm việc, điều kiện này luôn luôn đúng vì phần tử là phục hồi.

$\omega(t).\Delta t$ là xác suất để hỏng hóc xảy ra trong khoang thời gian t đến $t+\Delta t$ với Δt đủ nhỏ. Giả thiết xác suất của thời gian làm việc an toàn T_{lv} của phần tử có phân bố mũ, với cường độ sự cố λ = const khi đó khỏang thời gian giữa 2 lần sự cố liên tiếp T1,T2... cũng có phân bố mũ và dòng sự cố là tối giản. Vậy thông số của dòng sự cố là:

$$\varpi(t) = \lambda = \text{const} \qquad (4\text{-}18)$$

Vì vậy thông số dòng hỏng hóc và cường độ hỏng hóc thường hiểu là một, trừ các trường hợp riêng khi thời gian làm việc không tuân theo phân bố mũ thì phải phân biệt.

2. Thời gian trung bình giữa 2 lần sự cố T :

T là kỳ vọng tóan của T_1, T_2, T_3,.....,T_n. Với giả thiết T tuân theo luật phân bố mũ (thực tế phân bố chuẩn) giống như ở phần trên đã xét ta có:

$$T = E(T) = \frac{1}{\lambda} \qquad (4\text{-}19)$$

3. Thời gian trung bình sữa chưã sự cố T_S :

Ts là kỳ vọng tóan của τ_1, τ_2, τ_3,.....(thời gian sũa chữa sự cố) :

$$Ts = E(\tau) = \frac{\tau_1 + \tau_1 + ... + \tau_n}{n} \qquad (4\text{-}20)$$

Để đơn giản ta cũng xem xác suất của Ts cũng tuân theo luật phân bố mũ. Khi đó tương tự đối với xác suất làm việc an tòan P(t) = $e^{-\lambda t}$ của phần tử, ta có thể biểu thị xác suất ở trong khỏang thời gian t phần tử đang ở trạng thái sự cố - nghĩa là chưa sửa chữa xong . Xác suất đó có giá trị :

$$H(t) = e^{-\mu t} \qquad (4\text{-}21)$$

Trong đó μ = 1/Ts là cường độ phục hồi sự cố (là đại lượng không có ý nghĩa vật lý, thứ nguyên là [1/năm]).

Xác suất để sửa chữa kết thúc trong khỏang thời gian t, cũng chính là phân bố xác suất của thời gian Ts là :

$$G(t) = 1 - e^{-\mu t} \qquad (4\text{-}22)$$

và hàm mật độ phân bố xác xuất là:

$$g(t) = \frac{dG(t)}{dt} = \mu e^{-\mu t} \qquad (4\text{-}23)$$

Thời gian phục hồi sự cố trung bình là :

$$Ts = \int_0^\infty G(t).dt = \frac{1}{\mu} \qquad (4\text{-}24)$$

Phần tử có tính sửa chữa cao khi Ts càng nhỏ (μ càng lớn) nghĩa là chỉ sau một khỏang thời gian ngắn phần tử đã có khả năng làm việc lại.

4. Hệ số sẵn sàng :

Hệ số sắn sàng A là phân lượng thời gian làm việc trên tòan bộ thời gian khảo sát của phần tử :

$$A = \frac{T_{LV}}{T_{LV} + T_S} = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \qquad (4\text{-}25)$$

A chính là xác suất duy trì sao cho ở thời điểm khảo sát bất kỳ, phần tử ở trạng thái làm việc. (Đôi khi còn gọi là xác xuất làm việc của phần tử)

5. Hàm tin cậy của phần tử R(t) :

Là xác suất để trong khoảng thời gian t khảo sát phần tử làm việc an tòan với điều kiện ở thời điểm đầu t = 0 của thời gian khảo sát phần tử đã ở trạng thái làm việc. Vậy R(t) là xác suất của giao 2 sự kiện:

- Làm việc tốt tại t = 0
- Tin cậy trong khỏang 0 đến t

Theo giả thiết về dòng tối giản hai sự kiện này độc lập với nhau, vậy có thể viết:

$$R(t) = A.P(t) \qquad (4\text{-}26)$$

Đối với luật phân bố mũ :

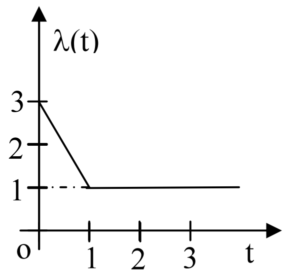
$$R(t) = A.e^{-\lambda t} \qquad (4\text{-}27)$$

Trong đó : $A = \dfrac{\mu}{\mu + \lambda}$ là hệ số sẵn sàng .

4.4 ÁP DỤNG

4.4.1 Ví dụ 1

Cường độ hỏng hóc của một phần tử có dạng như ttrên hình 4-7. Hãy xác định độ tin cậy P(t) và thời gian làm việc an toàn T.



Hình 4-7

Giải:

Trong đoạn $0 \le t \le 1$ hàm $\lambda(t)$ có dạng:

$$\lambda(t) = 3 - 2t$$

Biểu thức độ tin cậy có dạng:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t).dt} = e^{-(3t-2t^2)}$$

Trong đoạn $t \ge 1$ độ tin cậy P(t) được biểu diễn như sau:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t).dt} = e^{-\left\{\int_0^1 \lambda(t).dt \; + \; \int_1^t \lambda(t).dt\right\}}$$

Trong đó:

$$\int_0^1 (3-2t)dt \; + \; \int_1^t dt = 1 + t$$

Vậy ta có:

$$P(t) = e^{-(1+t)}$$

Tóm lại ta có biểu thức xác định độ tin cậy như sau:

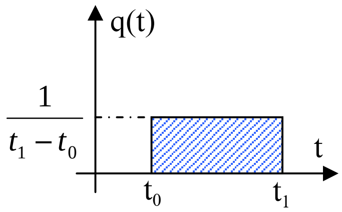
$$P(t) = \begin{cases} e^{-(3t-t^2)} & \text{khi} \quad 0 \le t \le 1 \\ e^{-(1+t)} & \text{khi} \quad t \ge 1 \end{cases}$$

Thời gian làm việc an toàn trung bình:

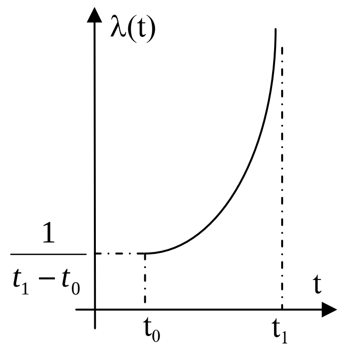
$$T = \int_0^\infty P(t).dt = \int_0^1 e^{-(3t-2t^2)}.dt + \int_1^\infty e^{-(1+t)}.dt$$
$$\approx 0{,}370 + 0{,}135 = 0{,}505$$

4.4.2 Ví dụ 2

Mật độ phân phối xác suất q(t) của thời gian trung bình vận hành an toàn T của phần tử có dạng như trên hình 4-8. Hãy xác định cường độ hỏng hóc λ(t).



Hình 4-8



Hình 4-9

Giải:

Cường độ hỏng hóc của phần tử được xác định theo biểu thức sau:

$$\lambda(t) = \frac{q(t)}{P(t)} \qquad voi \qquad t_0 \le t \le t_1$$

Theo biểu đồ trên hình 4-8 ta có:

$$q(t) = \frac{1}{t_1 - t_0}$$

Từ đó ta xác định được hàm phân bố Q(t):

$$Q(t) = \int_{t_0}^{t} q(t).dt = \int_{t_0}^{t} \frac{dt}{t_1 - t_0} = \frac{t - t_0}{t_1 - t_0}$$

Độ tin cậy của phần tử được tính toán như sau:

$$P(t) = 1 - Q(t) = \frac{t_1 - t}{t_1 - t_0}$$

Vậy:

Đồ thị biểu diễn hàm λ(t) như trên hình 4-9. Trên hình vẽ cho thấy khi t→t0, vì

$$\lambda(t) = \frac{q(t)}{P(t)} = \frac{1}{t_1 - t}$$

mật độ xác suất q(t) của thời gian làm việc an toàn T giảm tới không do đó λ(t) → ∞.

Chương 5

CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CUẢ CÁC SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN

5.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Để đánh giá độ tin cậy của các sơ đồ cung cấp điện, ta cần phải khảo sát những chỉ tiêu định lượng cơ bản về độ tin cậy của các sơ đồ nối điện khác nhau của hệ thống cung cấp điện. Các chỉ tiêu đó là: Xác suất làm việc an toàn P(t) của hệ thống trong khỏang thời gian t khảo sát, thời gian làm việc an toàn trung bình T giữa các lần sự cố, hệ số sẵn sàng A của hệ, thời gian trung bình sũa chữa sự cố, sũa chữa định kỳ....

Tính tóan độ tin cậy của sơ đồ cung cấp điện nhằm xác định giá trị trung bình thiệt hại hàng năm do ngừng cung cấp điện, phục vụ bài tóan tìm phương án cung cấp điện tối ưu hài hòa giữa 2 chỉ tiêu: Cực tiểu vốn đầu tư và cực đại mức độ đảm bảo cung cấp điện.

Trong chương này sẽ trình bày một số phương pháp tính tóan các chỉ tiêu độ tin cậy của các sơ đồ cung cấp điện.

5.2 PHƯƠNG PHÁP CẤU TRÚC NỐI TIẾP - SONG SONG CÁC PHẦN TỬ

Phương pháp này xây dựng mối quan hệ trực tiếp giữa độ tin cậy của hệ thống với độ tin cậy của các phần tử đã biết. Phương pháp bao gồm việc lập sơ đồ độ tin cậy và áp dụng phương pháp giải tích bằng đại số Boole và lý thuyết xác suất các tập hợp để tính tóan độ tin cậy.

5.2.1 *Sơ đồ độ tin cậy*

Sơ đồ độ tin cậy của hệ thống được xây dựng trên cơ sở phân tích ảnh hưởng của hỏng hóc phần tử đến hỏng hóc của hệ thống. Vì vậy sơ đồ độ tin cậy thường khác với sơ đồ vật lý. Ví dụ 4 bánh ôtô xem như nối song song trong sơ đồ vật lý, nhưng trong sơ đồ độ tin cậy phải xem 4 bánh đó mắc nối tiếp vì bất cứ một bánh nào đó hỏng cũng dẫn đến xe hỏng phải ngừng....

Sơ đồ độ tin cậy bao gồm:

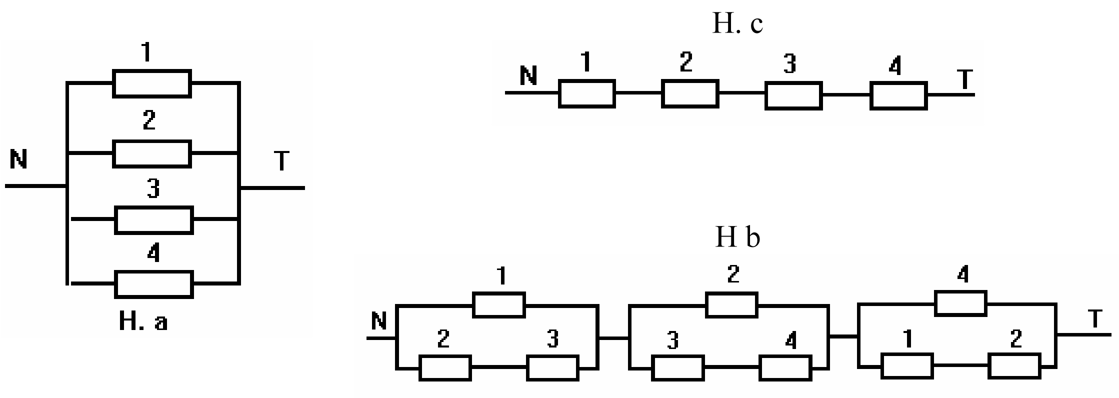
- Các nút: Nút nguồn, nút tải và các nút trung gian- là chỗ nối tiếp của ít nhất 3 nhánh.
- Các nhánh: được vẽ bằng các khối hình chữ nhật mô tả trạng thái tốt của phần tử. Phần tử bị hỏng tương ứng với việc xóa khối của phần tử đó ra khỏi sơ đồ.

Nhánh và nút tạo thành mạng lưới nối liền nút phát và nút tải của sơ đồ. Có thể có nhiều đường nối từ nút phát đến nút tải, mỗi đường gồm nhiều nhánh nối tiếp.

Theo sơ đồ, *trạng thái tốt* của hệ thống là trạng thái trong đó có ít nhất một đường nôí từ nút phát vào nút tải. *Trạng thái hỏng* của hệ thống khi nút phát bị tách rời với nút tải do hỏng hóc các phần tử.

Đối với HTĐ sơ đồ độ tin cậy có thể trùng hoặc không trùng với sơ đồ nối điện (Sơ đồ vật lý) tùy thuộc vào *tiêu chuẩn hỏng hóc* của hệ thống được lựa chọn.

Ví dụ : Có sơ đồ điện gồm 4 đường dây song song như hình vẽ sau:



Hình 5-1

Tiêu chuẩn hỏng hóc (TCHH) của hệ thống đặt ra là: Công suât của lưới không đủ truyền tải công suất cho phụ tải.

Ta xét 3 trường hợp:

a/ Khả năng tải 4 đường dây đều đáp ứng công suất phụ tải, hệ thống sẽ hỏng khi cả 4 đường dây bị hỏng và sơ đồ độ tin cậy trùng với sơ đồ điện (Hình 5-1a).

b/ Khả năng tải của ít nhất 3 đường dây mơi đủ công suất cung cấp cho phụ tải, khi đó hệ thống sẽ hỏng khi có 2 đường dây trở lên bị hỏng, ta có sơ đồ độ tin cậy khác vơí sơ đồ điện (hình 5-1b).

c/ Khả năng tải của cả 4 đường dây mới đáp ứng được công suất phụ tải. Trong trường hợp này hệ thống sẽ hỏng khi chỉ cần hỏng 1 đường dây bất kỳ, vì vậy sơ đồ độ tin cậy sẽ là sơ đồ nối tiếp các phần tư như (Hình 5-1c) khác với sơ đồ điện.

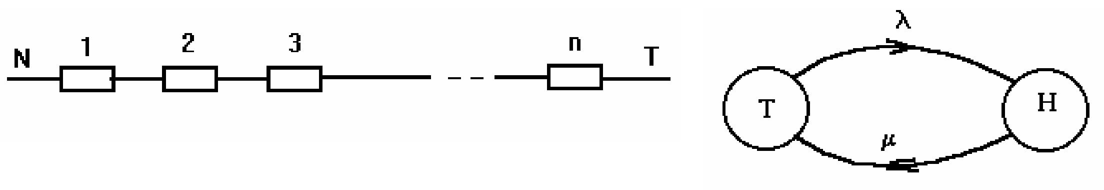
Sơ đồ độ tin cậy như trên chỉ thành lập được khi phần tử chỉ có 2 trạng thái: tốt hoặc hỏng và hệ thống cũng chỉ có 2 trạng thái đó.

