Chương III

CÔNG TRÌNH ĐIỀU ÁP

Mục Lục

Mục Lục **1**

Chương III **2**

Công trình điều áp 2

3.1. Nước va và các quá trình chuyển tiếp thuỷ lực trong công trình dẫn nước của trạm thủy điện *2*

3.1.1. Nước va và ảnh hưởng của nó đến sự làm việc của trạm thuỷ điện 2

3.1.2. Thành lập phương trình cơ bản để tính toán nước va 2

3.1.3. Giải hệ phương trình nước va bằng phương pháp giải tích 5

3.1.4. Tính toán nước va bằng đồ giải 10

3.1.5. Nước va pha thứ nhất và nước va pha giới hạn 12

3.1.6. Nước va trực tiếp và nước va gián tiếp 15

3.1.7. Phân bố áp lực nước va theo chiều dài ống 17

3.1.8. Tính toán nước va trong đường ống phức tạp 18

3.1.9. Các biện pháp giảm áp lực nước va 20

3.2. Tháp điều áp *24*

3.2.1. Tác dụng, điều kiện ứng dụng và các loại tháp điều áp 24

3.2.2. Phương trình vi phân cơ bản của tháp điều áp 27

3.2.3. Tính toán thuỷ lực tháp điều áp bằng giải tích 29

3.2.4. Tính toán thuỷ lực tháp điều áp bằng phương pháp tra biểu đồ.**Error! Bookmark not defined.**

3.2.5. Tính toán thủy lực tháp điều áp bằng phương pháp đồ giải**Error! Bookmark not defined.**

3.2.6. Phương pháp sai phân hữu hạn giải các bài toán chế độ không ổn định trong tháp điều áp.....**Error! Bookmark not defined.**

3.2.7. Điều kiện việc ổn định của hệ thống dẫn nước áp lực có tháp điều áp**Error! Bookmark not defined.**

3.2.8. Lựa chọn loại và kích thước tháp điều áp ..**Error! Bookmark not defined.**

3.2.9. Tính toán kết cấu của tháp điều áp .....**Error! Bookmark not defined.**

www.vncold.vn

Chương III

CÔNG TRÌNH ĐIỀU ÁP

Biên soạn: PGS.TS. Nguyễn Duy Hạnh

3.1. NƯỚC VA VÀ CÁC QUÁ TRÌNH CHUYỂN TIẾP THUỶ LỰC TRONG CÔNG TRÌNH DẪN NƯỚC CỦA TRẠM THỦY ĐIỆN

3.1.1. Nước va và ảnh hưởng của nó đến sự làm việc của trạm thuỷ điện

Khi đóng hay mở turbin, lưu lượng và do đó lưu tốc trong ống dẫn nước vào turbin sẽ thay đổi. Đối với trạm thuỷ điện thì do yêu cầu kỹ thuật của dòng điện, mà sự đóng mở turbin cần phải nhanh, thường là thời gian đóng mở hoàn toàn chỉ 3^s đến 6^s. Trường hợp đặc biệt cũng không vượt quá 10^s.

Sự thay đổi lưu tốc nhanh, gần như đột ngột như vậy gây ra sự gia tăng áp lực (trường hợp đóng turbin) hoặc giảm thấp áp lực (trường hợp mở turbin) trong ống dẫn. Cần phải nghiên cứu và tính toán đến trong thiết kế và vận hành trạm thủy điện.

Sự gia tăng áp lực khi đóng turbin, gọi là nước va dương. Đặc biệt đối với ống dẫn có chiều dài lớn, áp lực gia tăng có thể khá lớn, do đó phải tăng độ dày thành ống. Theo tính toán kinh tế, trong thiết kế thường cố gắng áp dụng các biện pháp kỹ thuật để hạn chế áp lực nước va dương không vượt quá 30 ÷70% cột nước tính toán của trạm thủy điện.

Sự giảm thấp áp lực khi mở tuốc - bin, gọi là nước va âm, gây ra giảm cột nước làm việc đột ngột, cản trở việc tăng công suất kịp thời theo yêu cầu phụ tải. Ngoài ra có trường hợp cột nước áp lực trong ống hạ thấp hơn áp lực khí trời, từ đó trong ống xuất hiện chân không. Trong thiết kế phải thay đổi tuyến ống khi tính toán nước va âm thấy xuất hiện đoạn ống xảy ra chân không.

3.1.2. Thành lập phương trình cơ bản để tính toán nước va

Để lập nên hệ phương trình tính toán áp lực nước va trong ống dẫn có áp. Dựa vào các quy luật vật lý có thể lập hai phương trình sau:

3.1.2.1. Phương trình động lượng

Xuất phát từ định luật: Sự biến đổi động lượng của một vật thể thì bằng tổng ngoại lực tác động lên vật thể đó:

Viết phương trình này, chiếu trên trục x:

$$\frac{d(mV)_x}{dt} = \sum X \qquad (3\text{-}1)$$

Từ mặt cắt 1-1, sau thời gian dt sóng áp lực nước va, gọi tắt là sóng va, di chuyển được một đoạn đường dx, tới mặt cắt 2-2 với vận tốc c= dx/dt. Khối lượng nước giữa hai tiết diện là m = $\rho F d_x$. Các lực tác dụng lên khối nước dx gồm có:

- Áp lực nước tác dụng lên mặt cắt 1-1 là:

$$pF \qquad (3\text{-}2)$$

- Áp lực nước tác dụng lên mặt cắt 2-2 là:

$$pF + \frac{\partial(pF)}{\partial x}dx \qquad (3\text{-}3)$$

- Trọng lực khối nước chiếu lên trục x:

$$\rho g F\, dx \sin\alpha \qquad (3\text{-}4)$$

- Lực ma sát tác dụng lên thành ống:

$$\tau_0 \pi \ D\, dx \qquad (3\text{-}5)$$

Phương trình 3-1 viết thành:

$$-\rho F dx \frac{dV}{dt} = pF - (pF + \frac{\partial (pF)}{\partial x} dx) + \rho g F dx \sin\alpha - \tau_0 \ \pi \ D dx \quad (3\text{-}6)$$

Trong đó:

p: Áp lực nước trên đơn vị diện tích tại mặt cắt 1-1

F: Tiết diện ống

α: Góc nghiêng của đường ống so với mặt phẳng nằm ngang.

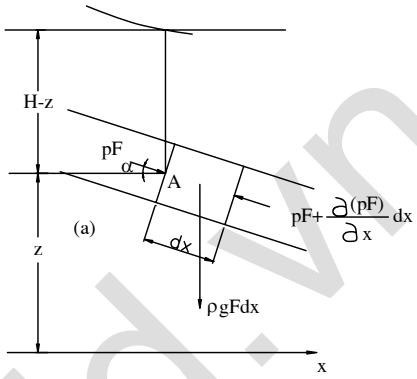
D: Đường kính trong của ống

ρ: Khối lượng riêng của nước

g: Gia tốc trọng trường

τ_0: Sức kháng đơn vị ở thành ống $\tau_0 = -\frac{\rho f V^2}{8}$

f: Hệ số ma sát giữa nước với thành ống



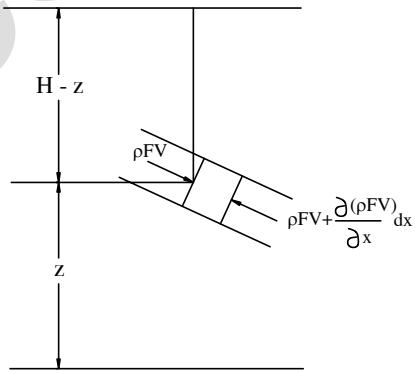
Hình 3-1. Sơ đồ lực tác dụng lên một phần tử chiều dài dx của ống dẫn nước có áp

Sau một số diễn toán, phương trình trên viết thành:

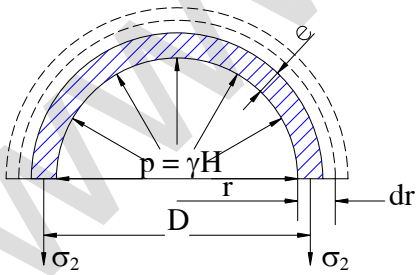
$$g\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{fV|V|}{2D} = \frac{\partial V}{\partial t}$$

3.1.2.2. Phương trình liên tục

Từ điều kiện liên tục (hình 3-2) thấy rằng sự chênh lệch thể tích vào và ra giữa hai đoạn chiều dài ống dx sẽ bằng với phần thể tích tăng lên do thành ống dãn ra do tính đàn hồi, cộng với phần thể tích nước bị co lại do bị ép vì áp lực nước va:



Hình 3-2. Sơ đồ tính toán phương trình liên tục ống dẫn



Hình 3-3.Biến dạng theo chiều chu vi của ống dẫn

$$\rho FV - \left[\rho FV + \frac{\partial(\rho FV)}{\partial x} dx\right] = \frac{\partial(\rho F dx)}{\partial t} \quad (3\text{-}8)$$

Sau các diễn tóan, phương trình (3-8) viết thành:

$$\frac{c^2}{g}\frac{\partial V}{\partial x} + V\left(\frac{\partial H}{\partial x} + \sin\alpha\right) - \frac{\partial H}{\partial t} = 0$$

3.1.2.3. Vận tốc truyền sóng áp lực nước va

1). Sự truyền sóng áp lực nước va

Khi cửa van ở tiết diện cuối ống A đóng, vận tốc ban đầu V_0 giảm đi một lượng dV. Vì thành ống có biến dạng đàn hồi, nên tiết diện ống tăng lên, nước cũng bị co ép giảm thể tích. Từ

www.vncold.vn

đó mà ở đoạn ống ngay trước cửa van có chứa thêm một lượng nước nhỏ, đồng thời với sự gia tăng áp lực.

Sự giãn nở thành ống và tăng áp này truyền dần lên trên với một vận tốc c, gọi là vận tốc truyền sóng áp lực nước va.

Khi hiện tượng tăng áp truyền tới đầu ống, là nơi có mặt thoáng (hồ chứa hoặc bể áp lực) thì áp lực trong ống được giải phóng, nước trong ống chảy ngược ra hồ chứa. Nhưng vì có quán tính nên sự giảm áp không dừng lại mà tiếp tục giảm đến một trị số ΔH bằng với trị số của áp lực tăng trước đó nhưng ngược dấu.

