

# VẬN HÀNH VÀ ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG ĐIỆN

## Chương 4 Điều phối tối ưu công suất phát (tiếp theo)

cuu duong than cong. com

## 4. Tổn thất công suất trong lưới điện

\* Tổn thất công suất tác dụng trong lưới điện là:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n-1} B_{ii} (P_i^2 + Q_i^2) + 2 \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{j=2}^{n-1} B_{ij} (P_i P_j + Q_i Q_j) - 2 \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{j=2}^{n-1} C_{ij} (P_i P_j - Q_i Q_j) \quad (4.12)$$

cuu duong than cong. com

\* Tổn thất công suất phản kháng trong lưới điện là:

$$\Delta Q = \sum_{i=1}^{n-1} D_{ii} (P_i^2 + Q_i^2) + 2 \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{j=2}^{n-1} D_{ij} (P_i P_j + Q_i Q_j) - 2 \sum_{i=1}^{n-2} \sum_{j=2}^{n-1} F_{ij} (P_i P_j - Q_i Q_j) \quad (4.13)$$

cuu duong than cong. com

Với:

$$B_{ii} = \frac{r_{ii}}{U_i^2}; B_{ij} = \frac{r_{ij}}{U_i U_j} \cos \delta_{ij}; C_{ij} = \frac{r_{ij}}{U_i U_j} \sin \delta_{ij} \quad (4.14)$$

$$D_{ii} = \frac{x_{ii}}{U_i^2}; D_{ij} = \frac{x_{ij}}{U_i U_j} \cos \delta_{ij}; F_{ij} = \frac{x_{ij}}{U_i U_j} \sin \delta_{ij}$$

cuu duong than cong. com

Trong trường hợp góc  $\delta_{ij}$  nhỏ (lưới điện tập trung, khoảng cách không lớn), có thể coi  $\cos\delta_{ij} = 1$ ,  $\sin\delta_{ij} = 0$ .

Do đó:  $B_{ij} = B_{ji}$ ,  $D_{ij} = D_{ji}$  và:

$$B_{ij} = \frac{r_{ij}}{U_i U_j}; C_{ij} = 0; D_{ij} = \frac{x_{ij}}{U_i U_j}; F_{ij} = 0 \quad (4.15)$$

$$\Delta_P = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} B_{ij} (P_i P_j + Q_i Q_j) \quad (4.16)$$

$$\Delta_Q = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} D_{ij} (P_i P_j + Q_i Q_j) \quad (4.17)$$

## 5. Phân bố tối ưu công suất phát trong hệ thống hỗn hợp nhiệt điện – thủy điện:

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

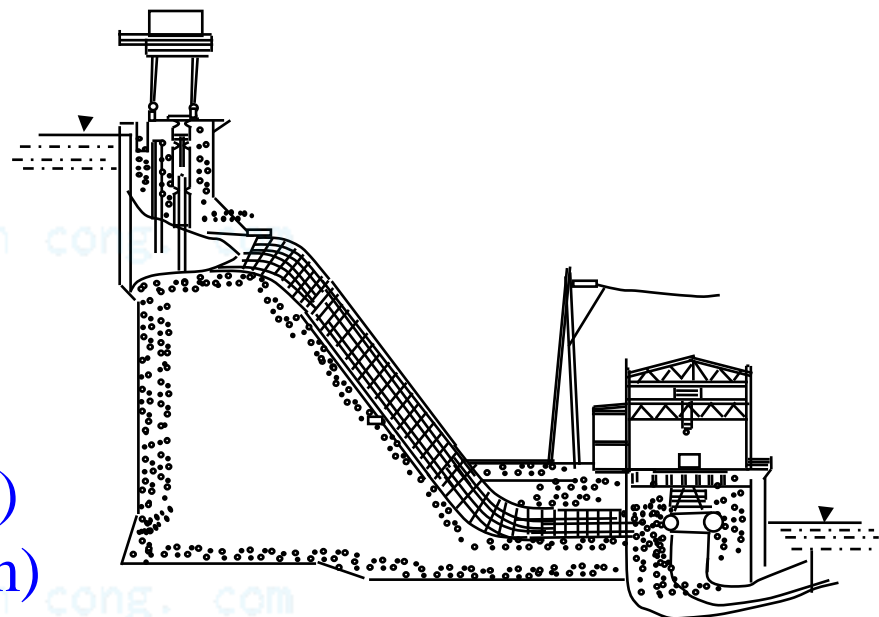
$$P = 9,81QH\eta \text{ (kW)} \quad (4.18)$$

Trong đó

$Q$ : lưu lượng nước ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$H$ : chiều cao cột nước (m)

$\eta$ : hiệu suất, thông thường vào khoảng 70 – 90%



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

- Hiệu suất thủy điện phụ thuộc công suất phát, hiệu suất cao nhất khi thủy điện phát từ 85% - 90% công suất định mức.
- Các tuabin thủy điện có thể làm việc với cột nước từ 65% - 125% cột nước định mức.
- Đặc điểm quan trọng của thủy điện là bị hạn chế về năng lượng sơ cấp, đó là nước.

Đặc tính tiêu hao nước:

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

Trong đó  $\alpha$  là chỉ số của tổ máy thủy điện.

Đặc tính tiêu hao nước phụ thuộc vào cột nước của hồ chứa.