Ta lần lượt xét các sơ đồ sau:

* Sơ đồ các phần tử nối tiếp.
* Sơ đồ các phần tư song song.
* Sơ đồ các phần tư mắc hổn hợp.

5.2.2 *Độ tin cậy của sơ đồ các phần tử nối tiếp*

Xét sơ đồ độ tin cậy của hệ thống gồm n phần tử nôi tiếp như hình 5-2 (trong đó: N là nút nguồn và T là nút tải)



Hình 5-2

Giả sử đã biết cường độ hỏng hóc của n phần tử lần lượt là λ_1 ,λ_2, λ_3,...,λ_n và thời gian phục hồi trung bình τ_i của các phần tử. Vì các phần tử nối tiếp trong sơ đồ độ tin cậy nên hệ thống chỉ làm việc an toàn khi tất cả n phần tử đều làm việc tốt, giả thiết các phần tử độc lập nhau.

Xác suất trạng thái tốt (độ tin cậy) của hệ thống là:

$$P_H(t) = P_1(t).P_2(t)......Pi(t)...Pn(t) = \prod_{i=1}^{n} Pi(t) \qquad (5\text{-}1)$$

Trong đó: $P_i(t)$ là xác suất làm việc tốt (trạng thái tốt) của phần tử thứ i trong khỏang thời gian t.

Với giả thiết thời gian trung bình làm việc an toàn T của phần tử có phân bố mũ, nghĩa là:

$$Pi(t) = e^{-\lambda_i.t}$$

$$P_H(t) = \prod_{i=1}^{n} Pi(t) = e^{-\sum_{i=1}^{n}\lambda_i.t} = e^{-\Lambda t} \qquad (5\text{-}2)$$

Trong đó :

$$\Lambda = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \qquad (5\text{-}3)$$

Λ được gọi là cường độ hỏng hóc của hệ thống.

Thời gian vận hành an toàn trung bình của hệ thống là:

$$T_H = \frac{1}{\Lambda} \qquad (5\text{-}4)$$

Giả thiết rằng thời gian phục hồi (sửa chữa sự cố) của phần tử có phân bố mũ, khi đó cường độ phục hồi $\mu_i=1/\tau_i$, từ đây có thể xác định được thời gian phục hồi trung bình của hệ thống là:

$$\tau_H = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i \tau_i}{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i \tau_i}{\Lambda} \qquad (5\text{-}5)$$

hoặc
$$\tau_H = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i \tau_i}{\Lambda} = \frac{1}{\Lambda} \sum_{i=1}^{n} \frac{\lambda_i}{\mu_i} = \frac{1}{\mu} \qquad (5\text{-}6)$$

Trong đó : $\mu = \frac{1}{\tau_H}$ và ta nhận thấy $T_H >> \tau_H$

Hệ số sẵn sàng của hệ thống là :

$$A_H = \frac{T_H}{T_H + \tau_H} = \frac{\mu}{\Lambda + \mu} \qquad (5\text{-}7)$$

Hàm tin cậy của toàn hệ thống sẽ là :

$$R(t) = A_H . e^{-\Lambda . t} \qquad (5\text{-}8)$$

Xác suất trạng thái hỏng của hệ:

$$Q_H(t) = 1 - P_H(t) = 1 - (P_1 . P_2 .... P_n) \qquad (5\text{-}9)$$

Các công thức trên cho phép ta đẳng trị các phần tử nối tiếp thành một phần tử tương đương khi biến đổi sơ đồ.

Ví dụ 5-1: Xét lưới điện như hình vẽ:

Hình 5-3

Các số liệu cho trước:

λ_1= 0,02 [1/năm]; λ_2= 0,01 [1/năm]; λ_3 = 1 [1/năm]; λ_4 = 0,01 [1/năm];

τ_1=12 [h] ; τ_2= 6 [h] ; τ_3 = 20 [h] ; τ_4 = 40 [h];

Xác định độ sẵn sàng A, độ không sẵn sàng A*, độ tin cậy R(t) ở thời gian khảo sát t = 1 năm ?

Giải:

Theo (5-3) ta có :

Cường độ hỏng hóc của hệ thống:

$$\Lambda = \sum_{1}^{6} \lambda_i = 0.02 + 3*0.01 + 1 + 0.01 = 1.06 \quad 1/nam$$

$$\tau = \frac{1}{\Lambda} \sum_{1}^{6} \lambda_i \tau_i = \frac{0,02.12 + 3.0,01.6 + 1.20 + 0,01.40}{1,06} = 19,42\, h$$

$$\tau = \frac{19{,}42}{8760} = 0{,}00222 \ \text{1/nam}$$

Cường độ phục hồi của hệ :

$$\mu = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{0{,}00222} = 451{,}2 \quad \text{1/nam}$$

Độ sẵn sàng:

$$A = \frac{\mu}{\mu + \Lambda} = \frac{451{,}2}{451{,}2 + 1{,}06} = 0{,}9977$$

Độ không sắn sàng :

$$\overline{A} = 1 - A = 1 - 0{,}9977 = 0.0023$$

Hàm tin cậy :

$$R(t) = A.e^{-\Lambda t} = 0{,}9977.e^{-1{,}06t}$$

Tại t=1 năm :

$$R(t) = 0{,}9977.e^{-1{,}06} = 0{,}346$$

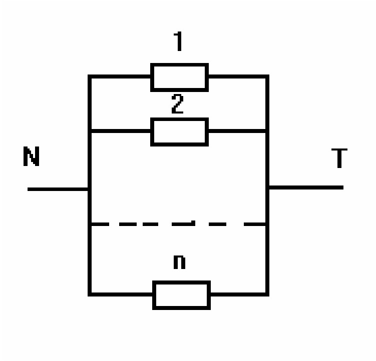
5.2.3 *Độ tin cậy của sơ đồ các phần tử song song*

Sơ đồ độ tin cậy như trên hình 5-4

Hệ thống làm việc tốt khi có ít nhất một phần tử tốt và sẽ hỏng khi tất cả các phần tử đều bị hỏng.

Để thuận tiện trong trường hợp này ta tính xác suất sự cố Q_H (t) của toàn hệ.

Hệ sự cố khi toàn bộ n phần tử bị sự cố:



Hình 5-4

$$Q_H(t) = Q_1(t).Q_2(t)........Q_n(t) = \prod_{i=1}^{n} Q_i(t) \tag{5-10}$$

Trong đó $Q_i(t)$ với i=1,n là xác suất sự cố của phần tử thứ i trong khoảng thời gian t khảo sát: $Q_i(t)=1 - P_i(t)$

Giả thiết:

$$P_i(t) = e^{-\lambda_i t}$$

thì biểu thức (5-10) có thể viết lại :

$$Q_H(t) = \prod_{i=1}^{n} (1 - e^{-\lambda_i t}) \tag{5-11}$$

Độ tin cậy của hệ thống :

$$P_H(t) = 1 - Q_H(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - e^{-\lambda_i t}) \tag{5-12}$$

Trong chương 4 ta đã có định nghĩa về cường độ hỏng hóc của phần tử, ở đây tương tự đối với hệ thống :

$$\Lambda = -\frac{P'_H(t)}{P_H(t)} = \frac{\frac{d}{dt}\prod_{i=1}^{n}(1-e^{-\lambda_i t})}{1-\prod_{i=1}^{n}(1-e^{-\lambda i.t})} \qquad (5\text{-}13)$$

Nếu n phần tử hòan toàn như nhau : $\lambda_1=\lambda_2=.......=\lambda_n=\lambda$ thì :

$$\Lambda = \frac{\frac{d}{dt}\prod_{i=1}^{n}(1-e^{-\lambda_i t})}{1-\prod_{i=1}^{n}(1-e^{-\lambda i.t})} = \frac{\frac{d}{dt}(1-e^{-\lambda t})^n}{1-(1-e^{-\lambda t})^n}$$

$$\Lambda = \frac{n.\lambda.e^{-\lambda t}(1-e^{-\lambda t})^{n-1}}{1-(1-e^{-\lambda t})^n} \qquad (5\text{-}14)$$

Thời gian làm việc an tòan trung bình của hệ thống là :

$$T_H = \frac{1}{\Lambda} \qquad (5\text{-}15)$$

Vì $Q_i(t) = e^{-\mu_i t}$ với $\mu_i = \frac{1}{\tau_i}$ $\quad i = \overline{1,n}$ nên

$$Q_H(t) = \prod_{i=1}^{n} Q_i(t) = \prod_{i=1}^{n} e^{-\mu_i t} = e^{-(\sum_{i=1}^{n}\mu_i).t} \qquad (5\text{-}16)$$

$$Q_H(t) = e^{-M.t} \qquad (5\text{-}17)$$

Trong đó $M = \sum_{i=1}^{n}\mu_i$ gọi là cường độ phục hồi của hệ thống .

Hệ số sẵn sàng của hệ :

$$A = \frac{M}{M+\Lambda} \qquad (5\text{-}18)$$

Hàm tin cậy của tòan hệ:

$$R(t) = A.e^{-\Lambda.t} \qquad (5\text{-}19)$$

Ví dụ 5-2: Xét 2 đường dây song song có $\lambda_1=\lambda_2=1$ [1/năm]; $\tau_1=\tau_2=20$ [h]. Thời gian khảo sát là 1 năm.

Giải:

Ta có : $\mu_1 = \mu_2 = 1/\tau_1 = 1/\tau_2 = 1/20 = 0.05$ [1/h]

Tính theo năm : $\mu_1 = \mu_2 = 8760/20 = 438$ [1/năm]

Cường độ phục hồi của hệ :

$M = \mu_1 + \mu_2 = 438+438 = 876$ [1/năm]

Cường độ sự cố của hệ :

$$\Lambda = \frac{n.\lambda.e^{-\lambda t}(1-e^{-\lambda t})^{n-1}}{1-(1-e^{-\lambda t})^{n}} = \frac{2x1xe^{-1}(1-e^{-1})}{1-(1-e^{-1})^{2}} = 0,774$$

Hệ số sẵn sàng của hệ :

$$A = \frac{M}{M + \Lambda} = \frac{876}{876 + 0.774} = 0.9991$$

Độ tin cậy của hệ là :

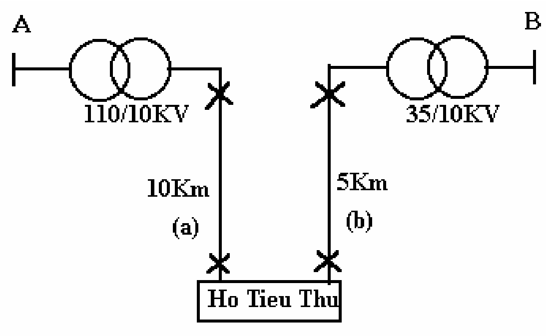
$$R(t) = A.e^{-\Lambda.t} = 0,9991.e^{-0,774} = 0,4607$$

Để tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy của sơ đồ hổn hợp ta xét ví dụ sau:

Ví dụ 5-3:

Một hộ dùng điện được cung cấp từ 2 nguồn A và B theo sơ đồ nối dây như hình vẽ 5-5.

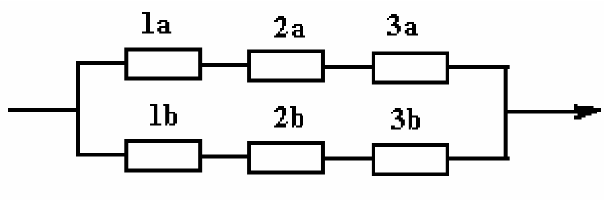
Hình 5-5



	λi (1/n)	τi(h)
Nguồn A	0,15	100
Nguồn B	0.20	100
MBA 110/10	0.05	90
MBA 35/10	0.04	80
Đ.dây 10Km	0.12	10
Đ.dây 5 Km	0.15	10

Các thông số của các phần tử theo thống kê cho được ở bảng (ở đây xem TĐD tuyệt đối tin cậy các máy cắt, dao cách ly cường độ sự cố rất nhỏ giả thiết bỏ qua). Hãy xác định những chỉ tiêu độ tin cậy của sơ đồ cung cấp điện với thời gian khảo sát là 1 năm.

Từ sơ đồ nối điện ta lập sơ đồ độ tin cậy của hệ như sau:



Hình 5-6

Giải:

1. Xác định độ tin cậy P(t) của hệ :

Đối với mạch a (đường dây 110KV)

$$P_a(t) = P_{1a}(t).P_{2a}(t).P_{3a}(t) = e^{-\lambda a.t}$$

với $\lambda_a = \lambda_{1a}+\lambda_{2a}+\lambda_{3a} = 0.15 + 0.05 + 0.12 = 0.32$ 1/năm

Xét khoảng thời gian t = 1 năm ta có :

$$P_a(t=1) = e^{-0.32} = 0,725$$

Đối với mạch b tương tự ta có :

$$P_b(t=1) = e^{-0.39} = 0,677$$

$$\lambda_b= \lambda_{1b}+\lambda_{2b}+\lambda_{3b}= 0.20 + 0.04 + 0.15 = 0.39$$

Xác suất sự cố của mạch a với t = 1năm :

$$Q_a=1-P_a= 1- 0.725 = 0.275$$

Xác suất sự cố của mạch b với t = 1năm:

$$Q_b=1-P_b=1-0.677 = 0.323$$

Độ tin cậy của hệ ở thời điểm t = 1 năm:

$$P = 1 - Q_aQ_b = 0,991$$

2. Xác định thời gian làm việc an toàn trung bình T của hệ: Trước hết cần xác định cường độ dòng sự cố Λ của toàn hệ theo biểu thức (5-13) .

$$\Lambda = -\frac{P'_H(t)}{P_H(t)} = \frac{\frac{d}{dt}\prod_{i=1}^{n}(1-e^{-\lambda_i t})}{1-\prod_{i=1}^{n}(1-e^{-\lambda i.t})} = \frac{\frac{d}{dt}\left[(1-e^{-\lambda_a t})(1-e^{-\lambda_b t})\right]}{1-(1-e^{-\lambda_a t})(1-e^{-\lambda_b t})}$$

$$= \frac{(1-e^{-\lambda_b t}).e^{-\lambda_a t}.\lambda_a + (1-e^{-\lambda_a t}).e^{-\lambda_b t}.\lambda_b}{1-(1-e^{-\lambda_a t})(1-e^{-\lambda_b t})}$$

Tại t = 1 năm, thay các giá trị λ_a, λ_b vào ta có :

$$\Lambda = \frac{(1-e^{-0,39}).e^{-0.32}.0.32 + (1-e^{-0.32}).e^{-0.39}.0.39}{1-(1-e^{-0.32})(1-e^{-0.39})} = 0.16 \ \ [1/nam]$$

Thời gian làm việc an toàn trung bình là :

$$T = \frac{1}{\Lambda} = \frac{1}{0.16} = 6.2 \quad [\text{nàm}]$$

3. Xác định thời gian sữa chữa sự cố trung bình của hệ :

Đối với mạch a :

$$T_{sa} = \frac{1}{\Lambda_a}\sum_1^3 \lambda_{ia}.T_{sia}$$

với T_{s1a}=100 h ;

T_{s2a}= 90 h ;

T_{s3a}= 10 h ;

$$T_{sa} = \frac{1}{0.32}(0.15x100 + 0.05x90 + 0.12x10) = 64.7 \ h$$

Tương tự đối với mạch b :

$$T_{sb} = \frac{1}{\Lambda_b}\sum_1^3 \lambda_{ib}.T_{sib}$$

với T_{s1b}=100 h ;

T_{s2b}= 80 h ;

T_{s3b}= 10 h ;

$$T_{sb} = \frac{1}{0.39}(0.20x100 + 0.04x80 + 0.15x10) = 63.3 \ h$$

Cường độ sữa chữa của từng mạch :

$$\mu_a = \frac{1}{T_{sa}} = \frac{1}{64.7} = 0.01546$$

$$\mu_b = \frac{1}{T_{sb}} = \frac{1}{63.3} = 0.0158$$

Cường độ sữa chữa của cả hệ :

$$M = \sum_{i=a}^{b} \mu i = \mu_a + \mu_b = 0.03125$$

Thời gian sữa chữa sự cố trung bình của hệ :

$$Ts = \frac{1}{M} = \frac{1}{0.03125} = 32 \ \ [\mathrm{h}]$$

Vì T>>Ts nên hệ số sẵn sàng của hệ $A \approx 1$.