Sự giảm áp truyền ngược từ đầu xuống cuối ống cũng với vận tốc truyền c.

Thời gian để sóng va truyền từ cửa van lên đầu ống rồi lại trở về cửa van sẽ là:

$$t_f = \frac{2L}{c} \qquad (3\text{-}10)$$

L: Chiều dài ống dẫn (m)

Thời gian t_f gọi là một pha nước va.

Khi sóng va truyền trở về đến cửa van, lại bắt đầu quá trình tăng áp của chu trình thứ 2. cứ như vậy tạo nên một dao động đàn hồi, vì có ma sát với thành ống nên dao động tắt dần.

2). Vận tốc truyền sóng áp lực nước va

Vận tốc truyền sóng, tức là vận tốc lan truyền áp lực nước va:

$$c = \frac{dx}{dt} \qquad (3\text{-}11)$$

Qua các diễn toán, rút ra biểu thức:

$$c = \frac{\sqrt{k/\rho}}{\sqrt{1+\frac{D}{e}\frac{k}{E}}} \qquad (3\text{-}12)$$

Với thành ống tuyệt đối cứng E = ∞, khi đó:

$$c = c_0 = \sqrt{k/\rho} \qquad (3\text{-}13)$$

Thay trị số k và ρ của nước: $k = 20{,}7.10^8$ N/m^2; $\rho = 1019$ Ns^2/m^4 vào trên được:

$C_0 = 1425$ m/s.

Vậy đối với nước, công thức (3-13) thành

$$c = \frac{1425}{\sqrt{1+\frac{D}{e}\frac{k}{E}}} \qquad (3\text{-}14)$$

Trong đó:

E: Mô đuyn đàn tính của vật liệu làm ống. Với những vật liệu thường gặp như sau:

Vật liệu	Thép	Gang	Bê tông	Gỗ	Cao su	Nước
Mô đun đàn hồi (N/cm^2)	$21{,}0.10^6$	$10{,}0.10^6$	$21{,}0.10^5$	$10{,}0.\ 10^5$	200÷ 600	$K = 20{,}7.\ 10^4$

www.vncold.vn

3.1.3. Giải hệ phương trình nước va bằng phương pháp giải tích

3.1.3.1. Giải hệ phương trình nước va

ở trên đã nêu ra hai phương trình cơ bản để tính toán nước va là: phương trình động lượng (3-7) và phương trình liên tục (3-9).

Để giải được hệ phương trình này bằng phương pháp giải tích thì phải bỏ qua thành phần ma sát giữa dòng chảy với thành ống, (gây ra tổn thất cột nước) . Như vậy từ (3-7) nếu thành phần $\frac{fV|V|}{2D} \approx 0$ phương trình động lượng trở thành:

$$g\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial V}{\partial t} \qquad (3\text{-}15)$$

Phương trình liên tục (3-9), nếu bỏ qua tổn thất cột nước thì thành phần $\frac{\partial H}{\partial x} = -\sin\alpha$ khi đó phương trình (3-9) trở thành:

$$\frac{c^2}{g}\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{\partial H}{\partial t} \qquad (3\text{-}16)$$

Tích phân hệ phương trình (3-15) và (3-16) được nghiệm tổng quát:

$$\begin{aligned} H - H_0 &= F(t-\frac{x}{c}) + f(t+\frac{x}{c}) \\ V - V_0 &= \frac{g}{c}F(t-\frac{x}{c}) + \frac{g}{c}f(t+\frac{x}{c}) \end{aligned} \qquad (3\text{-}17)$$

Trong đó:

H_0, V_0: là cột nước áp lực và vận tốc ban đầu ở mặt cắt x.

Hàm $F(t-\frac{x}{c})$ và hàm $f(t+\frac{x}{c})$ là những hàm số thể hiện sự thay đổi của áp lực nước va. Hàm F đặc trưng cho sóng va di chuyển trong ống dẫn với vận tốc truyền sóng c theo chiều từ cửa van đi, hàm f đặc trưng cho sóng di chuyển ngược lại, đến cửa van với tốc độ c.

Dạng cụ thể của hàm F và f xác định theo điều kiện ban đầu và điều kiện biên.

3.1.3.2. Hệ phương trình dây chuyền

Ở trên đã có nghiệm tổng quát của hệ phương trình nước va (3-17)

Trong thực tế, có thể biến đổi nghiệm tổng quát cho cách giải cụ thể. Một trong những cách này là biến đổi về hệ phương trình dây chuyền như sau:

Xét đoạn ống dẫn giữa hai mặt cắt A-A và B-B, có chiều dài là l (hình 3-4), với tiết diện và vận tốc c không đổi.

Ở thời điểm t, tại mặt cắt A-A, cột nước là H_t^A và vận tốc là V_t^A

Theo phương trình (3-17) sẽ có:

$$\begin{aligned} H_t^A - H_0 &= F^A(t) + f^A(t) \\ V_t^A - V_0 &= -\frac{g}{c}F^A(t) + \frac{g}{c}f^A(t) \end{aligned} \qquad (3\text{-}18)$$

Cũng từ hệ phương trình tổng quát trên, xét cột nước $H^B_{t+\frac{l}{c}}$ và vận tốc $V^B_{t+\frac{l}{c}}$ tại mặt cắt B-B ở thời điểm $t+\frac{l}{c}$

$$\begin{aligned} H^B_{t+\frac{l}{c}} - H_0 &= F^B(t+\frac{l}{c}) + f^B(t+\frac{l}{c}) \\ V^B_{t+\frac{l}{c}} - V_0 &= -\frac{g}{c}F^B(t+\frac{l}{c}) + \frac{g}{c}f^B(t+\frac{l}{c}) \end{aligned} \quad (3\text{-}19)$$

Khi sóng truyền từ mặt cắt A-A đi lên với vận tốc c, hàm số F đặc trưng cho sóng này giữ nguyên giá trị. Do đó:

$$F^B(t+\frac{l}{c}) = F^A(t) \quad (3\text{-}20)$$

Trừ hệ phương trình (3-18) cho hệ (3-19) và chú ý đến (3-20) sẽ được:

$$\begin{aligned} H^A_t - H^B_{t+\frac{l}{c}} &= f^A(t) - f^B(t+\frac{l}{c}) \\ \frac{c}{g}\left(V^A_t - V^B_{t+\frac{l}{c}}\right) &= f^A(t) - f^B(t+\frac{l}{c}) \end{aligned} \quad (3\text{-}21)$$

Từ đó:

$$H^A_t - H^B_{t+\frac{l}{c}} = \frac{c}{g}\left(V^A_t - V^B_{t+\frac{l}{c}}\right) \quad (3\text{-}22)$$

Xét đến trường hợp khác: ở thời điểm t tại mặt cắt B-B có H^B_t và V^B_t (hình 3-4b), sóng va truyền từ B về A, đến thời điểm $t+\frac{l}{c}$ tại mặt cắt A-A sẽ có $H^A_{t+\frac{l}{c}}$ và vận tốc $V^A_{t+\frac{l}{c}}$

Với sóng truyền từ B - B về A – A hàm số f đặc trưng cho sóng này sẽ không thay đổi trị số:

$$f^A(t+\frac{l}{c}) = f^B(t)$$

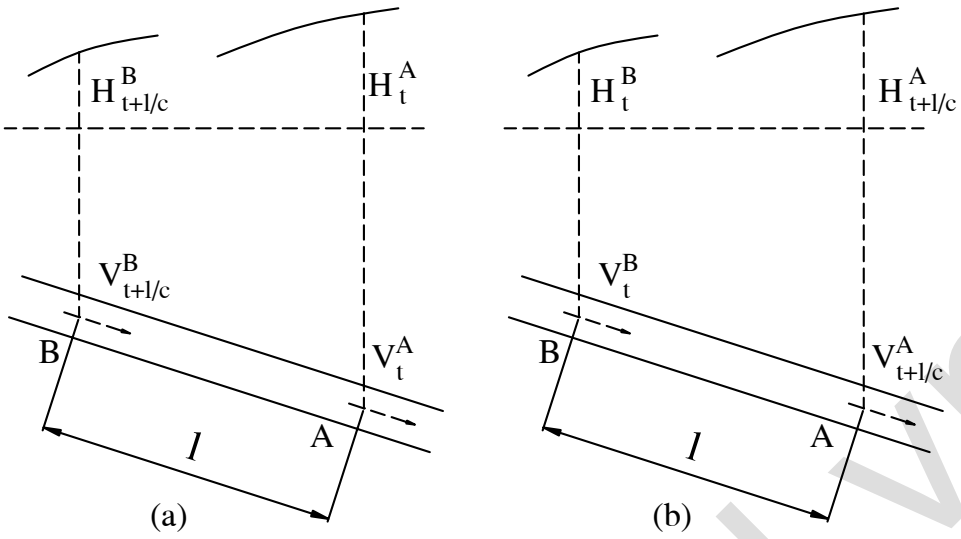
Cũng làm như trên sẽ được:

$$H^B_t - H^A_{t+\frac{l}{c}} = -\frac{c}{g}\left(V^B_t - V^A_{t+\frac{l}{c}}\right) \quad (3\text{-}23)$$

Hai phương trình (3-47) và (3-48) là hai dạng của phương trình dây chuyền, theo đó có thể từ thời điểm ban đầu mà tính trạng thái nước va ở thời điểm $t=\frac{l}{c}$

Như vậy theo các điều kiện biên cụ thể sẽ tính được trị số cột nước và vận tốc trong nước va ở mặt cắt bất kỳ của ống dẫn.

www.vncold.vn



Hình 3-4. Sơ đồ tính toán phương trình dây chuyền giữa hai mặt cắt

a- A Từ A về B, b- Từ B về A

Để thuận tiện cho tính toán có thể đưa hệ phương trình về các đại lượng không thứ nguyên:

Chia hai vế của phương trình (3-22) và (3-23) cho trị số cột nước ban đầu H_0, còn trị số V thay bằng $\frac{Q}{F}$, từ (3-22):

$$\frac{H_t^A}{H_0} - \frac{H^B_{t+\frac{l}{c}}}{H_0} = \frac{cQ_{\max}}{gH_0F}\left(\frac{FV_t^A}{Q_{\max}} - \frac{F.V^B_{t+\frac{l}{c}}}{Q_{\max}}\right)$$

Hay
$$h_t^A - h^B_{t+\frac{l}{c}} = 2\mu\left(q_t^A - q^B_{t+\frac{l}{c}}\right) \qquad (3\text{-}24)$$

Cùng làm như vậy từ (3-23):

$$h_t^B - h^A_{t+\frac{l}{c}} = -2\mu\left(q_t^B - q^A_{t+\frac{l}{c}}\right) \qquad (3\text{-}25)$$

Trong đó:

$$\mu = \frac{cQ_{\max}}{2gH_0F}$$

3.1.3.3. Tính toán nước va bằng phương pháp giải tích

Từ hệ nghiệm (3-24) và (3-25) có thể được các trị số áp lực và lưu lượng tại thời điểm và mặt cắt bất kỳ khi có hiện tượng nước va, với điều kiện cụ thể.