Lấy đạo hàm  $Q_{\alpha}$  theo công suất  $P$ , ta được suất tăng tiêu hao nước của thủy điện:

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

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

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

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com



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

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

Trong đó

Các hệ số  $\alpha$ ,  $\beta$  và  $\gamma$  phụ thuộc vào tình trạng hồ chứa ở đầu giờ tính công suất.

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

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com

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

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

cuu duong than cong. com

**\* Hàm mục tiêu của bài toán là:**

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

*Trong đó*

$C_t$ : chi phí nhiên liệu của các nhà máy nhiệt điện trong giờ  $t$

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

*Trong đó*

$a, b, \dots$  : chỉ số của các tổ máy nhiệt điện có  $N_{nd}$  tổ  
máy nhiệt điện

## Ràng buộc:

Có 2 điều kiện ràng buộc:

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

\* Cân bằng công suất cho giờ  $t$ :

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

Trong đó

cuu duong than cong. com

$\alpha, \beta$ : chỉ số của thủy điện có  $N_{tđ}$  thủy điện

cuu duong than cong. com

\* Cân bằng nước cho từng thủy điện:

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

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

cuu duong than cong. com

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

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

cuu duong than cong. com



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

Hàm Lagrange của bài toán:

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

Điều kiện tối ưu là:

$$\frac{\partial L}{\partial P_{a1}} = \varepsilon_{a1} - \lambda_1 \left( 1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{a1}} \right) = 0$$

• • • • •

$$\frac{\partial L}{\partial P_{a24}} = \varepsilon_{a24} - \lambda_{24} \left( 1 - \frac{\partial \Delta P_{24}}{\partial P_{a24}} \right) = 0$$

(4.29)

Điều kiện tối ưu là:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial L}{\partial P_{\alpha_1}} &= \lambda_{\alpha} \varepsilon_{\alpha_1} - \lambda_1 \left( 1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{\alpha_1}} \right) = 0 \\
 &\dots \dots \dots \\
 \frac{\partial L}{\partial P_{\alpha_{24}}} &= \lambda_{\alpha} \varepsilon_{\alpha_{24}} - \lambda_{24} \left( 1 - \frac{\partial \Delta P_{24}}{\partial P_{\alpha_{24}}} \right) = 0
 \end{aligned}
 \tag{4.30}$$

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

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

$$\lambda_1 = \frac{\varepsilon_{a1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{a1}}\right)} = \frac{\varepsilon_{b1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{b1}}\right)} = \dots\dots\dots$$

$$\lambda_2 = \frac{\varepsilon_{a2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial P_{a2}}\right)} = \frac{\varepsilon_{b2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial P_{b2}}\right)} = \dots\dots\dots \quad (4.31)$$

• • • • •

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

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_\alpha \varepsilon_{\alpha_1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{\alpha_1}}\right)} = \frac{\lambda_\beta \varepsilon_{\beta_1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{\beta_1}}\right)} = \dots\dots\dots$$

cuu duong than cong. com

$$\lambda_2 = \frac{\lambda_\alpha \varepsilon_{\alpha_2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial P_{\alpha_2}}\right)} = \frac{\lambda_\beta \varepsilon_{\beta_2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial P_{\beta_2}}\right)} = \dots\dots\dots$$

cuu duong than cong. com

(4.32)

• • • • •

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

$$\begin{aligned}
 \lambda_1 &= \frac{\varepsilon_{a1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial \Delta P_{a1}}\right)} = \frac{\varepsilon_{b1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial \Delta P_{b1}}\right)} = \dots \\
 &= \frac{\lambda_\alpha \varepsilon_{\alpha_1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial \Delta P_{\alpha_1}}\right)} = \frac{\lambda_\beta \varepsilon_{\beta_1}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial \Delta P_{\beta_1}}\right)} = \dots \\
 \lambda_2 &= \frac{\varepsilon_{a2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial \Delta P_{a2}}\right)} = \frac{\varepsilon_{b2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial \Delta P_{b2}}\right)} = \dots \\
 &= \frac{\lambda_\alpha \varepsilon_{\alpha_2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial \Delta P_{\alpha_2}}\right)} = \frac{\lambda_\beta \varepsilon_{\beta_2}}{\left(1 - \frac{\partial \Delta P_2}{\partial \Delta P_{\beta_2}}\right)} = \dots
 \end{aligned} \tag{4.33}$$

Điều kiện (4.33) bao gồm  $24(N - 1)$  phương trình

Trong đó:

$N = N_{nđ} + N_{tđ}$ : tổng số các tổ máy (hay nhà máy) trong hệ thống điện

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

Ta có:

Tổng số  $(24N + N_{tđ})$  phương trình.

Số ẩn số là  $24N$  công suất các tổ máy trong từng giờ vận hành và  $N_{tđ}$  hệ số không xác định  $\lambda_\alpha, \lambda_\beta, \dots$

*Trong đó*

$\lambda_t$ : suất tăng chi phí của hệ thống



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

Trong (4.33) nếu không xét đến biến thiên của  $\Delta P$  theo công suất phát của các tổ máy và giả thiết rằng chỉ có một nhiệt điện  $a$  và một thủy điện  $\alpha$ .

cuu duong than cong. com

Ta có: điều kiện phân bố công suất tối ưu cho mỗi giờ vận hành:

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

cuu duong than cong. com

Từ đây, suy ra:

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

Vì  $\mathcal{P}_a = \mathcal{P}_{\alpha}$  để đảm bảo cân bằng công suất

cuu duong than cong. com