5.3 QUÁ TRÌNH NGẪU NHIÊN MARKOV

5.3.1. Mở đầu

Hệ thống được diễn tả bởi các trạng thái hoạt động và khả năng chuyển giữa các trạng thái đó. Trạng thái hệ thống được xác định bởi tổ hợp các trạng thái của các phần tử. Mỗi tổ hợp trạng thái của phần tử cho một trạng thái của hệ thống. Phần tử có thể có nhiều trạng thái khác nhau như trạng thái tốt (TTT), trạng thaí hỏng (TTH), trạng thái bảo quản định kỳ (TTBQĐK).....Do đó mỗi sự thay đổi trạng thái của phần tử đều làm cho hệ thống chuyển sang một trạng thái mới.

Tất cả các trạng thái có thể có cuả hệ thống tạo thành không gian trạng thái (KGTT). Hệ thống luôn luôn ở một trong những trạng thái này nên tổng các xác suất trạng thái (XSTT) bằng 1.

Một hệ thống vật lý nào đó mà trạng thai của nó biến đổi theo thời gian một cách ngẫu nhiên, ta gọi hệ đó diễn ra một quá trình ngẫu nhiên.

Quá trình Markov là mô hình tóan học diễn tả quá trình ngẫu nhiên trong đó phần tử hoặc hệ thống liên tiếp chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác và thỏa mãn điều kiện : *Nếu hệ thống đang ở một trạng thái nào đó thì sự chuyển trạng thái tiêp theo xảy ra tại các thời điểm ngẫu nhiên và chỉ phụ thuộc trạng thái đương thời chứ không phụ thuộc vào quá khứ của qúa trình.*

Nếu hệ thống có n trạng thái ở thời điểm t hệ thống đang ở trạng thái i thì ở đơn vị thời gian tiếp theo hệ thống có thể ở lại trạng thái i (i=1..n) với xác suất p_{ii} hay có thể chuyển sang trạng thái j với xác suất p_{ij} (j =1..n và i khác j).

Các trạng thái của hệ thống có thể là:

- *Trạng thái hấp thụ*: Là trạng thái nếu hệ thống rơi vào trạng thái này thì không thể ra khỏi được.

- *Trạng thái trung gian*: Là trạng thái mà hệ thống có thể rơi vào trạng thái này, sau đó hệ thống sẽ chuyển sang trạng thaí khác.

Quá trình Markov là đồng nhất nếu thời gian hệ thống ở trạng thái bất kỳ tuân theo luật phân bố mũ với xác suất chuyển p_{ij} không phụ thuộc thời gian gọi là cường độ chuyển trạng thaí và được định nghĩa:

$$p_{ij} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t}(P[X(t+\Delta t) = j / X(t) = i]) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{Pij(\Delta t)}{\Delta t}$$

Với X(t+Δt) và X(t) là trạng thaí của hệ thống ở thời điểm (t+Δt) và t.

Với Δt đủ nhỏ thì ta có gần đúng : $p_{ij}(\Delta t) \approx p_{ij}.\ \Delta t$

Quá trình Markov không đồng nhất nếu p_{ij} là hàm của thời gian.

Quá trình Markov được phân ra:

a. Rời rạc trong không gian và liên tục trong thời gian.

b. Rời rạc trong không gian và rời rạc trong thời gian (Xích Markov)

c. Liên tục trong không gian và thời gian.

Đối với HTĐ sự chuyển trạng thái xảy ra khi xảy ra hỏng hóc hay phục hồi các phần tử. Với giả thiết thời gian làm việc và thời gian phục hồi các phần tử có phân bố mũ, thì thời gian hệ thống ở các trạng thái cũng tuân theo phân bố mũ và cường độ chuyển trạng thái bằng hằng số và không phụ thuộc vào thời gian, và ta sử dụng quá trình Markov đồng nhất. Với HTĐ chỉ áp dụng 2 quá trình a và b.

5.3.2. Quá trình Markov với trạng thái và thời gian rời rạc (Xích Markov)

Giả thiết hệ thống S có các trạng thái $S_1, S_2, ..., Sn$ và sự chuyển trạng thái của hệ chỉ xảy ra tại những thời điểm nhất định $t_0, t_1, ...t_n$ gọi là bước của quá trình.

Kí hiệu $S_i(k)$ là sự kiện hệ đang ở trạng thái i tại bước k (hoặc sau k bước kể từ trạng thái ban đầu). Giả sử tại mỗi bước hệ chỉ có thể ở một trong n trạng thái và $S_1(k)$,

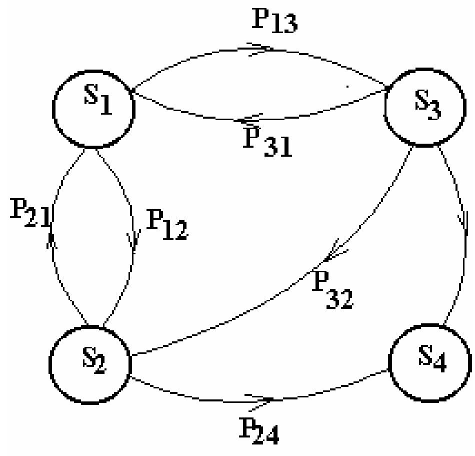
$S_2(k)$,....,Sn(k) với k=0.1,2,...... tạo thành tập đủ trong không gian trạng thái, và vì các sự kiện không giao nhau nên tổng xác suất của các sự kiện bằng 1 (tổng XS của tập đủ).

Mô tả quá trình chuyển trạng thái và xác suất chuyển trạng thái từ i sang j là P_{ij} , xác suất ở lại trạng thái i là p_{ii} bằng sơ đồ trạng thái (graph trạng thái) như hình 5-7.

Bài tóan đặt ra là: Biết trạng thái ban đầu của hệ là S_i và xác suất ở lại trạng thái i tại bước k là $p_{ii}(k)$ và xác suất chuyển trạng thái $p_{ij}(k)$. Cần xác định xác suất để tại các bước k=1,2,... hệ ở các trạng thái S_1, S_2,...., S_n.

Giả thiết xác suất chuyển trạng thái $p_{ii}(k)$, $p_{ij}(k)$ là hằng số ở các bước ta có xích Markov đồng nhất.

Ở bước (k-1) hệ đang ở trạng thái Si với xac suất là $p_i(k-1)$ thì xác suất để sau bước k hệ chuyển sang trạng thái S_j là :



Hình 5-7

$$P_j(k) = \underbrace{P_j(k-1).p_{jj}} + \underbrace{P_1(k-1).p_{1j} + P_2(k-1).p_{2j} + ... + P_n(k-1).p_{nj}}_{i \neq j} \quad (5-20)$$

hoặc có thể viết dưới dạng :

$$P_j(k) = P_j(k-1).p_{jj} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{n} P_i(k-1).p_{ij} \quad (5\text{-}21)$$

Thành phần thứ nhất : $P_j(k-1).P_{jj}$ là xác suất để hệ ở lại trạng thaí j (j là trạng thái nếu trước đó hệ ở trạng thái j tại bước (k-1).

Thành phần thứ hai là tổng các thành phần xác suất hệ chuyển sang trạng thái j nếu trước đó (bước (k-1)) hệ đang ở trang thái i khác j.

Viết dưới dạng ma trận :

$$\mathbf{P}(k)=\mathbf{P}(k-1).\mathbf{P} \quad (5\text{-}22)$$

Trong đó :

P(k) = $[P_1(k),P_2(k)....,P_n(k)]$ là ma trận hàng 1xn, với các phần tử là xác suất trạng thái của hệ ở bước k.

P(k-1) = $[P_1(k-1),P_2(k-1)....,P_n(k-1)]$ là ma trận hàng 1xn, với các phần tử là xác suất trạng thái của hệ ở bước (k-1).

P là ma trận vuông nxn; gọi là ma trận chuyển trạng thái với các phần tử là xác suất chuyển trạng thái cuả hệ, vì giả thiết là quá trình Markov đồng nhất nên các phần tử của P đều là hằng số ở các bước:

$$P = \begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{n1} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{n2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{vmatrix} \qquad (5\text{-}23)$$

Vì ở mỗi bước hệ chỉ có thể ở lại trạng thái cũ hoặc chuyển sang một trong (n-1) trạng thái còn lại nên tổng các xác suất chuyển trạng thái trong từng hàng của ma trận P bằng 1.

Giả sử ban đầu biết chắc chắn hệ đang ở trạng thái j với xác suất $P_j(0)=1$; $P_{i\neq j}(0)=0$ với $i=1\rightarrow n$.

Ta có : Bước 1 $P(1) = P(0).P$

Bước 2 $P(2) = P(1).P = P(0).P^2$

Tương tự đến sau bước k bất kỳ xác suất trạng thái của hệ là :

$$\mathbf{P}(k) = \mathbf{P}(0).\mathbf{P}^k \qquad (5\text{-}24)$$

Biểu thức (5-24) cho ta xác định được xác xuất các trạng thai của hệ ở bước thời gian k , khi biết vectơ xác xuất trạng thái ban đầu P(0) và ma trận chuyển trạng thái P.

Ở trạng thái dừng ($k\rightarrow\infty$) xác suất trạng thái sẽ không thay đổi :

$$P(k) = P(k-1).P = P(k).P$$

Khi đó ta đặt $\mathbf{\Pi}=\mathbf{P}(k)$ gọi là ma trận xác suất hành vi giới hạn. (hoặc vectơ bất động) của hệ và ta có :

$$\mathbf{\Pi = \Pi.P} \qquad (5\text{-}25)$$

với điều kiện :

$$\Pi=[\pi_1 \;\; \pi_1 \;\ldots\ldots\ldots\; \pi_n]$$

trong đó

$$\sum_{i=1}^{n} \pi_i = 1 \qquad (5\text{-}26)$$

với π_i là xác suất dừng của trạng thái Si.

Từ (5-25) và (5-26) ta có thể tìm được xác suất trạng thái dừng (xác suất duy trì) của hệ.

Ví dụ 5-4:

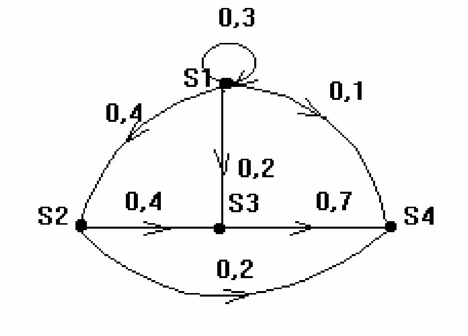
Một thiết bị có thể có một trong 4 trạng thái sau đây :

S1: trạng thái làm việc ;

S2 : trạng thái có hư hỏng nhẹ ;

S3 : hư hỏng nặng ;

S4: bị hỏng hòan tòan.



Hình 5-8

Xác suất chuyển trạng thái cho trên sơ đồ hình 5-8 (chưa khảo sát quá trình sữa chữa phục hồi).

Trạng thái ban đầu của hệ là S_1 với ma trận xác suất trạng thái ban đầu là :

P(0) = [1   0   0   0]

Xác định xác suất trạng thái của thiết bị ở các bước 1,2,3,4,5..

Ma trận chuyển trạng thái :

$$P = \begin{vmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0 & 0.4 & 0.4 & 0.2 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0.7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{P}(1) = \mathbf{P}(0).\mathbf{P}$$

$$P(1) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} x \begin{vmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0 & 0.4 & 0.4 & 0.2 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0.7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$P(1) = \begin{vmatrix} P_1(1) & P_2(1) & P_3(1) & P_4(1) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{P}(2) = \mathbf{P}(1).\mathbf{P}$$

$$P(2) = \begin{vmatrix} P_1(2) & P_2(2) & P_3(2) & P_4(2) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.09 & 0.28 & 0.28 & 0.35 \end{vmatrix}$$

Tương tự ta tìm được :

$$P(3) = \begin{vmatrix} 0.027 & 0.148 & 0.214 & 0.611 \end{vmatrix}$$

$$P(4) = \begin{vmatrix} 0.0081 & 0.07 & 0.1288 & 0.7931 \end{vmatrix}$$

Khi k→∞ (trạng thái dừng) ta có ma trận xác xuất trạng thái tới hạn (vectơ bất động) :

$$\Pi = P(\infty) = |0 \quad 0 \quad 0 \quad 1|$$

nghĩa là hệ tất yếu bị hỏng hòan tòan.

5.3.3. Quá trình Markov có trạng thái rời rạc trong thời gian liên tục

Trong thực tế có nhiều trường hợp hệ chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác không vào những thời điểm tất định mà vào những thời điểm bất kỳ ngẫu nhiên.

Để mô tả hành vi của hệ trong trường hợp này có thể dùng quá trình Markov với trạng thái rời rạc trong thời gian liên tục gọi là ***xích Markov liên tục***.

Giả sử hệ có thể có n trạng thái $S_1, S_2, ..., S_n$. Gọi $p_i(t)$ là xác suất để ở thời điểm t hệ ở trạng thái S_i vơí i=1→n và đối với thời điểm bất kỳ ta có:

$$\sum_{i=1}^{n} p_i(t) = 1 \qquad (5\text{-}27)$$

Ta cần phải xác định $p_i(t)$ với i=1→n

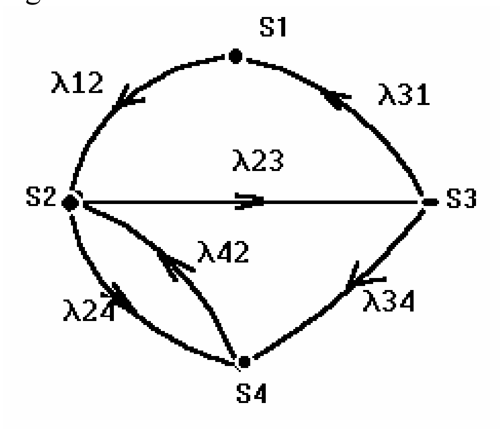
Giả thiết ở thời điểm t hệ đang ở trạng thái S_i. Trong khỏang thời gian Δt tiếp theo hệ sẽ chuyển sang trạng thái S_j với xác suất $p_{ij}(\Delta t)$. Khi đó mật độ xác suất chuyển trạng thái λ_{ij} được xác định :

$$\lambda_{ij} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{p_{ij}(\Delta t)}{\Delta t} \qquad (5\text{-}28)$$

nên với Δt đủ nhỏ ta có :

$$p_{ij}(\Delta t) \approx \lambda_{ij}.\Delta t \qquad (5\text{-}29)$$

Nếu mọi λ_{ij} không phụ thuộc vào thời điểm t thì quá trình Markov là quá trình đồng nhất.