I). Điều kiện biên

Cột nước ở thời điểm ban đầu.

Trên sơ đồ ống dẫn (hình 3-5). ở thời điểm t = 0, lúc bắt đầu đóng turbin, cột nước tại A bằng $H^A = H_0$, $h = \frac{H^A}{H_0} = 1$,

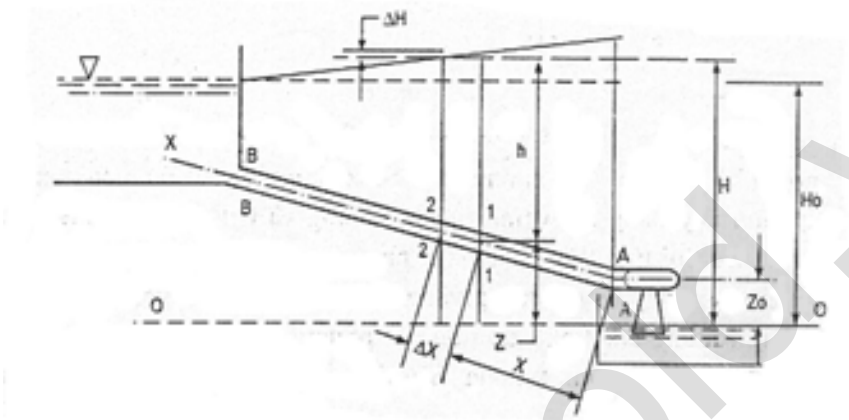
www.vncold.vn

Tại mặt cắt B, có mặt thoáng (hồ chứa hoặc bể áp lực), cột nước không đổi:

$H_t^B = H_0^B,\ h_t^B = 1$

Lưu lượng thay đổi ở mặt cắt A. ở thời điểm t = 0 có $Q_A = Q_0,\ q_A = \frac{Q_A}{Q_0} = 1$

Ở thời điểm t:



Hình 3-5. Sơ đồ tính toán nước va trong ống dẫn có áp

1). Với turbin xung kích

Lưu lượng vào turbin theo quy luật dòng chảy qua vòi:

$$Q_t = \mu F_t \sqrt{2gH_t}$$

Trong đó:

μ: Hệ số lưu lượng của vòi turbin

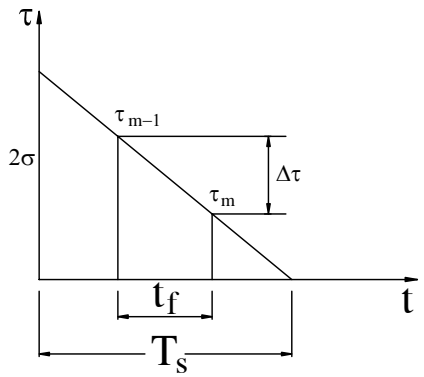
$$q_t = \frac{Q_t}{Q_0} = \frac{\mu F_t \sqrt{2gH_t}}{\mu F_0 \sqrt{2gH_0}}$$

Trong đó:

$\frac{F_t}{F_0} = \tau_t$: Độ mở cánh hướng nước ở thời điểm t

$$q_t = \tau_t \sqrt{h_t} \qquad (3\text{-}26)$$

Độ mở turbin: Phụ thuộc vào quy luật đóng mở, thường với mỗi máy điều tốc tự động đã đặt sẵn chế độ điều khiển cánh hướng nước theo quy luật nhất định (hình 3-6) về độ mở phụ thuộc vào thời gian đóng, mở. Trong đó T_S là thời gian đóng (mở) hoàn toàn từ độ mở lớn nhất đến đóng hẳn (hoặc ngược lai) Thời gian: Mỗi pha nước va $t_f = \frac{2L}{c}$ ký hiệu là θ. Vậy tính từ thời điểm t = 0, khi sóng va chuyền từ A đến B sẽ ứng với thời điểm θ.



Hình 3-6. Luật đóng mở cánh hướng nước theo thời gian

www.vncold.vn

Thay các trị số và ký hiệu trên vào phương trình (3-50) để tính h_θ^A

$$h_0^B - h_\theta^A = -2\mu(q_0^B - q_\theta^A)$$

Thay $h_0^B = 1$, $q_0^B = 1$, $q_\theta^A = \tau_\theta\sqrt{h_\theta^A}$ từ đó:

$$1 - h_\theta^A = -2\mu(1 - \tau_\theta\sqrt{h_\theta^A}) \qquad (3\text{-}27)$$

Giải phương trình này sẽ được h_θ^A

Tiếp tục như vậy với các pha sau, sẽ giải lần lượt được cột nước ở tiết diện A, tại thời điểm bất kỳ

2). Với turbin phản kích

Lưu lượng vào turbin và số vòng quay của turbin xác định theo công thức turbin:

$$Q = Q'\sqrt{H}D^2 \qquad (3\text{-}28)$$

$$n = \frac{n'\sqrt{H}}{D} \qquad (3\text{-}29)$$

Trong đó:

Q', n': lưu lượng và số vòng quay quy dẫn của turbin.

Quan hệ gữa Q' và n' với độ mở a_0 được ghi trên đường đặc tính tổng hợp của turbin (hình 3-7a)

Với turbin đã chọn: các trị số: loại, đường kính, số vòng quay định mức đã xác định, có thể xây dựng đường quan hệ Q, H, hay để tiện sử dụng tính ra q, h. cách làm như sau:

Từ đường đặc tính tổng hợp của turbin. Với số vòng quay định mức n_0 và đường kính D đã chọn cho turbin .

Đặt những trị số cột nước H khác nhau (trong phạm vi dao động) Từ đó tính được những trị số $n' = \frac{nD}{\sqrt{H}}$ khác nhau

Với những trị số n' đó vạch đường nằm ngang, mỗi đường sẽ cắt các đường đồng độ mở a_0, được các trị số a_0 và các Q' tương ứng (dóng xuống trục hoành).

Với trị số Q', H tính được lưu lượng Q theo công thức (3-28) tương ứng với H, sau đó tính ra q, h. Từ đó vẽ lên biểu đồ (hình 3-7b)

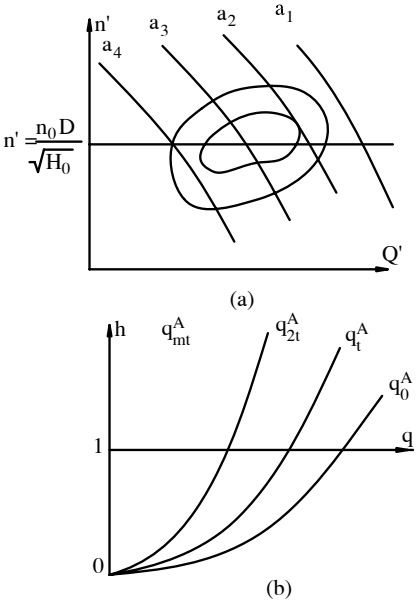
Từ phương trình (3-25) tính được

$$h_0^B - h_\theta^A = -2\mu(q_0^B - q_\theta^A)$$

Hay $$h_\theta^A - 1 = 2\mu(q_0^A - q_\theta^A)$$

$$q_0^A - q_\theta^A = \frac{h_\theta^A - 1}{2\mu}$$

Trên biểu đồ hình (3-7b), xuất phát từ điều kiện ban đầu $h_0^A = 1$, q_0 ứng với độ mở ban đầu, thí



Hình 3-7. Đường đặc tính tổng hợp của Tur bin và các đường cong phụ thuộc q và h của Tur bin phản kích

a- Đường đặc tính tổng hợp

b- Các đường cong q~h của Turbin

www.vncold.vn

dụ độ mở ban đầu là a_{0max} thì $q_0 = q_{0max}$. Từ giao điểm q_0 với trục hoành ($h_0^A = 1$) vẽ một đường thẳng lập với trục hoành một góc α có tgα = 2 μ, từ giao điểm của đường này với đường cong h_θ^A và dóng xuống trục hoành được q_θ^A.

Để tính toán nhanh, có thể lập phương trình giải tích cho những đường cong $q_t^A \sim h_t^A$, kết hợp với phương trình dây chuyền, từ đó tính được h_t^A và q_t^A bất kỳ.

3.1.4. Tính toán nước va bằng đồ giải

3.1.4.1. Điều kiện biên

Cũng xuất phát từ giả thiết bỏ qua tổn thất thuỷ lực do ma sát, dùng đồ giải để xác định h và q theo hệ nghiệm (3-24) và (3-25) cùng với các điều kiện biên:

Tại thời điểm bắt đầu đóng (mở) turbin t = 0

$$H^A = H_0^A,\ H^B = H_0^B, \text{ vậy } h_0^A = h_0^B = 1$$

$$Q^A = Q^B = Q_0 \qquad q_0^A = q_0^B = 1$$

Với thời điểm bất kỳ t:

$$H_t^B = H_0^B \text{ vậy } h_t^B = 1$$

Xây dựng đường đặc tính q~h của turbin đã chọn (hình 3-7b) Quy luật đóng (mở) turbin theo biểu đồ (3-6).

3.1.4.2. Tính toán nước va khi giảm tải

Xuất phát từ độ mở ban đầu a_0 trên hình 3-8b giao điểm của đường q_0 với trục hoành (h=1) sẽ có điểm B_θ. Từ đây sóng va truyền từ A đến B theo phương trình (3-25)

$$h_\theta^B - h_{2\theta}^A = -2\mu(q_\theta^B - q_{2\theta}^A) \text{ Với } h_\theta^B = 1,\ q_\theta^B = q_0^B = q_0^A$$

$$2\mu = \frac{h_{2\theta}^A - 1}{q_0^A - q_{2\theta}^A} \qquad (3\text{-}30)$$

Vậy từ điểm B_θ kẻ đường thẳng lập với trục hoành một góc α, với tgα = 2μ.