Hình 5-9

Giả thiết hệ S được mô tả 4 trạng thái trên graph trạng thái hình 5-9

Xác định các xác suất trạng thái $P_i(t)$ với i=1..4.

Gọi $p_1(t+\Delta t)$ là xác xuất để tại thời điểm (t+Δt) hệ ở trạng thái S_1. Sự kiện này là hợp của 2 sự kiện:

Hoặc sự kiện 1: Tại thời điểm t hệ ở trạng thái S_1 và đến (t+Δt) hệ vẫn ở trạng thái S_1.

Hoặc sự kiện 2 : Tại thời điểm t hệ ở trạng thái S_3 và đến (t+Δt) hệ chuyển sang trạng thái S_1.

- *Sự kiện 1*: có xác suất bằng tích xác suất $p_1(t)$ với xác suất có điều kiện là sau Δt hệ không ra khỏi S_1; nên xác suất của sự kiện 1 là :

$$p_1(t).(1-\lambda_{12}.\Delta t)$$

Trong đó :

$+(1-\lambda_{12}.\Delta t)$ là xác suất để hệ không đi đến trạng thái S_2 nghĩa là vẫn ở lại S_1 .

$+(\lambda_{12}.\Delta t)$ là xác suất để hệ đi đến S_2.

- *Sự kiện 2*: có xác xuất bằng tích xác suất $p_3(t)$ (tại t hệ đang ở S3) với xác suất để tại thời điểm (t+Δt) hệ chuyển đến S_1; nên xác suất của sự kiện 2 bằng

$$p_3(t).\lambda_{31}.\Delta t$$

- *Hợp 2 sự kiện* trên, ta có xác suất để tại thời điểm (t+Δt) hệ ở trạng thái S_1 là :

$$p_1(t+\Delta t) = p_1(t).(1-\lambda_{12}.\Delta t) + p_3(t).\lambda_{31}.\Delta t$$

Biến đổi và lấy giới hạn khi Δt→0 :

$$\frac{dp_1(t)}{dt} = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{p_1(t+\Delta t)-p_1(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t\to 0}(-p_1(t).\lambda_{12} + p_3(t).\lambda_{31})$$

$$\frac{dp_1(t)}{dt} = -p_1(t).\lambda_{12} + p_3(t).\lambda_{31}$$

Biểu thức trên là phương trình vi phân ứng với $p_1(t)$. Tương tự ta lập được phương trình vi phân ứng với $p_2(t)$ dựa trên graph trạng thái :

Xác suất để ở thời điểm (t+Δt) hệ ở trạng thái S_2 kí hiệu là $p_2(t+\Delta t)$ là xác xuất hợp của 3 sự kiện sau :

Sự kiện 1: **T**ại thời điểm t hệ ở S_2, sau Δt vẫn ở yên S_2; xác suất sự kiện là :

$$p_2(t).(1-\lambda_{23}.\Delta t-\lambda_{24}.\Delta t)$$

Sự kiện 2 : Tại thời điểm t hệ ở S_1, sau Δt chuyển sang S_2; xác suất sự kiện là :

$$p_1(t).\lambda_{12}.\Delta t$$

Sự kiện 3 : Tại thời điểm t hệ ở S_4, sau Δt chuyển sang S_2; xác suất sự kiện là :

$$p_4(t).\lambda_{42}.\Delta t$$

Do đó :

$$p_2(t+\Delta t) = p_2(t).(1-\lambda_{23}.\Delta t-\lambda_{24}.\Delta t) + p_1(t).\lambda_{12}.\Delta t + p_4(t).\lambda_{42}.\Delta t$$

Biến đổi và lấy giới hạn :

$$\frac{dp_2(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{p_2(t+\Delta t) - p_2(t)}{\Delta t}$$
$$= -\lambda_{23} p_2(t) - \lambda_{24} p_2(t) + \lambda_{12} p_1(t) + \lambda_{42} p_4(t)$$

Tương tự, ta lập được hệ phương trình Kolmogorov :

$$\begin{aligned}
\frac{dp_1(t)}{dt} &= -p_1(t).\lambda_{12} + p_3(t).\lambda_{31} \\
\frac{dp_2(t)}{dt} &= -\lambda_{23} p_2(t) - \lambda_{24} p_2(t) + \lambda_{12} p_1(t) + \lambda_{42} p_4(t) \qquad (5\text{-}30) \\
\frac{dp_3(t)}{dt} &= -\lambda_{31} p_3(t) - \lambda_{34} p_3(t) + \lambda_{23} p_2(t) \\
\frac{dp_4(t)}{dt} &= -\lambda_{42} p_4(t) + \lambda_{24} p_2(t) + \lambda_{34} p_3(t)
\end{aligned}$$

hoặc viết dưới dạng ma trận :

$$\dot{P} = P.A$$

Trong đó : P là ma trận hàng gồm các phần tử là đạo hàm $dp_i(t)/dt$.

A là ma trận vuông kích thước nxn , các thành phần là cường độ chuyển trạng thái λ_{ij}, thực tế cách viết như sau :

Cách thành lập ma trận A cũng giống như cách thành lập ma trận P trong xích Markov rời rạc, chỉ khác ở chỗ tổng các phần tử của 1 hàng ở ma trận này bằng 0 (trong khi đó xích Markov bằng 1) và các phần tử là cường độ chuyển trạng thái chứ không phải là xác suất chuyển trạng thái :

Ví dụ thành lập ma trận A theo sơ đồ trạng thái hình 5-9:

$$A = \begin{vmatrix} -\lambda_{12} & \lambda_{12} & 0 & 0 \\ 0 & -(\lambda_{23}+\lambda_{24}) & \lambda_{23} & \lambda_{24} \\ \lambda_{31} & 0 & -(\lambda_{31}+\lambda_{34}) & \lambda_{34} \\ 0 & \lambda_{42} & 0 & -\lambda_{42} \end{vmatrix}$$

Khi đó :

$$\begin{vmatrix} \dot{\mathbf{p}}_1 & \dot{\mathbf{p}}_2 & \dot{\mathbf{p}}_3 & \dot{\mathbf{p}}_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \mathbf{p}_1 & \mathbf{p}_2 & \mathbf{p}_3 & \mathbf{p}_4 \end{vmatrix} . \begin{vmatrix} -\lambda_{12} & \lambda_{12} & 0 & 0 \\ 0 & -(\lambda_{23}+\lambda_{24}) & \lambda_{23} & \lambda_{24} \\ \lambda_{31} & 0 & -(\lambda_{31}+\lambda_{34}) & \lambda_{34} \\ 0 & \lambda_{42} & 0 & -\lambda_{42} \end{vmatrix}$$

Với hệ phương trình vi phân trên ta có thể giải được bằng cách biến đổi Laplace khi có từ 3 trạng thái trở xuống, khi có 4 trạng thái trở lên phải giải gần đúng, và ta sử dụng xích Markov.

Ở chế độ dừng của hệ thống khi $t \to \infty$ thì $dp_i(t)/dt \to 0$ và $p_i(t)$ trở thành hằng số gọi là xác suất duy trì của hệ .

Khi đó $P[p_1,p_2,...,p_n] = \Pi\,[\pi_1, \pi_2,......, \pi_n]$

Với các giá trị π_i là hằng số và gọi là *vectơ bất động* , có được bằng cách giải hệ phương trình:

$$P.A = 0$$

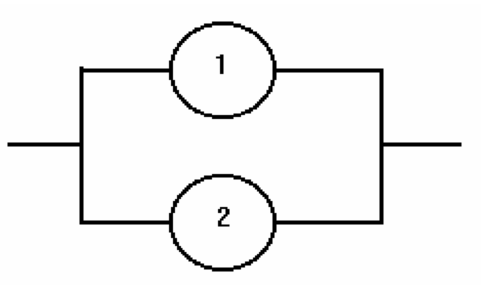
Với $$\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$$

Một cách gần đúng có thể xem $p_{ij} \approx \lambda_{ij}.t$ với t là khỏang thời gian khảo sát và $0 \le p_{ij} \le 1$.

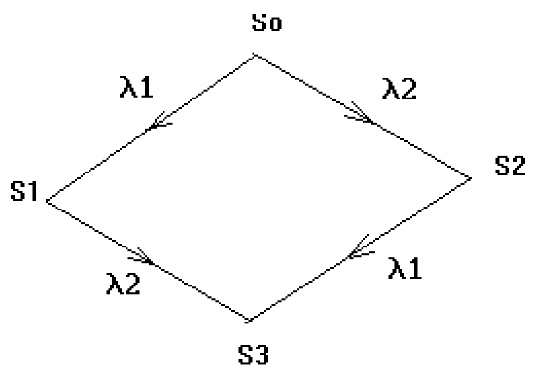
5.3.4. Sử dụng xích Markov đánh giá độ tin cậy cung cấp điện

Giả thiết tại thời điểm t nào đó hệ có thể ở một trong n trạng thái và đã biết ma trận xác suất hoặc mật độ xác suất chuyển giữa các trạng thái.

a. Xét hệ gồm những phần tử không phục hồi: Giả thiết hệ gồm 2 phần tử song song như hình 5-10 và có graph trạng thái như hình 5-11 .



Hình 5-10



Hình 5-11

Các trạng thái được ký hiệu như sau:

S_0 : trạng thái cả 2 đường dây làm việc tốt.

S_1 : trạng thái phần tử 1 bị sự cố.

S_2 : trạng thái phần tử 2 bị sự cố.

S_3 : trạng thái cả 2 phần tử đều bị sự cố.

Hệ phương trình vi phân dạng ma trận :

$$\dot{P} = \begin{vmatrix} \dot{p}_0 & \dot{p}_1 & \dot{p}_2 & \dot{p}_3 \end{vmatrix} = P.A$$

Với ma trận A thành lập từ graph trạng thái:

$$A = \begin{vmatrix} -(\lambda_1 + \lambda_2) & \lambda_1 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & -\lambda_2 & 0 & \lambda_2 \\ 0 & 0 & -\lambda_1 & \lambda_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Viết dưới dạng khai triển , ta có hệ phương trình vi phân :

$$\begin{cases} \dfrac{dp_0}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_2).p_0(t) \\ \dfrac{dp_1}{dt} = \lambda_1 p_0(t) - \lambda_2 p_1(t) \\ \dfrac{dp_2}{dt} = \lambda_2 p_0(t) - \lambda_1 p_2(t) \\ \dfrac{dp_3}{dt} = \lambda_2 p_1(t) + \lambda_1 p_2(t) \end{cases} \qquad (5\text{-}31)$$

và thỏa mản điêù kiện: $p_0(t) + p_1(t) + p_2(t) + p_3(t) = 1$

Giải hệ phương trình trên nhận được các giá trị xác suất trạng thái là hàm của thời gian và phụ thuộc vào các tham số λ_1, λ_2.

Giả sử $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda = \text{const}$;

Giải hệ phương trình trên với điều kiện đầu:

$p_0(0) = 1$;

$p_1(0) = p_2(0) = p_3(0) = 0$

ta nhận được:

$$p_0(t) = e^{-2\lambda t}$$

$$p_1(t) = p_2(t) = \frac{e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t}}{\lambda}$$

$$p_3(t) = 1 - p_0(t) - p_1(t) - p_2(t) = 1 - \frac{(\lambda + 2)e^{-2\lambda t} - 2e^{-\lambda t}}{\lambda}$$

Ví dụ : Giả thiết biết xác suất vận hành an toàn trong khoảng thời gian t = 100 giờ của mỗi phần tử là $p_i = 0,9$. Xác định độ tin cậy của hệ trong 100 giờ.

Mật độ xác suất sự cố λ của hai phần tử bằng nhau, được xác định theo biểu thức:

$$q = 1 - p \approx \lambda t \Rightarrow 0,1 \approx \lambda.100$$

$$\Rightarrow \lambda = 0,1/100 = 0,001 \quad [1/h]$$

Thay giá trị λ và t = 100h vào các biểu thức xác định $P_0(t)$, $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ nhận được:

$$p_0(100) = e^{-2x0,001x100} = e^{-0,2} = 0,81$$

$$p_1(100) = p_2(100) = 0,09$$

Xác suất vận hành an toàn (giả thiết hệ thống làm việc tốt khi có 1 đường dây làm việc tốt) :

$$P = p_0 + p_1 + p_2 = 0,99$$

Có thể nhận được kết quả trên như trước đây đã tính bằng công thức đơn giản :

$$P = 1 - q_1.q_2 = 1 - q^2 = 1 - 0,1^2 = 0,99$$

(Tuy nhiên dạng quá trình Markov có ưu điểm hơn nhiều khi có nhiều trạng thái và có tác động ngược nhau như sữa chữa phục hồi ....)

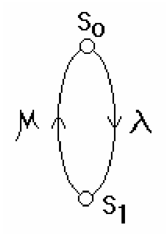
b. Tiếp theo khảo sát độ tin cậy của phần tử có phục hồi: Xét hệ có 1 phần tử, giả thiết cường độ sự cố λ và cường độ phục hồi μ với graph trạng thaí như hình 5-12

S_0 : là trạng thaí làm việc tốt.

S_1: là trạng thaí hỏng .

Hệ phương trình vi phân Kolmogorov :

$$\begin{cases} \dfrac{dp_0(t)}{dt} = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t) \\ \dfrac{dp_1(t)}{dt} = \lambda.p_0(t) - \mu.p_1(t) \end{cases} \qquad (5\text{-}32)$$



Hình 5-12

Điều kiện đầu : $P_0(0) = 1$; $P_1(0) = 0$;

và : $P_0(t) + P_1(t) = 1$;

Giải hệ phương trình vi phân trên ta có :

$$p_0(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\mu + \lambda}.e^{-(\lambda+\mu).t}$$

Từ biểu thức trên ta thấy rằng độ tin cậy p0(t) của phần tử có phục hồi gồm thành phần hằng số và thành phần giảm dần theo thời gian.

Khi t = 0 ta có : $p_0(t) = 1$

và khi t→ ∞ có $p_0(t) \rightarrow \dfrac{\mu}{\mu+\lambda} = A$ là hệ số sẵn sàng.