Giao điểm của đường cong q_τ^A (ứng với τ = 2θ) sẽ tương ứng với $h_{2\theta}^A$ và $q_{2\theta}^A$. Đó là điểm $A_{2\theta}$. Từ điểm $A_{2\theta}$ viết phương trình sóng va (3-24) tương ứng với sóng truyền đi A đến B:

$$h_{2\theta}^A - h_{3\theta}^B = 2\mu(q_{2\theta}^A - q_{3\theta}^B)$$

Với $h_{3\theta}^B = 1$, sẽ được:

$$2\mu = \frac{h_{2\theta}^A - 1}{q_{2\theta}^A - q_{3\theta}^B}$$

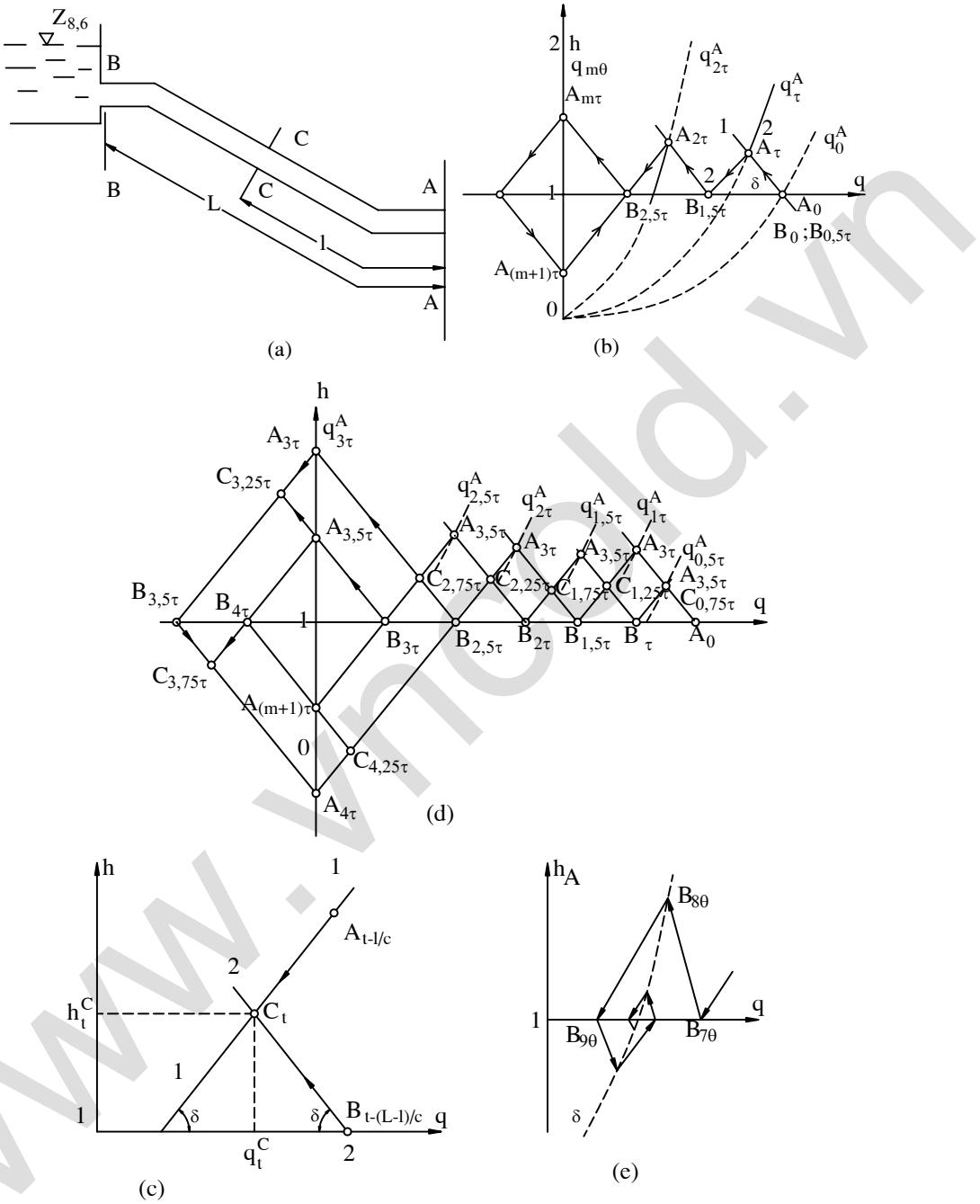
Vậy từ điểm $A_{2\theta}$ kẻ đường thẳng nghiêng làm với trục hoành một góc α có tgα = 2μ. Đường này cắt trục hoành (h=1) tại điểm tương ứng với $q_{3\theta}^B$.

Tiếp tục làm như vậy sẽ được các các điểm $A_{4\theta}$, $A_{6\theta}$, … Cho đến khi turbin đóng hoàn toàn, tương ứng với $a_0 = 0$, đó chính là trục tung, dao động sau đó có giá trị h <1, tức là cột nước tại A nhỏ hơn H_0. vì không có thành phần tổn thất cột nước do ma sát, nên dao động có thể duy

www.vncold.vn

trì không tắt như hình 3-8b. Trong trường hợp giảm tải đến độ mở cuối cùng $a_0 > 0$, sẽ có dao động như hình 3-8e.

Trường hợp tính toán với ba mặt cắt A,B,C sẽ theo sơ đồ 3-8d



Hình 3-8. Tính nước va bằng đồ giải trường hợp giảm tải

a- Sơ đồ ống dẫn với các mặt cắt tính toán A, B, C

b- Đồ giải tính nước va tại A và B

c-Đường thẳng biểu thị hàm F sóng truyền từ A đến B (1) và hàm f, sóng truyền từ B đến A (2)

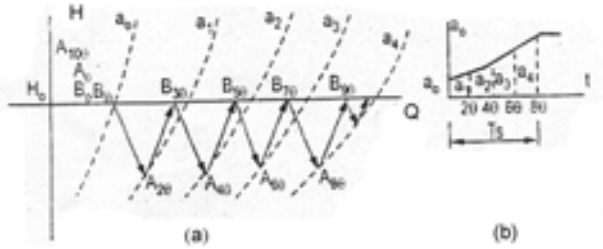
d- Đồ giải tính trị số h, q tại mặt cắt A, B và C

e- Khi độ mở cuối cùng khác không

3.1.4.3. Tính toán nước va khi tăng tải

www.vncold.vn

Nừu từ độ mở ban đầu a_0, tăng tải đến độ mở cuối cùng a_n, với thời gian T'$_s$. Cũng với cách tính như trên, sẽ được biến diễn cột nước tại A như hình 3-9.



Hình 3-9. Tính toán nước va bằng đồ giải trường hợp tăng tải

3.1.5. Nước va pha thứ nhất và nước va pha giới hạn

Như trình bầy trên, với hệ nghiệm tổng quát (3-24) và (3-25) có thể tính được áp lực nước va ở bất kỳ thời điểm nào.

Trong thực tế, thường chỉ cần tính toán áp lực tăng lên hoặc giảm xuống, lớn nhất trong quá trình xảy ra nước va.

Qua thiết kế và vận hành các trạm thuỷ điện, ta đã thấy rằng sự biến diễn áp lực nước va hầu như đều theo hai dạng: nước va pha thứ nhất: nước va tại A đạt đến trị số lớn nhất ngay ở cuối pha đầu tiên. Nước va pha giới hạn: áp lực nước va tăng dần đến pha thứ m nào đó thì không tiếp tục tăng mà lại giảm. từ đó chỉ cần tính toán với hai trường hợp trên:

3.1.5.1. Nước va pha thứ nhất

Quan hệ giữa lưu lượng và cột nước trong nước va theo các biểu thức (3-24), (3-25) được thể hiện trên hình 3-8b.

Đáy các tam giác chính là Δq_i^A có thể tính theo chiều cao Δh_i^A và góc α

$$\Delta q_i^A = 2\Delta h_i^A \cot g\alpha$$

Trong đó:

$$\cot g\alpha = \frac{\mu}{2}$$

Viết biểu thức lưu lượng ở mặt cắt A tại thời điểm cuối pha thứ n

$$q_n^A = q_0^A - 0{,}5\Delta q_n - \sum_1^{n-1} \Delta q_i$$

Thay Δq_i^A bằng biểu thức trên:

$$q_n^A = q_0^A - \frac{\Delta h_n^A}{2\mu} - \frac{1}{\mu}\sum_1^{n-1} \Delta h_i^A \qquad (3\text{-}31)$$

Từ công thức 3-51 ta có

$$q_t^A = \tau_t \sqrt{h_t^A}$$

hay

$$q_t^A = \tau_t \sqrt{\frac{\Delta H_t^A + H_0^A}{H_0^A}} = \tau_t \sqrt{\Delta h_t^A + 1}$$

Trong đó

τ_t: Độ mở cánh hướng nước tại thời điểm t.

Với pha thứ nhất:

$$q_1^A = \tau_1\sqrt{\Delta h_1^A + 1}$$

Từ biểu thức (3-31):

$$\tau_1\sqrt{\Delta h_1^A + 1} = q_0^A - \frac{\Delta h_1^A}{2\mu}$$

Bình phương hai vế rồi giải phương trình này, sẽ được:

$$\Delta h_1^A = 2\mu\left[\left(q_0^A + \mu\tau_1^2\right) - \sqrt{\left(q_0^A - \mu\tau_1^2\right)^2 + \tau_1^2 - \left(q_0^A\right)^2}\right] \qquad (3\text{-}32)$$

Chú ý rằng (3-32) thành lập nên trên cơ sở (3-26) tức là giả thuyết Q phụ thuộc độ mở τ và $\sqrt{H}$ hoàn toàn đúng với turbin xung kích.

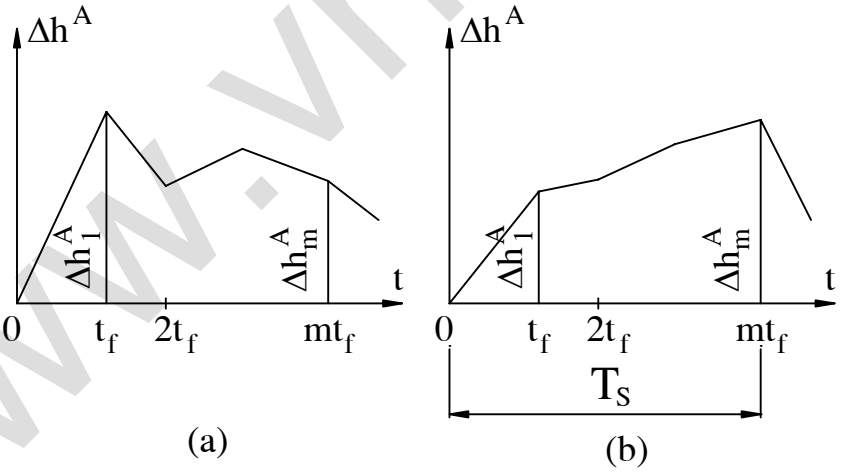
Như vậy có thể thay $q_0^A = \frac{Q_0^A}{Q_{\max}} = \tau_0$ vào công thức (3-32)

Đối với turbin phản kích:

$$q_0^A = \frac{Q'_t}{Q'_{\max}}\sqrt{1 + \Delta h_t^A}$$

Trong đó:

Q'_t, Q'_{max}: Lưu lượng quy dẫn tai thời điểm t và lưu lượng quy dẫn lớn nhất lấy theo đường đặc tính hình 3-7b với turbin đã chọn cho trạm thuỷ điện.



Hình 3-10. Hai dạng nước va

a- Nước va pha thứ nhất; b- Nước va pha giới hạn

3.1.5.2. Nước va pha giới hạn

Từ biểu thức (3-31) viết cho pha thứ m-1 và m:

$$q_{m-1}^A = q_0^A - \frac{\Delta h_{m-1}^A}{2\mu} - \frac{1}{\mu}\sum_1^{m-2}\Delta h_i^A$$

www.vncold.vn

$$q_m^A = q_0^A - \frac{\Delta h_m^A}{2\mu} - \frac{1}{\mu}\sum_1^{m-1}\Delta h_i^A$$

Trừ biểu thức trên cho biểu thức dưới:

$$q_{m-1}^A - q_m^A = \frac{\Delta h_{m-1}^A}{2\mu} + \frac{\Delta h_m^A}{2\mu}$$

Khi đạt đến giới hạn $\Delta h_{m-1}^A = \Delta h_m^A$ với $q_t^A = \tau_t\sqrt{\Delta h_t^A + 1}$

Phương trình trên thành:

$$(\tau_{m-1} - \tau_m)\sqrt{1 + \Delta h_m^A} = \frac{\Delta h_m^A}{\mu}$$

Thay $\Delta\tau_m = \tau_{m-1} - \tau_m$, rồi bình phương và giải phương trình trên được:

$$\Delta h_m^A = \frac{\mu\Delta\tau_m}{2}\left[\mu\Delta\tau_m \pm \sqrt{(\mu\Delta\tau_m)^2 + 4}\right]$$

Nếu đóng, mở turbin theo luật bậc nhất, tức là qua mỗi pha chênh lệch độ mở bằng nhau và bằng:

$$\Delta\tau = \frac{2L/c}{T_s}$$

Khi đó đặt:

$$\sigma = \mu\Delta\tau_m = \frac{cQ_{\max}}{2gFH_0}\frac{2L}{cT_s} = \frac{LV_{\max}}{gH_0T_s}$$

Thì phương trình trên thành:

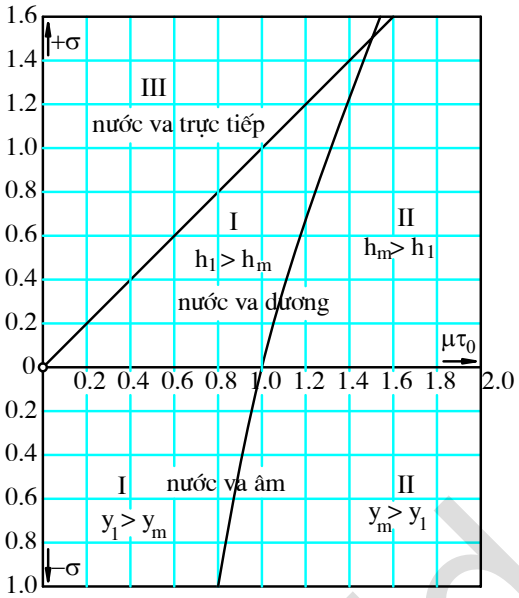
$$\Delta h_m^A = \frac{\sigma}{2}\left[\sigma \pm \sqrt{\sigma^2 + 4}\right] \qquad (3\text{-}33)$$

Trong đó:

σ: Hệ số phụ thuộc đường ống, T_S, vận tốc và cột nước ban đầu. Dấu cộng tương ứng với trường hợp đóng turbin, Dấu trừ tương ứng với trường hợp mở turbin,

3.1.5.3. Điều kiện phát sinh nước va pha thứ nhất và nước va pha giới hạn

www.vncold.vn



Hình 3-11. Biểu đồ phân định các dạng nước va

Công thức (3-32) và (3-33) cũng có thể tính gần đúng như sau:

Nếu bỏ qua các trị số vô cùng nhỏ, thì biểu thức toán học có thể viết gần đúng bằng:

$$\sqrt{1+x} \approx 1+\frac{x}{2}$$

Từ đó có thể giải các phương trình trên với nghiệm gần đúng:

$$\Delta h_1^A = \frac{2\sigma}{1+\mu\tau_0-\sigma} \qquad (3\text{-}32^*)$$

$$\Delta h_m^A = \frac{2\sigma}{2-\sigma} \qquad (3\text{-}33^*)$$

Từ hai biểu thức trên có thể thấy khi $\Delta h_1^A > \Delta h_m^A$ sẽ xảy ra khi $\mu\tau_0 < 1$ và ngược lại khi $\mu\tau_0 > 1$ sẽ có $\Delta h_m^A > \Delta h_1^A$.

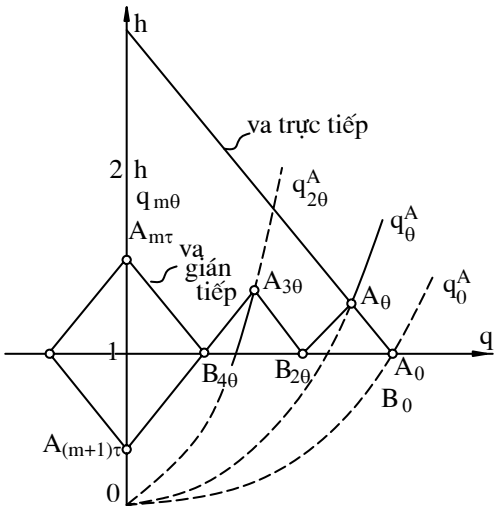
Thường với trạm thuỷ điện, đường ống bằng thép C = 750÷1200 m/s, vận tốc kinh tế trong đường ống V_{max} = 3÷6 m/s. Từ đó với trường hợp đóng turbin, ở trạm thuỷ điện có cột nước cao, H > 100 ÷250 m thường xảy ra nước va pha thứ nhất. Còn ở trường hợp H < 70÷150 m thường xảy ra nước va giới hạn.

Cũng có thể xác định vùng xảy ra tình trạng khác nhau trên biểu đồ hình 3-11.

3.1.6. Nước va trực tiếp và nước va gián tiếp

3.1.6.1. Nước va trực tiếp

Trong tính toán áp lực nước va ở trên, nếu ở cuối pha thứ nhất turbin đã đóng xong hoàn toàn, tức là:



Hình 3-12. Áp lực nước va trực tiếp và gián tiếp trên biểu đồ

www.vncold.vn

$$T_s \le \frac{2L}{c}$$

Khi đó có thể tính được áp lực nước va ở cuối pha thứ nhất bằng công thức (3-32) với $\tau_1 = 0$, sẽ được:

$$\Delta h_1^A = 2\mu q_0^A$$

hay là:

$$\frac{\Delta H_1^A}{H_0} = \frac{2cQ_{\max}}{2gH_0F}\frac{Q_0^A}{Q_{\max}} = \frac{cV_0}{g} \quad (3\text{-}34)$$

Trường hợp này gọi là nước va trực tiếp, áp lực do nước va rất lớn, thí dụ với c = 750 ÷1200m/s, V = 3 ÷ 6 m/s:

$$\Delta h_1^A = \frac{\Delta H_1^A}{H_0} = 225 \div 360$$

Vì vậy trong thiết kế phải tránh không để xẩy ra tình trạng này.

Với phương pháp tính nước va bằng dồ giải cũng có thể thấy trong tình trạng nước va trực tiếp, ngay cuối pha thứ nhất độ mở $\tau_1 = 0$, đường đặc tính trùng với trục tung và trị số h_1^A rất lớn (hình 3-12)

3.1.6.2. Nước va gián tiếp

Trường hợp thời gian đóng, mở turbin $T_s > \frac{2L}{c}$, áp lực nước va từ cuối pha thứ nhất sẽ gồm hai thành phần: thành phần thứ nhất là áp lực sóng thuận, phát sinh do đóng turbin gây ra

$$\Delta h_{t_1}^A = \frac{c}{g}\left(V_0 - V_{t1}\right)$$

Thành phần thứ hai do sóng phản xạ, chính là từ sóng thuận trước đó một thời đoạn $\frac{2L}{c}$ phản xạ từ mặt cắt B về A, nó mang dấu ngược với sóng thuận. Vậy:

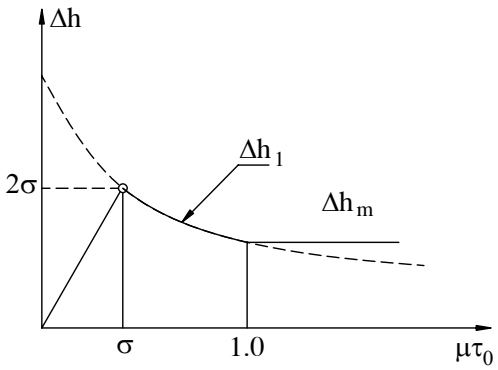
$$\Delta h_t^A = \frac{c}{g}\left[\left(V_0 - V_t\right) - \left(V_0 - V_{t-\frac{L}{c}}\right)\right]$$

Cứ như vậy mà tính được áp lực nước va gián tiếp và vì vậy trị số của nó không lớn do có sóng phản xạ.