Trong nhiều trường hợp do việc giải các pghương trình vi phân khi hệ phức tạp rất cồng kềnh, nên thường chỉ quan tâm đến xác suất trạng thái duy trì p_0, p_1. Khi đó chỉ cần giải hệ (5-32) trong dạng đại số:

Khi t→ ∞ $dp_0(t)/dt = 0$:

$$-\lambda p_0 + \mu p_1 = 0$$
$$p_0 + p_1 = 1$$

Suy ra :

$$p_0 = \frac{\mu}{\mu+\lambda} \quad vaì \quad p_1 = \frac{\lambda}{\mu+\lambda}$$

Kết quả có thể nhận được khi sử dụng vectơ bất động **[π]=[p_0,p_1]** khi t → ∞:

$$\begin{vmatrix} p_0 & p_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} p_0 & p_1 \end{vmatrix} . \begin{vmatrix} 1-\lambda & \lambda \\ \mu & 1-\mu \end{vmatrix}$$

Trong đó : $\sum_1^2 \pi_i = 1 \Rightarrow p_0 + p_1 = 1$

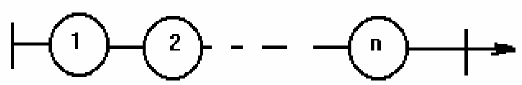
và ta có quan hệ :

$$\frac{p_0}{p_1} = \frac{\mu}{\lambda} \Rightarrow p_1 = \frac{\lambda}{\mu} p_0$$

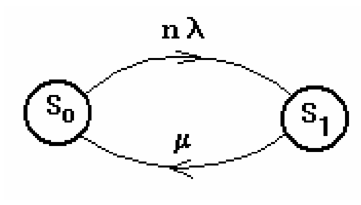
nghĩa là nếu λ/μ càng lớn thì xác suất sự cố càng cao .

** Trường hợp hệ gồm nhiều phần tử :*

Giả thiết hệ có n phần tử nối tiếp như trên hình 5-13 và graph trạng thái như trên hình 5-14, các gía trị λ , μ của các phần tử như nhau.



Hình 3-14



Hình 3-15

Để đánh giá độ tin cậy của hệ , ta xét hai trạng thái điển hình như trên hình 5-14 .

So - Mọi phần tử đều làm việc ;

S_1 - Một phần tử nào đó bị sự cố ;

Vì hệ sẽ ngừng làm việc khi hoặc phần tử 1 , hoặc phần tử 2 ... ,hoặc phần tử n sự cố , nên mật độ xác xuất chuyển từ So đến S_1 là nλ . Sử dụng hệ phương trình vi phân tương tự trường hợp một phần tử ta nhận được:

$$P_o(t) = \frac{\mu}{n\lambda + \mu} + \frac{n\lambda}{n\lambda + \mu} e^{-(n\lambda+\mu)t} \qquad (5\text{-}33)$$

Xác suất làm việc duy trì của hệ

$$P_o = \frac{\mu}{n\lambda + \mu}$$

Khi không xét đến tính phục hồi, nghĩa là thay $\mu = 0$ ở biểu thức (5-33) ta nhận được xác xuất để trong khoảng thời gian t hệ làm việc an toàn tương tự ở phần trước ta có:

$$P(t) = e^{-n\lambda t} = e^{-\Lambda t}$$

Với $\Lambda = n\lambda$ là tham số dòng sự cố của hệ .

Tương tự có thể xét cho trường hợp sơ đồ song song .

5.4 DỰ TRỮ CÔNG SUẤT TỐI ƯU TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

Xác định công suất dự trữ tối ưu trong HTĐ là một bài tóan quan trọng trong công tác thiêt kế và vận hành hệ thống điện. Tinh thần chủ yếu của bài tóan là nhằm giải quyết mâu thuẩn: Khi đưa thêm công suất đặt vào hệ thống thì phải tăng thêm vốn đầu tư và phí tổn vận hành, nghiã là chi phí tính tóan phải tăng thêm một lượng ΔN, nhưng hệ thống điện có công suất dự trữ tăng sẽ có độ tin cậy cao hơn, xác suất ngừng cung cấp điện sẽ giảm và như vậy thiệt hại kinh tế do thiếu hụt điện năng gỉam đi một lượng ΔH. Khi $\Delta H > \Delta N$ thì công suất dự trữ đầu tư thêm vào đó là hợp lý.

Công suất dự trữ trong HTĐ được định nghĩa :

$$P_{dt} = P_{\hat{a}} - P_{ft}$$

Trong đó : P_d là tổng công suất đặt của các tổ máy trong HTĐ

P_{ft} là tổng công suất của phụ tải ở thời điểm khảo sát kể cả tổn thất trong hệ thống.

Công suất dự trữ tối ưu được xác định sao cho cực tiểu hàm mục tiêu :

$$Z = N + H \rightarrow \min$$

Trong đó: N là thành phần vốn đầu tư và phí tổn vận hành đã qui về một năm.

H là giá trị trung bình thiệt hại kinh tế do ngừng cung cấp điện trong một năm, được tính bằng biểu thức:

$$H = ho.W$$

Trong đó W là giá trị trung bình của điện năng thiếu hụt hàng năm, nó phụ thuộc vào giá trị xác suất thiếu hụt công suất trong hệ thống.

Những đại lượng ngẫu nhiên ảnh hưởng đến xác suất thiếu hụt công suất trong hệ thống gồm:

1. Sự cố các phần tử trong HT như lò, turbin, máy phát....
2. Sai lệch giữa phụ tải thực tế và phụ tải thiết kế.
3. Sai số về dự báo phụ tải.

Sau đây ta xác định các xác suất xuất hiện các sự cố ngẫu nhiên kể trên. Để đơn giản ta giả thiết rằng giá trị công suât thiếu hụt biến đổi rời rạc và theo từng cấp, mỗi cấp có giá trị là b [MW].

Xác suất sự cố các phần tử trong hệ thống được biểu diễn trong dãy:

$$\{P_{ib}^{sc}\},\quad i = 0,+1,+2,...$$

Trong đó $\{P_{ib}^{sc}\}$ là xác suất để trong hệ thống thiếu hụt ib [MW] công suất do sự cố các tổ máy.

Tương tự ta có thể biểu diễn xác suất thừa công suất do phụ tải giảm so với giá trị cực đại đã thiết kế, gọi là dãy xác suất giảm phụ tải .

$$\{P_{ib}^{g}\}\text{, với i=0,-1,-2,.....}$$

Trong đó $\{P_{ib}^{g}\}$ là xác suất để trong hệ thống thừa ib [MW] do phụ tải thực tế giảm

Xác suất sai lệch phụ tải do dự báo có thể biểu diễn trong dãy xác suất :

$$\{P_{ib}^{ss}\},\quad \text{với } i = 0,-1,+1,-2,+2,....$$

Trong đó $\{P_{ib}^{ss}\}$ là xác suất để trong hệ thống thiếu (ứng với i > 0) hoặc thừa (ứng với i < 0) một lượng công suất là ib [MW] do sai số dự báo phụ tải.

Mỗi dãy xác suất trên đây tạo thành một không gian xác suất của các sự kiện cơ bản do đó có thể viết:

$$\sum_{i=0}^{n} P_{ib}^{sc} = 1$$

$$\sum_{i=0}^{n} P_{ib}^{g} = 1$$

$$\sum_{i=0}^{n} P_{ib}^{ss} = 1$$

Hoặc viết được :
$$\sum_{i=0}^{n} P_{ib}^{sc} . \sum_{i=0}^{n} P_{ib}^{g} . \sum_{i=0}^{n} P_{ib}^{ss} = 1 \qquad (5\text{-}34)$$

Nếu giả thiết rằng công suất thiết kế đảm bảo đúng yêu cầu, nghĩa là dự trữ bằng không khi phụ tải cực đại. Khi đó xác suất thiếu hụt công suất 1 cấp b[MW] trong hệ thống được xác định theo biểu thức :

$$P_b^{th} = P_o^g (P_o^{sc} P_b^{ss} + P_b^{sc} P_o^{ss} + ...) + P_{-b}^g (P_o^{sc} P_{2b}^{ss} + P_b^{sc} P_b^{ss} + ...) + ...$$

Trong đó tổng đại số các chỉ số phía dưới của mỗi thành phần của khai triển phía bên phải bằng b. Thí dụ

$$P_{-b}^g P_o^{sc} P_{2b}^{ss} \qquad \text{trong đó } -b + 0 + 2b = b$$

thành phần này gồm : xác suất khi xuất hiện phụ tải thực nhỏ hơn phụ tải cực đại khi thiết kế một lượng b [MW] là P^g_{-b} ; đồng thời có xuất hiện sai số với phụ tải dự báo nhỏ hơn phụ tải thực một lượng 2b [MW] với xác suất là P^{ss}_{2b}; và không xảy ra sự cố một tổ máy nào có xác xuất là P^{sc}_0. Vì vậy lượng công suất thiếu hụt trong hệ thống lúc này là b[MW].

Tương tự có thể viết biểu thức xác định xác suất thiếu hụt công suất mb[MW] trong hệ thống là:

$$P_{mb}^{th} = P_o^g (P_o^{sc} P_{mb}^{ss} + P_b^{sc} P_{(m-1)b}^{ss} + ...) + P_{-b}^g (P_o^{sc} P_{(m+1)b}^{ss} + P_b^{sc} P_{mb}^{ss} + ...) + ...$$

Tổng quát có thể viết xác suất thiếu hụt mb [MW] công suất trong hệ thống :

$$P_{mb}^{th} = \sum_{i=-n}^{0} \sum_{j=0}^{n} \sum_{k=-n}^{n} P_{ib}^{g} P_{jb}^{sc} P_{kb}^{ss} \qquad (5\text{-}35)$$

với điêu kiện : $i + j + k = m$

Trong trường hợp hệ thống có giá trị dự trữ là rb [MW] khi phụ tải cực đại biểu thức xác định P^{th}_{mb} vẫn xác định theo (30) nhưng bây giờ phải có điều kiện ;

$$i + j + k = (m + r)$$

Sau đây sẽ trình bày phương pháp xác định các dãy xác suất P^{g}_{ib} , P^{ss}_{ib} , P^{sc}_{ib} .

Gía trị của xác suất sự cố cuả i tổ máy trong hệ thống có n tổ máy :

P^{sc}_{ib} phụ thuộc vào số lượng tổ máy và số liệu thống kê về xác suất trạng thái sự cố q của từng tổ máy.

Giả thiết công suất và xác suất sự cố q của n tổ máy trong hệ thống là như nhau, khi đó có thể dùng luật phân bố nhị thức để xác định xác suất xảy ra sự cố đúng k tổ máy trong tòan bộ n tổ máy P^{sc}_{kb}, với công suất của mỗi tổ máy là như nhau và bằng b[MW] :

$$P_{kb}^{sc} = C_n^k q^k (1-q)^{(n-k)} \qquad (5\text{-}36)$$

Trong đó :

$$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

Từ biểu thức (5-36) suy ra rằng giá trị P^{sc}_{kb} chính là thành phần thứ k cuả khai triển nhị thức:

$$(p+q)^n = p^n + np^{n-1}q + \frac{n!}{k!(n-k)!} p^{n-k} q^k + ... + q^n = 1$$

Trong đó p =1-q là xác suất làm việc tốt của mỗi tổ máy.

Trong trường hợp số tổ máy n lớn và xác suất sự cố của mỗi tổ máy q nhỏ, ta có thể dùng phân phối Poisson để xác định P^{sc}_{kb} :

$$P_{kb}^{sc} = \frac{(nq)^k e^{-nq}}{k!}$$

Trường hợp các tổ máy có công suất và xác suất sự cố q khác nhau để đơn giản ta có thể dùng công suất trung bình Ptb của tổ máy và xác suất sự cố trung bình q_{tb} của tổ máy :

$$P_{tb} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P_i$$

$$q_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^{n} qiPi}{\sum_{i=1}^{n} Pi}$$

Trong đó Pi, qi là công suất và xác suất sự cố cuả tổ máy thứ i trong hệ thống.

Nếu trong hệ thống có các tổ máy có công suất và xác suất rất khác nhau thì ta chia thành nhiều nhóm, mỗi nhóm gồm những tổ máy có công suất và xác suất sự cố giống nhau. Khi đó xác xuất sự cố đồng thời các tổ máy có thể xác định theo biểu thức sau , với giả thiết hệ có k nhóm máy :

$$\Pi\, (p_i + q_i)^{ni} = 1$$

Trong đó n_i - số tổ máy thuộc nhóm i , thoả mản :

$$\Sigma\, n_i = n$$

Chương 6

CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG VÀ VẤN ĐỀ ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ, ĐIỆN ÁP TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

6.1. CÁC YÊU CẦU ĐỐI VỚI SẢN XUẤT ĐIỆN NĂNG

Hệ thống điện lực bao gồm các nhà máy điện, đường dây tải điện, trạm biến áp và các hộ tiêu thụ điện kết hợp với nhau thành một hệ thống chung để sản xuất, truyền tải và phân phối điện năng đến các hộ tiêu thụ một cáh liên tục và kinh tế nhất (hệ thống năng lượng, mạng điện). Khác hẳn với những ngành công nghiệp khác, sản xuất điện năng có những đặc điểm chủ yếu sau:

1. Đặc điểm quan trọng nhất là việc sản xuất, truyền tải, phân phối và sử dụng điện năng bao giờ cũng tiến hành cùng một lúc. Nghĩa là ở mọi thời điểm phải có sự cân bằng chính xác giữa điện năng sản xuất ra và điện năng tiêu thụ cộng với tổn thất trên lưới truyền tải và phân phối. Nếu sự cân bằng trên không đảm bảo thì các chỉ tiêu chất lượng điện năng chủ yếu là tần số và điện áp trong hệ thống sẽ lệch ra khỏi phạm vi cho phép.

2. Đặc điểm thứ hai là các quá trình quá độ trong hệ thống điện diễn ra rất nhanh cho nên phải sử dụng các kỹ thuật tự động để điều khiển các quá trình này chứ không thể thao tác bằng tay.

3. Đặc điểm thứ ba là điện năng có liên quan chặt chẽ với tất cả cácngành kinh tế quốc dân và mọi hoạt động của con người. Cho nên đòi hỏi độ tin cậy cung cấp điện phải rất cao vì mọi sự cố trong hệ thống dẫn đến thiếu hụt công suất sẽ ảnh hưởng đến nền kinh tế quốc dân.

Do những đặc điểm trên nên đối với sản xuất điện năng có những yêu cầu cơ bản sau:

1. Phải đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện liên tục cho các hộ tiêu thụ theo tính chất từng loại hộ trên tiêu thụ cụ thể (loại I, loại II, loại III).

2. Đảm bảo chất lượng điện năng cụ thể là điện áp tại các nút trong lưới và tần số chung của hệ thống không được lệch ra khỏi phạm vi cho phép.

3. Đảm bảo giá thành sản xuất điện năng rẽ nhất (phụ thuộc vào khâu thiết kế và vận hành hệ thống điện).

Để thực hiện tốt các yêu cầu trên người ta phải xây dựng những hệ thống điện lớn liên kết nhiều nhà máy và khu vực khác nhau, ngày nay người ta đã xây dựng được những hệ thống điện liên quốc gia. Các ưu điểm chính của việc xây dựng những hệ thống điện lớn là:

1. Nâng cao độ tin cậy cung cấp điện liên tục cho phụ tải.

2. Sử dụng hợp lý các nguồn năng lượng, thực hiện được việc phân phối tối ưu công suất giữa các nhà máy điện dẫn đến giảm giá thành điện năng.

3. Giảm tổng công suất dự trữ của hệ thống và có khả năng tăng công suất đơn vị các tổ máy, cho phép xây dựng các nhà máy điện công suất lớn nâng cao được hiệu quả kinh tế trong sản xuất điện năng.

4. Giảm trị số cực đại của đồ thị phụ tải tổng của hệ thống điện.

Khi xây dựng các hệ thống điện lớn thì việc kiểm tra điều khiển các quá trình trong hệ thống rất phức tạp. Để thực hiện việc này phải xây dựng các trung tâm điều độ với các thiết bị thông tin hiện đại. Trung tâm điều độ có những nhiệm vụ chủ yếu sau:

1. Đảm bảo việc sản xuất và tiêu thụ điện năng với sản lượng cao nhất.

2. Đảm bảo cung cấp điện liên tục cho phụ tải, muốn vậy phải luôn luôn duy trì một lượng công suất dự trữ nhất định trong hệ thống.

3. Đảm bảo chất lượng điện năng trong hệ thống không lệch ra khỏi các giá trị cho phép.

4. Đảm bảo tính kinh tế lớn nhất trong phạm vi toàn hệ thống, nghĩa là đảm bảo chi phí sản xuất điện năng bé nhất.

6.2. ĐẶC TÍNH TĨNH CỦA PHỤ TẢI

Đặc tính tĩnh của phụ tải ở một nút nào đó là quan hệ giữa công suất tác dụng và công suất phản kháng của phụ tải đối với điện áp tại nút đó khi tần số cho biết hoặc đối với tần số khi điện áp cho biết. Sở dĩ gọi là đặc tính tĩnh vì phụ tải được xét ở chế độ làm việc xác lập.

Nếu phụ tải ở chế độ quá độ còn phải xét đến tốc độ biến đổi của các thông số và ta sẽ có những đường đặc tính động của phụ tải.

Đặc tính động của phụ tải là quan hệ giữa công suất phụ tải đối với tần số, điện áp và các đạo hàm của chúng.

Khi chế độ của Hệ thống điện thay đổi thì trong phụ tải cũng xảy ra các quá trình quá độ. Các quá trình này thường không được xét riêng cho từng thiết bị dùng điện riêng biệt mà được xét chung cho từng nhóm lớn phụ tải cùng được cung cấp điện từ một nút phụ tải nào đó. Mỗi nút phụ tải như vậy là một phụ tải tổng hợp bao gồm nhiều loại phụ tải khác nhau như: động cơ không đồng bộ, động cơ đồng bộ, máy bù đồng bộ, tụ điện, ánh sáng, lò điện....Các thành phần trung bình của các loại thiết bị dùng điện trong một nút phụ tải tổng hợp 110KV tính theo phần trăm công suất như trong bảng 6-1.

Bảng 6-1

Tên phụ tải	Thành phần (%)
- Động cơ không đồng bộ	48
- Động cơ đồng bộ	10
- Chiếu sáng	25
- Chỉnh lưu, lò điện và đốt nóng	10
- Tổn thất trong mạng điện	7

Việc xây dựng đặc tính phụ tải tổng hợp rất khó khăn, cho nên người ta chỉ xây dựng các đường đặc tính gần đúng dựa vào các đặc tính của từng loại phụ tải và tỉ lệ tham gia của nó vào độ thị phụ tải tổng. Trước khi tìm các đường đặc tính tĩnh của nút phụ tải tổng hợp, ta khảo sát các đường đặc tính tĩnh của các phụ tải thành phần.

a. Phụ tải thắp sáng:

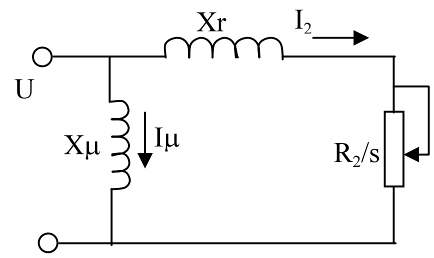
Công suất tác dụng tiêu thụ bởi các đèn nung nóng do điện trở tác dụng của đèn thay đổi theo nhiệt độ, do đó có quan hệ với điện áp theo biểu thức sau:

$$P = KU^{1,6} \qquad (6\text{-}1)$$

Đối với đèn ống công suất phụ thuộc rất ít vào điện áp.

b. Động cơ điện không đồng bộ:

Sơ đồ thay thế của động cơ không đồng bộ như trên hình 6-1, từ sơ đồ thay thế viết được các biểu thức cho công suất tác dụng và phản kháng:



Hình 6-1

$$P = I_2^2 \frac{R_2}{s} = \frac{U^2}{X_r^2 + (R_2/s)^2} \frac{R_2}{s} \qquad (6-2)$$

$$Q = \frac{U^2}{X_\mu} + I_2^2 X_r = Q_\mu + Q_s \qquad (6-3)$$

$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}$$

s là hệ số trượt của động cơ, trong đó ω_0 là tốc độ đồng bộ, ω là tốc độ thực của động cơ. Khi momen của máy công tác là hằng số thì công suất tác dụng của động cơ không đồng bộ là hằng số.

c. Động cơ điện đồng bộ và máy bù đồng bộ

** Động cơ đồng bộ*

Đặc tính công suất tác dụng và phản kháng của động cơ đồng bộ có dạng:

$$\begin{aligned} P &= \frac{UE_q}{X_d}\sin\delta \\ Q &= \frac{U^2}{X_d} - \frac{UE_q}{X_d}\cos\delta \end{aligned} \qquad (6-4)$$

** Máy bù đồng bộ*

Máy bù đồng bộ không tiêu thụ công suất tác dụng cho nên góc δ = 0 do đó đặc tính công suất phản kháng có dạng:

$$Q = \frac{U^2}{X_d} - \frac{UE_q}{X_d} \qquad (6-5)$$

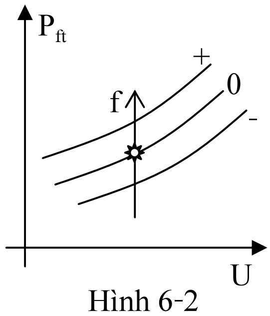
d. Tụ điện tĩnh

Tụ điện tĩnh là thiết bị bù phát công suất phản kháng. Đặc tính công suất phản kháng có dạng:

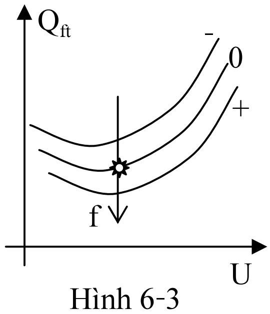
$$Q = -\frac{U^2}{X_C}; \qquad X_C = \frac{1}{\omega C} \qquad (6-6)$$

e. Đường đặc tính tĩnh của phụ tải tổng hợp

Trong hệ thống điện phụ tải tổng hợp tại các nút phần lớn là động cơ, cho nên đặc tính của phụ tải tổng hợp có dạng gần giống đặc tính của động cơ và có dạng như trên hình 6-2 và hình 6-3.



Hình 6-2



Hình 6-3

Công suất tác dụng của động cơ chủ yêu phụ thuộc vào công suất các máy bị, còn không phụ thuộc (động cơ đồng bộ) hoặc phụ thuộc rất ít (động cơ không đồng bộ) vào điện áp. Cho nên đặc tính tĩnh của phụ tải tổng $P_{pt}(U)$ (hình 6-2) có độ dốc tương đối bé vì thành phần chủ yếu của nó là động cơ.

Với một trị số nhất định nào đó của điện áp, cho tần số f tăng lên, động cơ sẽ quay nhanh hơn ($\omega = 2\pi$ f) nhưng vì momen quay của động cơ giả thiết không đổi nên ta có:

$$P_{pt} = M\omega \approx \omega \qquad (6-7)$$

Nghĩa là khi f tăng dẫn đến ω tăng và công suất phụ tải P_{pt} cũng tăng nên ta có chiều mũi tên chỉ f tăng theo hương P_{pt} tăng (như hình 6-2).

Công suất phản kháng của phụ tải xác định chủ yếu bởi công suất từ hoá của động cơ không đồng bộ và máy biến áp. Chúng ta biết công suất từ hoá bằng

$$Q_\mu = \frac{U^2}{X_\mu} \qquad (6-8)$$

Do đó lúc điện áp giảm thì công suất từ hoá giảm tương đối nhanh nghĩa là đường đặc tính tĩnh Q_{pt} (U) có độ dốc lớn hơn so với đường đặc tính tĩnh $P_{pt}(U)$.

Với một trị số nhất định của điện áp, cho tần số f tăng lên dòng điện từ hoá của động cơ không đồng bộ và máy biến áp sẽ giảm xuống vì điện kháng từ hoá X_μ sẽ tăng lên khi tần số tăng. Công suất từ hoá chiếm phần lớn trong tổng công suất của phụ tải nên khi tần số f tăng Q_{pt} sẽ giảm, trên hình 6-3 chiều mũi tên chỉ f tăng hướng theo chiều giảm Q_{pt}.

6.3. QUAN HỆ GIỮA TẦN SỐ VÀ ĐIỆN ÁP ĐỐI VỚI CÂN BẰNG CÔNG SUẤT

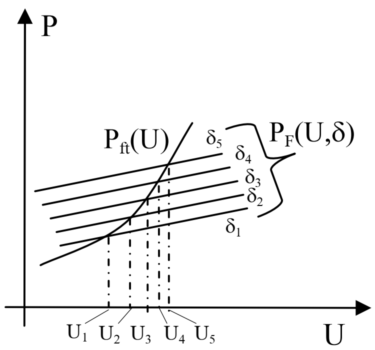
6.3.1 *Xét tại một nút*

Trị số công suất tác dụng và phản kháng đi tới một nút nào đó không những phụ thuộc biên độ U và góc pha δ của điện áp ở nút đó mà còn phụ thuộc vào biên độ và pha của điện áp ở các nút lân cận và điện kháng của đường dây ở các đoạn này.

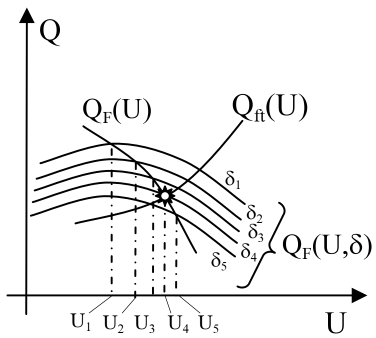
Theo điều kiện cân bằng công suất tác dụng và phản kháng: Tổng các dòng công suất tác dụng và phản kháng đi tới nút (P_F, Q_F) phải bằng tổng công suất tác dụng và phản kháng của phụ tải tại nút đó (P_{pt} và Q_{pt}). Với một tần số xác định nào đó ta có:

$$\begin{cases} \mathrm{P}_{pt}(U) = P_F(U, \delta) \\ \mathrm{Q}_{pt}(U) = Q_F(U, \delta) \end{cases} \qquad (6\text{-}9)$$

Đây là hệ 2 phương trình hai ẩn số U và δ sẽ giải tìm được U_{pt} tại nút khảo sát. Do khó xác định $P_{pt}(U)$ và $Q_{pt}(U)$, nên ta sử dụng phương pháp giải tích đồ thị để giải tìm gía trị U_{pt} của nút khảo sát.



Hình 6-4



Hình 6-5

Trên hình 6-4 vẽ đường đặc tính $P_{pt} = \varphi_1(U)$ ứng với một trị số f xác định cho trước và họ đường đặc tính $P_F = \psi(U, \delta)$ ứng với tần số f như đã cho nhưng với các trị số δ khác nhau.

Dựa vào điều kiện cân bằng công suất tác dụng $P_F = P_{pt}$, từ các giao điểm của đặc tính $P_{pt} = \varphi_1(U)$ và họ đường $P_F = \psi_1(U,\delta)$ có thể xác định được quan hệ $\delta = \varphi(U)$.

Trên hình 6-5 vẽ đặc tính $Q_{pt} = \varphi_2(U)$ và họ đường đặc tính $Q_F = \psi_2(U,\delta)$ ứng với cùng một trị số f nhưng δ khác nhau. Dùng quan hệ $\delta = \varphi$ (U) đã tìm được ở trên để xác định các điểm nằm trên đặc tính $Q_F = \psi$ (U) từ các đường của họ đường $Q_F = \psi_2(U,\delta)$, nối tất cả các điểm này lại ta được đặc tính $Q_F = \psi$ (U) ứng với cân bằng công suất tác dụng.

Dựa vào điều kiện cân bằng công suất phản kháng ta có $Q_{pt} = Q_F$,cho nên giao điểm của hai đường $Q_{pt}(U)$ và $Q_F(U)$ sẽ cho giá trị điện áp thực tế U_{pt} (U_4) tại nút khảo sát.

Trình tự giải bằng giải tích đồ thị có thể tóm tắt như sau :

Trên hình 6-4 xác định được quan hệ δ(U), dùng quan hệ này xác định $Q_F(U)$ trên hình 6-5, giao điểm của hai đường $Q_{pt}(U)$ và $Q_F(U)$ cho điện áp tại nút khảo sát.

6.3.2 *Xét trong phạm vi toàn hệ thống*

Ta xét hai trường hợp điển hình gây nên biến đổi tần số và điện áp trong hệ thống.

1. Trường hợp thứ nhất

Nếu thay đổi lượng hơi vào turbin của một tổ máy phát nào đó thì góc lệch của rôto máy phát đó sẽ thay đổi. Trong toàn bộ hệ thống sẽ xảy ra biến đổi tần số, cả pha và biên độ của điện áp ở tất cả các nút. Tất cả những biến đổi này sẽ diễn ra cho đến lúc xác lập cân bằng mới trong hệ thống. Quá trình diễn ra rất phức tạp, ví dụ: giảm lượng hơi nước vào turbin của tổ máy 1, tốc độ của tổ máy đó sẽ quay chậm lại, góc lệch của rôto sẽ giảm xuống do đó công suất tác dụng do nó phát ra P = (EUsinδ)/X sẽ giảm và yêu cầu công suất tác dụng của các máy phát khác phải tăng lên để đảm bảo cân bằng công suất trong hệ thống. Trên trục của các máy phát này sẽ xuất hiện mất cân bằng và bắt đầu bị hãm. Góc lệch rôto của chúng sẽ giảm và công suất tác dụng do nó phát ra lại giảm theo do đó máy 1 lại bị hãm. Vì phải nhận thêm công suất mà các máy phát kia phát ra không đủ. Kết quả tất cả các máy phát đều bị hãm do đó tần số chung của hệ thống bị gỉam xuống. Lúc tần số giảm công suất tác dụng của phụ tải ở các nút cũng giảm theo các đặc tính tĩnh về tần số, còn công suất tác dụng của các máy phát điện thì tăng lên do tác dụng của các bộ tự động điều chỉnh tốc độ. Cả hai yếu tố này sẽ dẫn đến cân bằng ở trục mỗi máy phát điện. Tần số sẽ không giảm nữa và sẽ ổn định ở một tần số mới.