3.1.6.3. Nước va trực tiếp xẩy ra ở độ mở nhỏ

Khi đóng turbin theo luật bậc nhất từ độ mở ban đầu: $\tau_0^* \le \frac{t_f}{T_s}$, khi đó thời gian để sóng phản xạ đầu tiên truyền về tới cửa van lớn hơn thời gian đóng hoàn toàn từ độ mở τ_0^*, khi này sẽ sinh ra nước va trực tiếp, với

$$\Delta h^A = \frac{c}{g}V_0^*$$



Hình 3-13. Biểu đồ phạm vi xuất hiện các dạng nước va

www.vncold.vn

V_0^*: Vận tốc ứng với độ mở τ_0^*

Khi này phải so sánh với áp lực nước va đã tính khi đóng turbin từ độ mở lớn nhất đến độ mở bằng không. Nếu thấy lớn hơn thì phải thay đổi luật đóng mở để kéo dài thời gian đóng ở giai đoạn cuối cùng này.

Có thể tính toán như sau:

Điều kiện giới hạn nước va trực tiếp trong trường hợp này là:

$$\mu\tau_0 \le \mu\frac{t_f}{T_s} = \frac{LV_{\max}}{gH_0T_s} = \sigma \qquad (3\text{-}35)$$

Độ mở ban đầu để xuất hiện nước va trực tiếp $\tau_0 = \frac{\sigma}{\mu}$ gọi là độ mở giới hạn. từ công thức (3-57*) thấy khi đó $\Delta h^A = 2\sigma$. Trên hình 3-13 là phạm vi xuất hiện các dạng nước va. Nếu đóng turbin từ độ mở nhỏ τ_0^* cũng có thể thấy đường (…) trên hình 3-13.

3.1.7. Phân bố áp lực nước va theo chiều dài ống

3.1.7.1. Tính toán trị số áp lực nước va tại mặt cắt bất kỳ

Để xác định sự phân bố áp lực nước va dọc theo chiều dài ống, có thể dựa vào hệ phương trình dây chuyền (3-24), (3-25) để tính toán áp lực ở những mặt cắt trung gian:

Với mặt cắt C cách mặt cắt tại cửa van A một đoạn x, hai phương trình trên viết thành:

$$h^A_{t-\frac{x}{c}} - h^C_t = \frac{c}{gF}\left(Q^A_{t-\frac{x}{c}} - Q^C_t\right)$$

$$h^B_{t-\frac{L-x}{c}} - h^C_t = -\frac{c}{gF}\left(Q^B_{t-\frac{L-x}{c}} - Q^C_t\right)$$

Sau khi đã tính toán nước va biết được tất cả các trị số h^A, Q^A, Q^B ở tất cả các thời điểm, trị số h^B luôn bằng 1.

Từ đó nếu công hai phương trình trên, sẽ được:

$$h^C_t = \frac{c}{2gF}\left(Q^B_{t-\frac{L-x}{c}} - Q^A_{t-\frac{x}{c}}\right)$$

Trừ hai phương trình trên sẽ được:

$$Q^C_t = Q^A_{t-\frac{x}{c}} + Q^B_{t-\frac{L-x}{c}} + \frac{gF\left(h^B_{t-\frac{L-x}{c}} - h^A_{t-\frac{x}{c}}\right)}{c}$$

3.1.7.2. Sơ đồ phân bố áp lực nước va

Từ các trị số áp lực nước va tại các mặt cắt của đường ống, có thể dựng lên sơ đồ phân bố áp lực nước va theo chiều dài ống với các dạng sau:

1). Phân bố áp lực nước va dương.

Trong thiết kế thường không tính toán trị số nước va ở tất cả mọi tiết diện của ống dẫn, mà chỉ tính một số trị số mặt cắt đặc biệt và từ đó vẽ sơ đồ phân bố áp lực. Thực tế tính toán và nghiên cứu thấy rằng:

www.vncold.vn

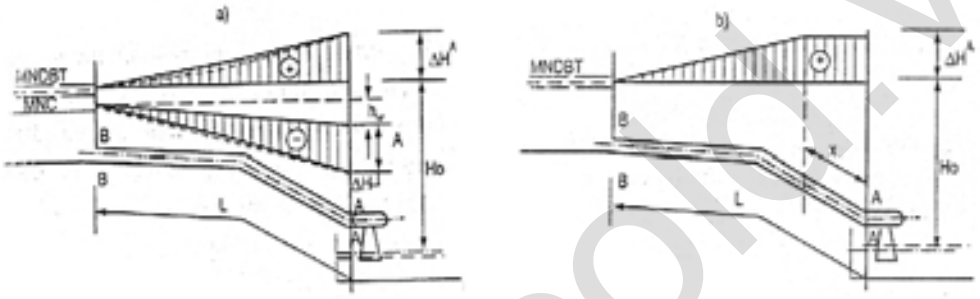
Nếu nước va thuộc dạng pha thứ nhất thì quy luật phân bố theo đường cong lõm. Nếu ở dạng nước va giới hạn thi quy luật phân bố gần như đường thẳng.

Trong tính toán phân bố nước va dương, người ta bỏ qua tổn thất thuỷ lực trong ống dẫn.

2). Phân bố áp lực nước va âm cũng với cách tính nói trên có thể tính được trị số nước va âm. Trong trường hợp này phải tính đến tổn thất cột nước do ma sát. Tính trị số nước va âm để kiểm tra sự xuất hiện chân không trong ống dẫn khi suất hiện nước va âm. Nếu ở một vị trí nào đó đường đo áp thấp hơn vị trí đặt ống, khi đó có nghĩa là áp suất trong ống tại đó thấp hơn áp suất khí quyển, có thể xảy ra hiện tượng ống bị bẹp, nếu độ cứng không đảm bảo. Do đó khi thiết kế cần tránh xảy ra trường hợp này.

Nước va âm thông thường xảy ra ở trường hợp nước va pha thứ nhất, do đó biểu đồ phân bố áp lực theo quy luật đường cong lõm.

Đường tổn thất thuỷ lực h_w tính với lưu lượng dòng chảy ổn định sau khi tăng tải.



Hình 3-14. Sơ đồ phân bố áp lực nước va dọc theo chiều dài ống

3). Phân bố áp lực nước va trực tiếp

Khi thời gian đóng mở turbin $T_s < \frac{2L}{c}$ trong ống xuất hiện nước va trực tiếp. Trị số lớn nhất của áp lực nước va $\Delta H = -\frac{c}{g}\Delta V$

Phần đường ống trước thời điểm đóng hoàn toàn sóng phản hồi đã lan truyền đến, chịu áp lực nước va gián tiếp. Phần đường ống còn lại có chiều dài x tính từ cửa van sẽ chịu nước va trực tiếp.

Có thể tính chiều dài x như sau:

$$T_s + \frac{x}{c} = \frac{2L - x}{c}$$

$$x = L - \frac{cT_s}{2}$$

3.1.8. Tính toán nước va trong đường ống phức tạp

3.1.8.1. Đường ống gồm nhiều đoạn có chiều dầy khác nhau

Trong trường hợp đường ống dài cột nước làm việc lớn, người ta có thể làm ống gồm nhiều đoạn có chiều dầy khác nhau để tiết kiệm vật liệu. Khi đó vận tốc truyền sóng va ở mỗi đoạn khác nhau. Trong tính toán hệ phương trình dây chuyền có thể làm như sau:

1). Tính với mỗi đoạn ống theo hệ số đặc trưng μ khác nhau

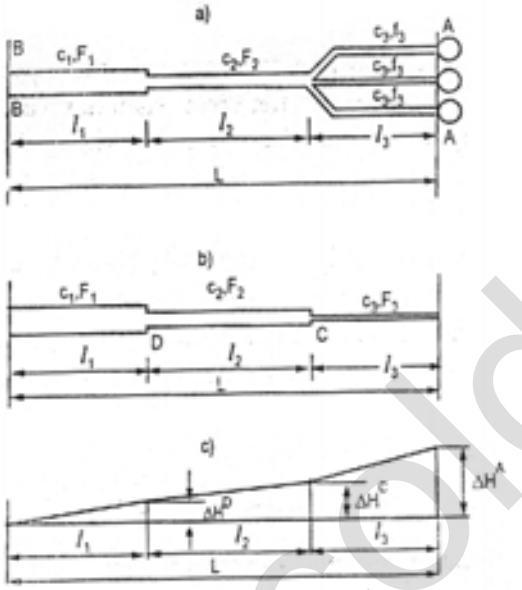
$$\mu_i = \frac{c_i V_{\max}}{2gH_0}$$

Trong đó:

C_i: Vận tốc truyền sóng nước va trong đoạn thứ i

Từ đó chọn mặt cắt phân cách giữa hai đoạn ống để viết hệ phương trình dây chuyền cho đoạn ống dưới với μ_i và đoạn ống trên với μ_{i+1}.

Giải hệ phương trình này sẽ được áp lực nước va tại các mặt cắt phân cách.



Hình 3-15. Sơ đồ tính toán nước va trong đường ống phức tạp

(a). ống phân nhánh; (b). ống nối tiếp

2). Cách thay ống gồm nhiều đoạn bằng một đoạn tương đương.

Coi thời gian truyền sóng va trong ống tương đương bằng tổng thời gian truyền sóng trong các đoạn ống:

$$t_f = \frac{2L}{c} = \frac{2l_1}{c_1} + \frac{2l_2}{c_2} + \frac{2l_3}{c_3}$$

Như vậy ống tương đương sẽ có vận tốc truyền sóng:

$$\bar{c} = \frac{L}{\sum_{i=1}^{n} \frac{l_i}{c_i}} \qquad (3\text{-}36)$$

Trong đó:

l_i. c_i: Chiều dài và vận tốc truyền sóng va trong mỗi đoạn ống.

Chú ý rằng để tránh tăng tổn thất cột nước, thường các đoạn ống vẫn giữ cùng một đường kính trong, chỉ khác nhau về chiều dầy, do đó trong tính toán các đoạn ống khác nhau về vận tốc truyền sóng c.