Mặc khác khi tần số giảm sẽ làm biến đổi sức điện động của tất cả các máy phát điện và điện kháng của tất cả các nhánh và do đó sẽ làm biến đổi điện áp ở tất cả các nút trong hệ thống. Điện áp biến dổi sẽ dẫn đến biến đổi công suất tác dụng và phản kháng cần cung cấp cho các phụ tải theo đặc tính tĩnh về điện áp. Tóm lại quá trình diễn ra rất phức tạp.

2. Trường hợp thứ hai

Giả sử dòng điện kích từ ở một tổ máy lớn nào đó của hệ thống giảm xuống, công suất phản kháng do tổ máy phát đó phát ra giảm xuống và làm cho điện áp ở các nút lân cận giảm xuống. Sở dĩ điện áp phải giảm xuống là để đảm bảo cân bằng công suất phản kháng vì ta biết theo đặc tính tĩnh của phụ tải về điện áp, lúc điện áp giảm thì công suât cung cấp cho phụ tải cũng giảm. Điện áp giảm lại làm cho phụ tải tác dụng ở các nút giảm xuống theo đặc tính tĩnh của phụ tải về điện áp. Do đó sẽ xuất hiện mất cân bằng công suất tác dụng trên trục các máy phát điện dẫn đến góc lệch rôto và tốc độ quay của các máy phát điện tăng lên, cho đến lúc có cân bằng mới tạo nên bởi sự tăng phụ tải tác dụng của hệ thống theo đặc tính tĩnh về tần số của các phụ tải. Tần số tăng sẽ làm biến đổi sức điện động các máy phát điện và điện kháng các nhánh và do đó sẽ làm biến đổi điện áp ở các nút.

Hai trường hợp trên là quá trình liên quan phức tạp giữa các biến đổi của tần số, điện áp, công suất tác dụng và công suất phản kháng. Để đơn giản trong thực tế người ta thường giả thiết.

a. Mọi biến đổi về cân bằng công suất tác dụng của máy phát và phụ tải dẫn đến sự biến đổi về tần số.

b. Mọi biến đổi về cân bằng công suất phản kháng chỉ dẫn đến biến đổi điện áp.

Tóm lại các điều kiện cần thiết để đảm bảo giá trị của tần số và điện áp trong hệ thống là:

1. Công suất tác dụng của các máy phát điện phải đủ để cung cấp toàn bộ cho phụ tải tác dụng của hệ thống và tổn thất công suất tác dụng trong mạng trong điều kiện làm việc định mức của điện áp và tần số.

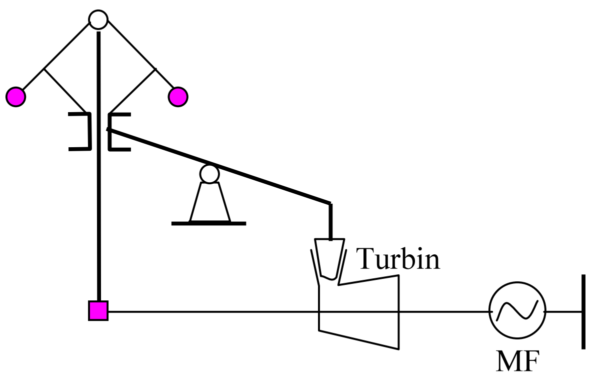
2. Công suất phản kháng của các máy phát điện và máy bù đồng bộ phải đủ để cung cấp cho toàn bộ phụ tải phản kháng của hệ thống và tổn thất công suất phản kháng trong mạng trong điều kiện làm việc định mức của điện áp và tần số.

3. Phân bố công suất phản kháng của các máy phát điện và máy bù đồng bộ trong hệ thống phải đảm bảo sao cho lượng công suất phản kháng truyền trên ác đường dây liên lạc giữa các khu vực là bé nhất nhằm giảm tổn thất điện áp và điện năng trong mạng.

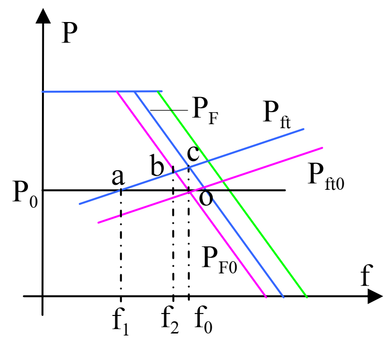
6.4. ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

6.4.1 *Nguyên lý điều chỉnh*

Điều chỉnh tần số trong các hệ thống điện lực hiện đại là một trong những nhiệm vụ quan trọng nhất của điều khiển hệ thống. Trong hệ thống cần phải giao nhiệm vụ điều chỉnh tần số cho một số nhà máy điện nhất định (làm việc ở phần đỉnh phụ tải).



Hình 6 - 6



Hình 6-7

Trên hình 6-6 vẽ sơ đồ nguyên lý điều chỉnh tần số máy phát điện, trên hình 6-7 vẽ các đường đặc tính tần số của thiết bị tự động điều chỉnh tốc độ của turbin (P_{F0}) và đặc tính tần số của phụ tải tổng của hệ thống có xét đến tổn thất công suất trong mạng (P_{pt0}). Giao điểm của hai đường đặc tính này xác định tần số làm việc của hệ thống f_0.

Giả sử phụ tải tổng trong hệ thống tăng lên và ta có đường đặc tính P_{pt}. Nếu không có thiết bị tự động điều chỉnh tốc độ tức công suất của máy phát điện 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 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 $f_0 > f_2 > f_1$. Khi có thiết bị tự động điều chỉnh tần số tức có điều chỉnh thứ cấp thì đường đặc tần số của máy phát sẽ dịch chuyển lên thành đường (P_F) và hệ thống sẽ làm việc tại điểm c ứng với nó ta có tần số $f_0^{'} = f_0$.

Có thể chia quá trình điều chỉnh tần số thành ba giai đoạn như sau:

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 phát gánh một phần, nhiều ít tuỳ theo sức điện động và góc pha của chúng và các điện kháng trong mạng ($P = \frac{EU}{Z_{12}}\sin\delta$). Trong lúc đó công suất của turbin vẫn chưa tăng do đó các máy phát bị hãm và tần số trong hệ thống giảm xuống.

2. Khi độ lệch của tần số vượt quá vùng không nhạy của thiết bị tự động điều chỉnh tốc độ của turbin (khoảng 0,05% f_{dm} đối với turbin hơi và 0,02% f_{dm} đối với turbin nước) thì các bộ điều chỉnh tốc độ bắt đầu làm việc. Nhưng vì nó có quán tính nên tác động chậm trễ khoảng ($1 \div 2$ sec), sau khi tác động lượng hơi (nước) vào turbin tăng và tần số bắt đầu tăng (đoạn ab trên đặc tính P_{pt}).

3. Khi độ lệch của tần số vượt quá vùng không nhạy của thiết bị tự động điều chỉnh tần số (khoảng 0,02%) thì nó bắt đầu tác động và làm dịch chuyển đường đặc tính điều chỉnh tốc độ của turbin. Tốc độ dịch chuyển tương đối chậm quá trình điều chỉnh chiếm khoảng ($30 \div 40$ sec) mới phục hồi được tần số định mức.

6.4.2 *Biểu thức tính toán*

Khi có thiết bị tự động điều chỉnh tốc độ, đường đặc tính tần số của điều chỉnh tốc độ $P_F(f)$ và đường đặc tính tĩnh của phụ tải $P_{pt}(f)$ có tốc độ được xác định như sau:

$$K_F = \frac{\Delta P_F}{P_{Fdm}} : \frac{\Delta f}{f_{dm}} \tag{6-10}$$

$$K_{pt} = \frac{\Delta P_{pt}}{P_{pt}} : \frac{\Delta f}{f_{dm}} \tag{6-11}$$

Trong đó :

- P_{Fdm} là công suất định mức tổng các máy phát điện
- P_{prdm} là tổng công suất phụ tải và tổn thất trong mạng

Từ (6-10) và (6-11) ta rút ra được:

$$\Delta P_F = -P_{Fdm}\frac{\Delta f}{f_{dm}}.K_F \tag{6-12}$$

$$\Delta P_{pt} = P_{pt}\frac{\Delta f}{f_{dm}}K_{pt} \tag{6-13}$$

Dấu trừ ở công thức (6-12) chỉ rằng khi tần số giảm ($\Delta f < 0$) thì công suất các máy phát điện tăng lên ($\Delta P_F > 0$). Ngược lại ở công thức (6-13) khi tần số tăng ($\Delta f > 0$) thì công suất của phụ tải cũng tăng.

Ta gọi ρ là hệ số dự trữ:

$$\rho = \frac{P_{Fdm}}{P_{pt}} \tag{6-14}$$

Khi trong hệ thống có biến đổi về cân bằng công suất một lượng:

$$\Delta P = \Delta P_F - \Delta P_{pt} \tag{6-15}$$

sẽ làm cho tần số biến đổi một lượng là Δf, xác định bởi phương trình sau:

$$\Delta P = \Delta P_F - \Delta P_{pt} = -P_{pt}\frac{\Delta f}{f_{dm}}\left(\rho k_F + k_{pt}\right) \tag{6-16}$$

Suy ra :

$$\frac{\Delta f}{f_{dm}} = -\frac{\Delta P}{P_{pt}\left(\rho k_F + k_{pt}\right)} \tag{6-17}$$

Từ công thức (6-17) ta thấy rằng khi độ dốc K_F càng lớn nghĩa là đường đặc tính $P_F(f)$ càng dốc thì tần số càng ổn định. Độ dốc đặc tính của máy phát tương đối lớn $K_F=(15 \div 20)$ đối với máy phát turbin hơi và $K_F = (25 \div 50)$ đối với máy phát turbin nước. Khi công suất tổ máy không đổi tức không có thiết bị tự động điều chỉnh tốc độ, độ dốc của đặc tính $K_F = 0$).

Khi có nhiều tổ máy trong hệ thống thì cần phải xác định độ dốc trung bình K_{Ftb} cho tất cả các tổ máy.

Đối với mỗi tổ máy ta có:

$$\Delta P_{fi} = -P_{Fidm}\frac{\Delta f}{f_{dm}}.K_{fi} \tag{6-18}$$

Cộng lại sẽ có :

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

Hay :

$$\Delta P_F = -\frac{\Delta f}{f_{dm}}.K_{Ftb}\sum_{1}^{n} P_{Fdm}$$

Suy ra :

$$K_{Ftb} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{Fidm}K_{Fi}}{\sum_{i=1}^{n} P_{Fi}} \tag{6-19}$$

Ví dụ :

Giả sử trong hệ thống có 50% số tổ máy tải đầy tức phát hết công suất. 25% số tổ máy nhiệt điện có dự trữ công suất 10% và có độ dốc $K_F = 16,6$. 25% số tổ máy còn lại là thuỷ điện có dự trữ công suất 20% và có độ dốc $K_F = 27$. Độ dốc của đặc tính phụ tải lấy bằng 1,5. Hãy xác định khi phụ tải tăng lên bao nhiêu thì tần số giảm 1%.

Giải:

Theo công thức (6-19) ta có :

$$K_{Ftb} = \frac{0,5x0 + 0,25x16,6 + 0,25x27}{1} = 10,4$$

Theo (6-14) ta có :

$$\rho = \frac{1 + 0,5x0 + 0,25x0,1 + 0,25x0,2}{1} = 1,075$$

Theo công thức (6-17) ta tính được biến đổi tần số hệ thống như sau:

$$\frac{\Delta f}{f_{dm}} = -\frac{\Delta P}{P_{ft}} x \frac{1}{1,075x10,4 + 1,5} = -\frac{\Delta P}{P_{ft}} x \frac{1}{12,68}$$

Như vậy khi phụ tải tăng lên 12,68% thì tần số hệ thống sẽ giảm xuống 1%.

Nếu hệ thống hoàn toàn không có dự trữ tức ta có: $K_{Ftb} = 0$ và $\rho = 1$, khi đó ta

$$\frac{\Delta f}{f_{dm}} = -\frac{\Delta P}{P_{ft}} x \frac{1}{1,5}$$

tính được:

Nghĩa là khi phụ tải tăng 1,5% thì tần số hệ thống sẽ giảm 1%. Lúc này biến đổi của tần số chỉ phụ thuộc vào độ dốc của đường đặc tính tĩnh của phụ tải.

6.5. ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

6.5.1 Nguên lý chung:

Để điều chỉnh điện áp ta có thể sử dụng các phương pháp sau :

a/ Điều chỉnh điện áp máy phát điện bằng cách điều chỉnh dòng điện kích từ máy phát.

b/ Điều chỉnh điện áp ra của máy biến áp tăng áp và hạ áp bằng cách đặt đầu phân áp cố định hoặc điều áp dưới tải.

c/ Điều chỉnh điện áp trên đường dây tải điện bằng máy biến áp điều chỉnh và biến áp bổ trợ.

d/ Đặt các thiết bị bù ngang có điều chỉnh để thay đổi tổn thất điện áp trên đường dây có thể dùng bộ tụ điện, máy bù đồng bộ, động cơ điện đồng bộ có điều chỉnh kích từ hoặc thiết bị kháng bù nhanh (SVC)

e/ Đặt thiết bị bù dọc trên đường dây để thay đổi điện kháng đường dây nhằm thay đổi tổn thất điện áp.

Theo bản chất vật lý, chỉ có hai phương pháp cơ bản để điều chỉnh điện áp là: hoặc tăng thêm nguồn công suất phản kháng (các phương pháp a, d) hoặc phân bố lại công suất phản kháng trong mạng điện (các phương pháp còn lại), phương pháp sau chỉ có hiệu quả khi hệ thống điện có đủ công suất phản kháng. Khi hệ thống điện thiếu công suất phản kháng phương pháp duy nhất để điều chỉnh điện áp là tăng thêm các nguồn công suất phản kháng.

6.5.2 Các thiết bị điều chỉnh điện áp:

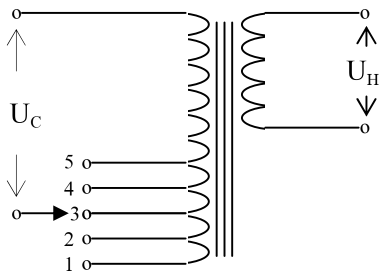
Các thiết bị sử dụng để điều chỉnh điện áp gồm có :

- Đầu phân áp của máy biến áp
- Máy biến áp điều áp dưới tải
- Bộ điều chỉnh đường dây
- Bộ tụ điện có diều chỉnh
- Máy bù đồng bộ
- Động cơ đồng bộ có điều chỉnh kích từ

a. Đầu phân áp của máy biến áp (MBA)

Ở đầu dây cao áp của máy biến áp ngoài đầu ra chính còn có các đầu ra phụ gọi là đầu phân áp. Các đầu phân áp cho phép thay đổi số vòng dây cuộn cao của MBA và do đó thay đổi hệ số biến áp của MBA (hình 6-8).