3.1.8.2. Đường ống phân nhánh

Nếu với ống phân nhiều nhánh, mỗi nhánh nối với một turbin (hình 3-15a), viết phương trình dây chuyền cho mặt cắt A và C

Theo nhánh 1: $h^{A}_{t-\frac{l_1}{c_1}} - h^{C}_{t} = 2\mu\left(q^{A}_{t-\frac{l_1}{c_1}} - q^{C}_{t} \right)$

Theo nhánh 2: $h^{A}_{t-\frac{l_2}{c_2}} - h^{C}_{t} = 2\mu\left(q^{A}_{t-\frac{l_2}{c_2}} - q^{C}_{t} \right)$

Theo nhánh 3: $h^{A}_{t-\frac{l_3}{c_3}} - h^{C}_{t} = 2\mu\left(q^{A}_{t-\frac{l_3}{c_3}} - q^{C}_{t} \right)$

Cộng với phương trình liên tục tại mặt cắt C: $Q_t^{\text{ống chính}} = \sum_{i=1}^{n} Q_t^{\text{ống nhánh}}$ và nguyên lý cộng tác dụng: tại mặt cắt C : trị số áp lực tăng (giảm) ở ống chính bằng tổng các trị số áp lực tăng (giảm) ở các ống nhánh.

Với các phương trình đó cộng với các điều kiện biên tại mặt cắt A (của các ống nhánh) và mặt cắt B của ống chính, sẽ giải được các trị số H_t, Q_t tại A và C trong nước va.

3.1.9. Các biện pháp giảm áp lực nước va

Qua phân tích và tính toán trên thấy nước va làm gia tăng áp lực trong đường ống dẫn nước và các bộ phận dẫn nước , gây cản trở trong quá trình điều chỉnh công suất, tăng thêm sự chênh lệch mô men trong quá trình điều chỉnh. Do đó trong thiết kế phải tính toán các trường hợp và trị số nước va, cố gắng đề cập các giải pháp giảm bớt áp lực nước va, từ đó giảm chiều dầy thành ống dẫn và giảm thấp sự mất cân bằng tạm thời của tổ máy.

Trong công thức tính toán nước va đã trình bày trên, thấy rằng những trị số có ảnh hưởng nhiều đến áp lực nước va như vận tốc dòng chảy trong ống dẫn V, thời gian một pha nước va t_f và thời gian đóng mở tur bin T_S … Từ đó tác động đến những trị số này có thể làm giảm bớt áp lực nước va.

3.1.9.1. Thay đổi kích thước đường ống dẫn

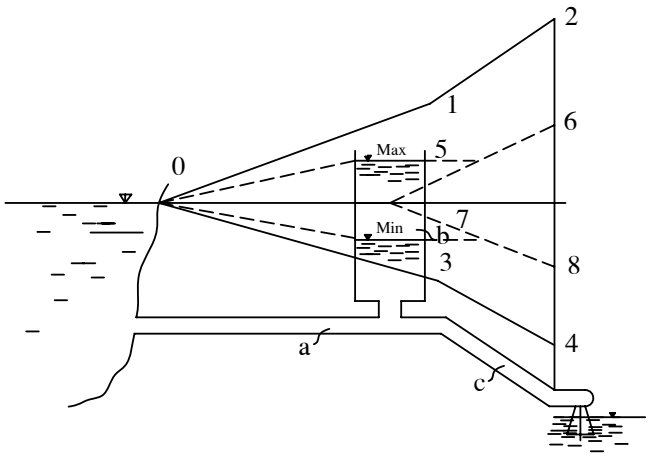
Tăng tiết diện ống dẫn sẽ giảm được vận tốc dòng chảy trong ống V, từ đó sẽ giảm được áp lực nước va, đồng thời giảm được tổn thất cột nước . Nhưng như vậy sẽ tăng chi phí đầu tư vào đường ống. ậ chương đường ống dẫn nước cho trạm thuỷ điện đã tính toán kinh tế để chọn ra đường kính hợp lý. Nếu chọn đường kính qúa trị số trên cần phải tính toán cụ thể để có luận chứng so sánh.

3.1.9.2. Giảm chiều dài đường ống dẫn

Giảm chiều dài đường ống dẫn sẽ giảm được thời gian một pha nước va t_f, từ đó giảm được áp lực nước va. Nhưng điều này còn phụ thuộc điều kiện địa hình, địa chất. Giảm chiều dài ống thường phải tăng độ nghiêng tuyến ống, như vậy dẫn đến khối lượng đào lớn hoặc tăng khối lượng các mố ôm giữ ống. Do đó cũng phải tính toán kinh tế để chọn tuyến ống hợp lý nhất

3.1.9.3. Xây dựng tháp điều áp

www.vncold.vn



Hình 3-16. Đường đo áp khi sẩy ra nước va

Đường chấm: 056, 078: Khi có tháp điều áp; Đường liền nét: 012, 034: Khi không có tháp điều áp; a- Đường hầm dẫn nước; b- Tháp điều áp; c- Đường ống dẫn nước vào Tur bin.

Với trạm thuỷ điện có đường dẫn dài, áp lực nước va lớn, phải làm tháp điều áp để tạo ra một mặt thoáng trên đường dẫn, giải phóng áp lực nước. Từ đó chiều dài phần đường dẫn ống trong tính toán nước va chỉ là từ pháp điều áp đến bộ phận hướng nước của tur bin. Như vậy giảm được áp lực nước va rất nhiều, tuỳ theo vị trí của tháp.

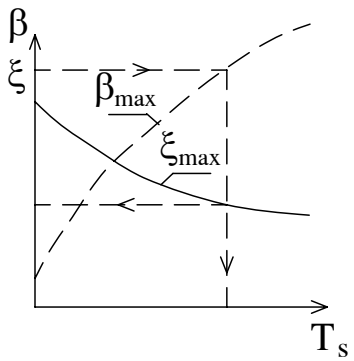
Nhưng chí phí đầu tư cũng tăng lên vì chi phí xây dựng tháp khá lớn. Trong phần tháp điều áp dưới đây cũng đưa ra những tiêu chuẩn phải xây tháp, xuất phát từ điều kiệ tính toán kinh tế.

3.1.9.4. Tăng thời gian đóng tur bin.

Trị só áp lực nước va phụ thuộc rất nhiều vào thời gian đóng mở Turbin T_S. Tăng T_S sẽ giảm được áp lực nước va tương đối , nhưng tăng T_S làm cho tỉ số vòng quay lớn nhất $\beta_{max} = \frac{n_{max}}{n_0}$ tăng lên, n_{max}: số vòng quay lớn nhất của tur bin khi có nước va;

n_0: số vòng quay định mức của tur bin. Hình 3-17 biểu thị sự quan hệ giữa T_S, ξ_{max} và β_{max}.

Trong điều kiện thường phải giới hạn $\beta_{max} \le 1{,}50 \div 1{,}65$, để tránh cho lực ly tâm lớn có thể phá hỏng các bộ phận quay.



Hình 3-17. Quan hệ giữa T_S, ξ_{max} và β_{max}.

3.1.9.5. Định quy trình đóng mở lợi nhất

Khi tính toán áp lực nước va, thấy rằng trị số này thay đổi trong quá trình đóng mở turbin.

Nếu thay đổi quy trình đóng mở sao cho áp lực nước va ΔH ở các pha đều bằng nhau, thì sẽ là quy trình đóng mở lợi nhất.

ở trên đã tính được ở cuối pha thứ nhất:

$$\tau_1 \sqrt{\Delta h_1^A + 1} = q_0^A - \frac{\Delta h_1^A}{2\mu}$$

Từ đó: $$\tau_1 = \frac{2\mu q_0^A - \Delta h_1^A}{2\mu\sqrt{\Delta h_1^A + 1}}$$

Nếu muấn cho áp lực nước va ở các pha đều bằng nhau và bằng Δh_c^A, thì ngay cuối pha thứ nhất phải có độ mở turbin τ_1 bằng:

$$\tau_1 = \frac{2\mu q_0^A - \Delta h_c^A}{2\mu\sqrt{\Delta h_c^A + 1}}$$

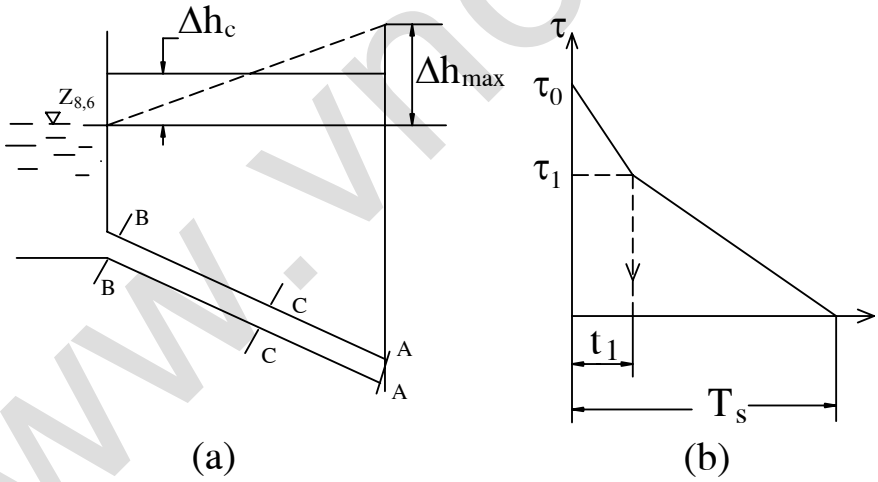
Giữa pha m-1 và m, ở trên đã tính được:

$$\Delta\tau\sqrt{1+\Delta h_m^A} = \frac{\Delta h_m^A}{\mu}$$

Từ đó, muốn có Δh_m^A luân bằng Δh_c^A thì phải có:

$$\Delta\tau = \frac{\Delta h_c^A}{\mu\sqrt{1+\Delta h_c^A}}$$

NHư vậy nếu định ra một trị số Δh_c^A sẽ tính được τ_1 và $\Delta\tau$. Từ đó tính ra số pha đóng kín cửa van và thời gian đóng mở T_S. Tất nhiên phải chọn Δh_c^A sao cho T_S không vượt quá giới hạn. thông thường T_S không vượt quá 10 sec.