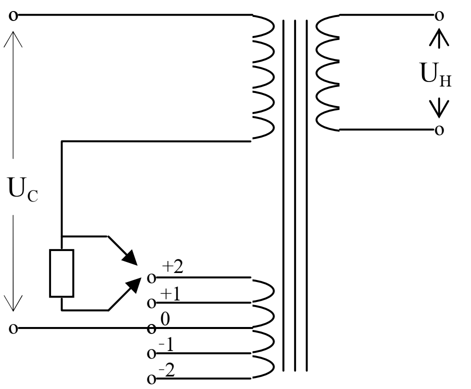
(Giải thích nguyên lý làm việc)



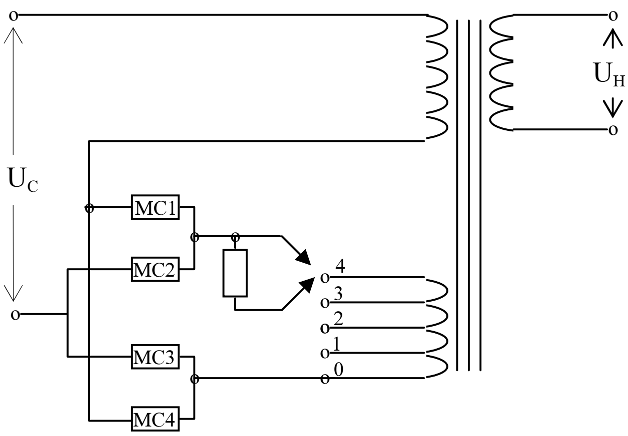
Hình 6-8

b. Máy biến áp đầu áp dưới tải

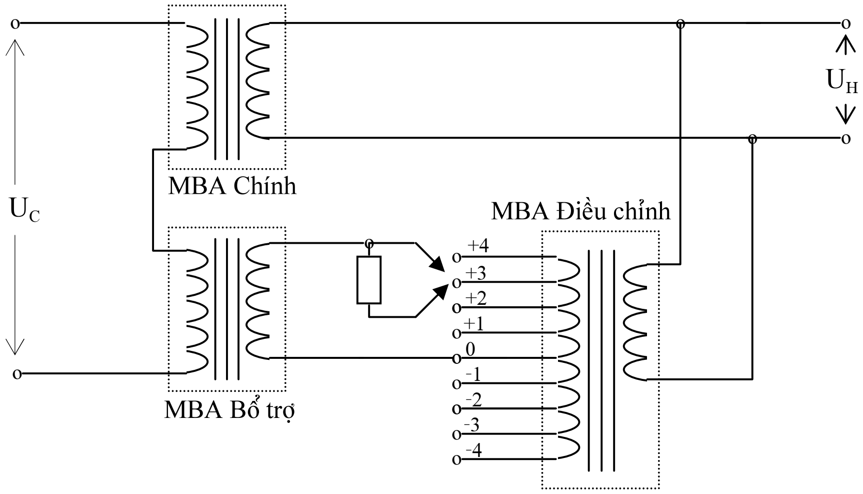
Máy biến áp đầu áp dưới tải là loại máy biến áp có thể thay đổi đầu phân áp khi đang mang tải.Sơ đồ nguyên lý của một số loại máy biến áp điều áp dưới tải như hình 6-9.



Hình 6 - 9a



Hình 6 - 9b

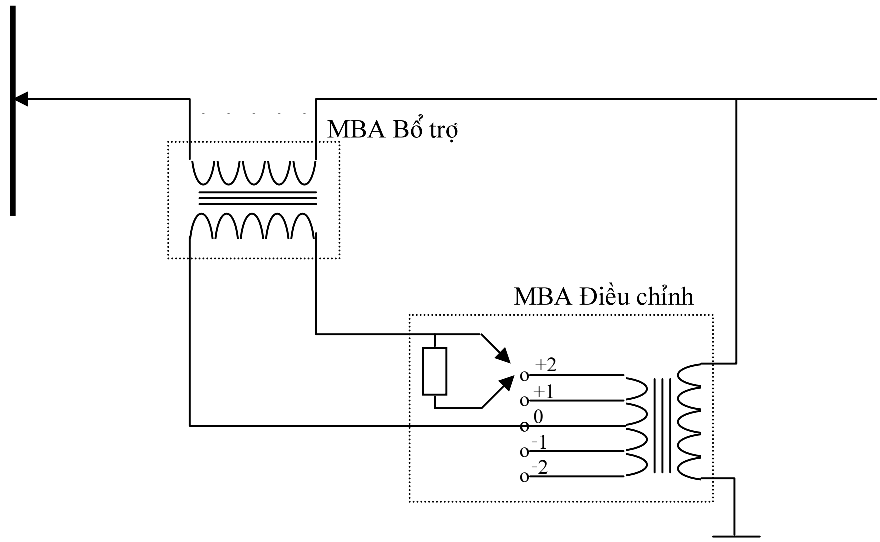


Hình 6 - 9c

(Giải thích nguyên lý làm việc)

c. Bộ điều chỉnh đường dây

Có sơ đồ nguyên lý như trên hình 6-10, gồm có máy biến áp điều chỉnh có các đầu phân áp phụ điều áp dưới tải và máy biến áp bổ trợ nối vào đường dây, điện áp tăng thêm này được điều chỉnh bằng cách thay đổi đầu phân áp của máy biến áp điều chỉnh khi mang tải. Bộ này có thể đặc ở đầu hoặc cuối đường dây tải điện trước khi vào trạm biến áp.



Hình 6 - 10

(Giải thích nguyên lý làm việc)

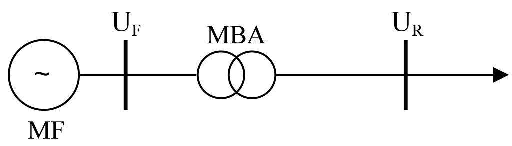
6.5.3 Điều chỉnh điện áp ở nhà máy điện

a. Điều chỉnh điện áp ở máy phát điện

Điện áp ở thanh cái máy phát có thể điều chỉnh được trong khoảng ± 5% so với điện áp định mức của nó. Ở chế độ phụ tải cực đại do tổn thất trong mạng lớn nên để đảm bảo chất lượng điện năng điện áp ở máy phát cần giữ cao. Ngược lại trong chế độ phụ tải cực tiểu, tổn thất điện áp trong mạng điện nhỏ cần phải giảm thấp điện áp đầu cực máy phát.

b. Điều chỉnh ở máy biến áp tăng áp

Yêu cầu điện áp ở thanh cái cao áp của MBA tăng áp được xác định bởi sự cân bằng công suất phản kháng của hệ thống điện trong các chế độ cực đại và cực tiểu. Để đảm bảo điện áp yêu cầu chúng ta cần phải chọn đầu phân áp thích hợp. Trên hình 6-11 vẽ sơ đồ máy biến áp tăng áp.



Hình 6-11

Nếu ta đặt ở đầu vào của MBA một giá trị bằng điện áp định mức của cuộn hạ áp U_H thì điện áp ở đầu ra khi không tải là U_{pa} và khi có tải là $U_{pa} - \Delta U_B$. Trong đó U_{pa} là điện áp của đầu phân áp cần chọn và ΔU_B là tổn thất điện áp trong MBA.

Khi điện áp vào $U_V(U_F)$ khác với $U_H(U_{Fdm})$ thì điện áp U_r cũng phải khác đi với cùng một tỉ lệ

Vậy ta có biểu thức :

$$\frac{U_V}{U_H} = \frac{U_F}{U_{Fdm}} = \frac{U_R}{U_{pa} - \Delta U_B}$$

Từ đó suy ra được:

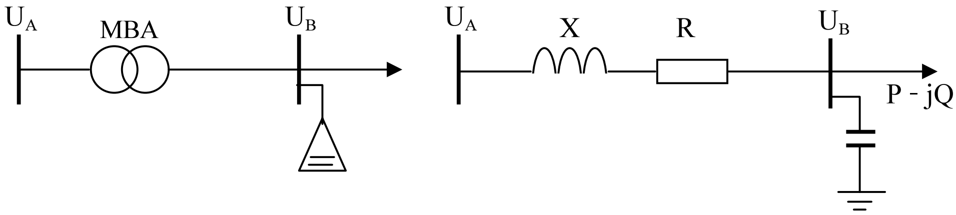
$$U_F = U_{Fdm} - \frac{U_R}{U_{pa} - \Delta U_B} \qquad (6\text{-}20)$$

Khi biết điện áp yêu cầu chính là U_R trong các chế độ phụ tải và biết ΔU_B thì theo (6-20) ta có thể lựa chọn đầu phân áp U_{pa} phối hợp với U_F để điều chỉnh điện áp.

6.5.4 Điều chỉnh điện áp bằng cách đặt thiết bị bù ngang

Thiết bị bù thường được sử dụng để điều chỉnh điện áp khi sử dụng các phương tiện khác không đảm bảo tiêu chuẩn về chất lượng điện năng. Thiết bị bù thường dùng là tụ điện tĩnh, máy bù đồng bộ hoặc các động cơ đồng bộ có thể điều chỉnh kích từ. Việc sử dụng thiết bị bù còn có lợilà nâng cao tính kinh tế của mạng điện.

Ta xét sơ đồ như hình 6-12, để đảm bảo điện áp yêu cầu ở thanh cái hạ áp U_B, ta cần đặt ở đây thiết bị bù với dung lượng Q_b.



Hình 6-12

- Trước khi đặt thiết bị bù điện áp ở thanh cái U_A có giá trị :

$$U_A = U_{B0} + \frac{PR + QX}{U_{B0}} \qquad (6\text{-}21)$$

Trong đó : U_A là điện áp ở đầu nguồn,
U_{B0} điện áp thanh cái B qui đổi về phía cao áp,
P, Q : công suất tác dụng và phản kháng của phụ tải,
X, R : Thông số đường dây và máy biến áp.

Trước khi đặt bù dọc ta có :

- Sau khi đặt thiết bị bù ta có :

$$U_A = U_B + \frac{PR + (Q - Q_b)X}{U_B} \qquad (6\text{-}22)$$

Trong đó : U_B điện áp thanh cái B qui đổi về phía cao áp.

Cân bằng (6-21) và (6-22) ta có:

$$U_{B0} + \frac{PR + QX}{U_{B0}} = U_B + \frac{PR + (Q - Q_b)X}{U_B}$$

Từ đó suy ra:

$$\frac{Q_b X}{U_B} = U_B - U_{B0} + \frac{PR + QX}{U_B} - \frac{PR + QX}{U_{B0}}$$

Có thể xem:

$$\frac{PR + QX}{U_{B0}} \approx \frac{PR + QX}{U_B}$$

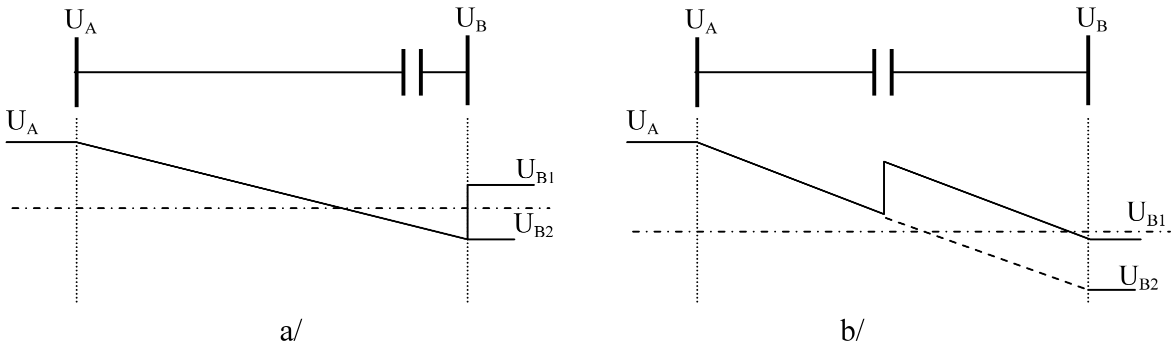
Do đó ta có:

$$Q_b = \frac{U_B(U_B - U_{B0})}{X} \qquad (6\text{-}22)$$

Theo (6-22) khi thay U_B, X, U_{B0} ở các chế độ phụ tải khác nhau ta xác định được dung lượng bù cần thiết ở mọi chế độ vận hành của mạng điện. Vì U_B phụ thuộc vào hệ số biến áp của MBA nên có thể đặt đầu phân áp hợp lý sao cho dung lượng bù cần đặt là bé nhất.

6.5.5 Điều chỉnh điện áp bằng cách đặt thiết bị bù dọc

Để điều chỉnh điện áp có thể đặt thiết bị bù dọc bằng cách mắc nối tiếp tụ điện trên đường dây như trên hình 6-13.



- U_{B1}: Khi có đặt tụ bù dọc
- U_{B2}: Khi không đặt tụ bù dọc

Hình 6 - 13

Bộ tụ có tác dụng làm giảm điện kháng đường dây, do đó làm cho tổn thất điện áp giảm đi.

Trước khi đặt thiết bị bù dọc ta có tổn thất điện áp:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U}$$

Sau khi đặt thiết bị bù dọc tổn thất điện áp:

$$\Delta U = \frac{PR + Q(X - X_C)}{U}$$

Rõ ràng là tổn thất điện áp trên đường dây giảm xuống khi ta đặt tụ bù dọc.

Giả thiết rằng bộ tụ bù có m nhánh và mỗi nhánh có n tụ điện với điện áp định mức U_0 và công suất định mức Q_0 của mỗi tụ. Cần xác định số lượng m và n.

- Số tụ điện trong một nhánh n phải thoả mãn điều kiện điện áp :

$$nU_0 \geq U_t$$

U_t là điện áp thực tế trên cực của bộ tụ

$$U_t = IX_C = \frac{S}{\sqrt{3}.U_{dm}}.X_C.10^{-3} \quad [\text{KV}]$$

Trong đó : I, S : dòng điện và công suất đi qua bộ tụ

Suy ra

$$n \geq \frac{U_t}{U_0} = \frac{S}{\sqrt{3}.U_0 U_{dm}}.X_C.10^{-3} \qquad (6\text{-}23)$$

- Số nhánh m phải thoả mãn điều kiện dòng điện :

$$mI_0 \geq I$$

Trong đó : I_0 là dòng điện cho phép của tụ điện

$$I_0 = \frac{Q_0}{U_0} \ [A]$$

Suy ra: $$m = \frac{I}{I_0} = \frac{SU_0}{\sqrt{3}.U_{dm}Q_0} = \frac{nX_0}{X_C} \qquad (6\text{-}24)$$

Trong đó: - X_0: Điện kháng của tụ

- $X_0 = \dfrac{U_0^2}{Q_0}.10^3 \ [\Omega]$

Qua hình 6-13 ta thấy nơi đặt tụ có ảnh hưởng đến phân bố điện áp trên đường dây. Nếu mạng chỉ có một phụ tải ở cuối đường dây thường đặt tụ ở ngay trạm biến áp phân phối. Khi mạng có nhiều phụ tải phân bố dọc đường dây thì cần phải cân nhắc để lựa chọn điểm đặt tụ cho phù hợp. Nói chung điểm đặt càng gần về phía nguồn càng cần ít tụ điện và mức điện áp càng ổn định.