Hình 3- 18. Quy trình đóng mở bảo đảm cho áp lực nước va không thay đổi trị số

a- Áp lực nước va; b- Quy trình đóng mở

3.1.9.6. Van xả không tải

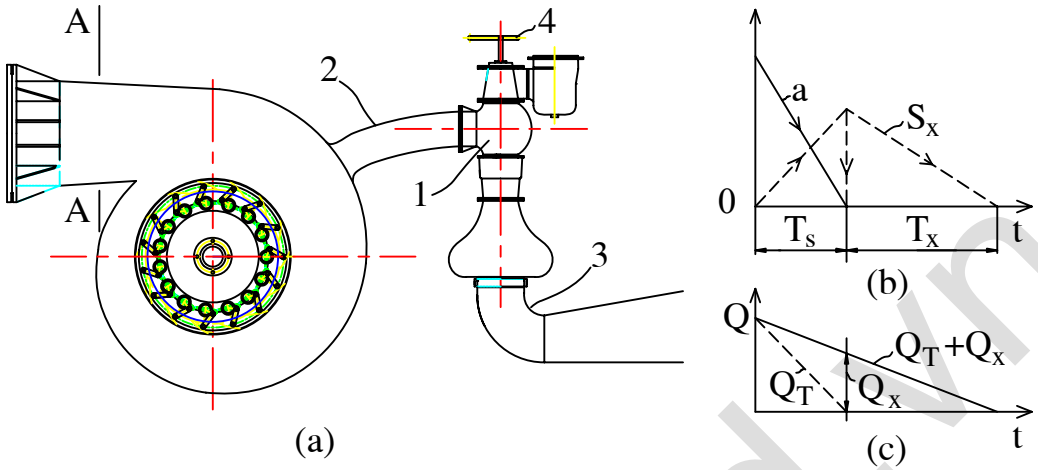
Van này đặt ngay sau tiết diện vào của buồng xoắn. Nguyên lý làm việc của nó như sau:

Khi có sự cố, turbin đóng nhanh theo hành trình a, van xả không tải 1 tự động mở theo hành trình S_x xả nước xuống hạ lưu không qua turbin. Sau khi turbin đã đóng kín, van xả đóng lại từ từ trong thời gian T_x.

Kết quả là turbin vẫn đóng kín sau thời gian T_S, nhưng thời gian đóng van cuối ống thì lai kéo dài bằng $T = T_S + T_x$, như vậy áp lực nước va sẽ giảm thấp vì tính với thời gian đóng lại A

www.vncold.vn

bằng $T = T_S + T_x$. Nhưng sẽ có một phần lưu lượng Q_x phải tháo ra hạ lưu. Đường lưu lượng tháo ra hạ lưu theo hình 3-19c.

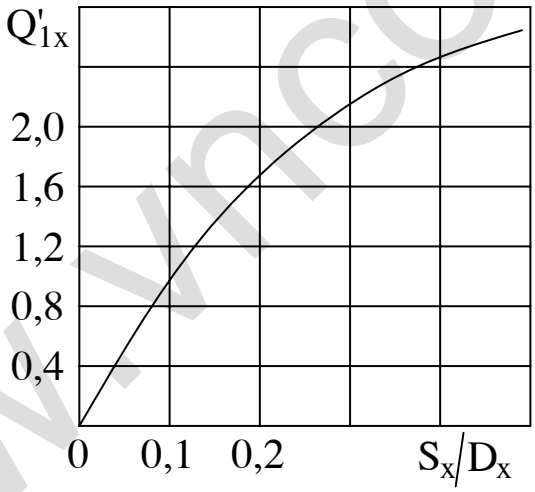


Hình 3-19. Van xả không tải

a- Sơ đồ; b- Quá trình độ mở; c- Quá trình lưu lượng

1- Van xả không tải; 2- ống dẫn nối với buồng turbin;

3- ống dẫn nước ra; 4- Bộ phận điều khiển



Hình 3-20. Đường đặc tính lưu lượng van xả không tải

Đường kính van xả không tải tính theo công thức:

$$D_x = \sqrt{\frac{Q_{x\max}}{Q'_{1x}\sqrt{H_0(1+\Delta h^A)}}} \qquad (3\text{-}37)$$

Trong đó:

$Q_{x\max}$: Lưu lượng yêu cầu xả lớn nhất qua van xả không tải, có thể lấy bằng lưu lượng lớn nhất của turbin.

Q'_{1x} : Lưu lượng quy dẫn của van xả không tải (lưu lượng của van tính với D_x = 1m, H = 1 m) được xác định theo đồ thị thí nghiệm của từng loại van và phụ thuộc vào hành trình tương đối của van S_z/D_x

Δh^A: Trị số tương đối của áp lực nước va lớn nhất tại A-A, trong trường hợp có van xả không thường lấy $\Delta h^A = 0,15 \div 0,2$

Cần chú ý rằng với van xả không tải phải yêu cầu có độ tin cậy cao. Cần có giải pháp điều chỉnh dự phòng khi có sự cố turbin phải đóng nhanh mà van xả không tải không mở kịp thời.

3.2. THÁP ĐIỀU ÁP

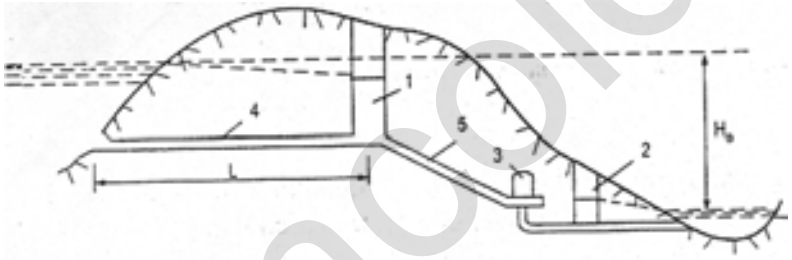
3.2.1. Tác dụng, điều kiện ứng dụng và các loại tháp điều áp

3.2.1.1. Tác dụng

Như trên đã thấy, đường ống dẫn nước vào turbin của trạm thuỷ điện, ngoài áp lực nước thông thường, còn phải chịu thêm áp lực nước va khi đóng mở turbin.

Nếu tạo ra một mặt thoáng ở một vị trí nào đó trên đường ống, thì ở đó áp lực nước va được giải phóng và từ vị trí này trở lên thượng lưu đường ống sẽ không chịu áp lực nước va nữa.

Tháp điều áp (TĐA) chính là một bộ phận tạo ra mặt thoáng (hình 3-21) nói trên. Do đó nó có tác dụng giữ cho đường hầm dẫn nước phía trước tháp khỏi bị áp lực nước va. Ngoài ra nó còn làm giảm nhỏ áp lực ở phần đường ống dẫn nước từ tháp vào turbin.



Hình 3-21. Sơ đồ đặt tháp điều áp

1-tháp điều áp phía thượng lưu; 2- tháp điều áp phía hạ lưu; 3- nhà máy thuỷ điện; 4- đường hầm dẫn nước; 5- đường ống áp lực dẫn nước vào turbin

3.2.1.1. Điều kiện và vị trí đặt tháp

Ở trên đã nói về tác dụng của tháp điều áp. Tuy nhiên có xây dựng tháp điều áp hay không phải căn cứ vào hiệu quả kinh tế; nếu thấy chi phí để xây tháp nhỏ hơn chi phí giảm bớt do đường hầm dẫn nước không phải chịu áp lực nước va, thì xây dựng tháp điều áp là hợp lý; trường hợp ngược lại, chi phí để xây tháp lớn hơn chi phí giảm bớt của đường hầm dẫn nước do hiệu quả của tháp đem lại, thì không nên xây dựng tháp điều áp.

Tiêu chuẩn gần đúng cần thiết phải xây dựng tháp điều áp có thể căn cứ vào hằng số quán tính của đường ống:

$$T_w = \frac{Q_{\max}}{gH_0}\sum\frac{l_i}{F_i} > 3 \div 6s \qquad (3\text{-}38)$$

Khi trạm thuỷ điện vận hành độc lập hoặc là khi tỉ trọng của nhà máy trong hệ thống điện vượt quá 50% lấy số nhỏ khi tỉ trọng nhỏ hơn 10 ÷ 20% lấy trị số lớn.

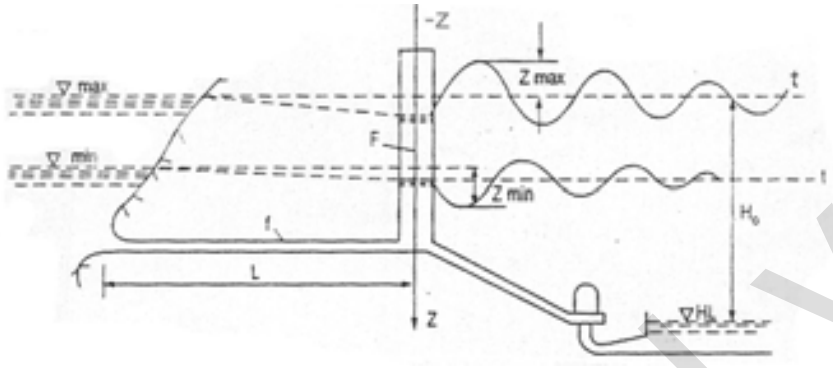
Trong công thức trên: Q_{max} - lưu lượng lớn nhất chảy trong đường ống: H_0 - cột nước tính toán; l_i, F_i - tương ứng là chiều dài và diện tích đoạn đường hầm thứ i.

Với tác dụng nêu trên, rõ ràng là vị trí của tháp càng gần nhà máy càng có lợi. Nhưng thông thường như vậy chiều cao của tháp càng phải tăng. Dung hoà hai đặc điểm này tháp thường đặt ở chỗ bắt đầu chuyển sang độ dốc lớn của tuyến ống.

Trong trường hợp đường hầm thoát nước từ turbin ra hạ lưu quá dài, có khi cũng phải đặt tháp điều áp cho đường thoát. Khi đó tháp ở gần turbin là hợp lý.

3.2.1.3. Nguyên lý làm việc của tháp điều áp

3.2.1.3.1. Trường hợp giảm tải



Hình 3-22. Sơ đồ dao động mực nước trong tháp điều áp

Khi giảm tải đột ngột turbin từ Q_0 xuống Q_1. Do quán tính của dòng chảy, lưu lượng vào đường hầm dẫn nước vẫn là Q_0, như vậy sẽ có một trị số lưu lượng $\Delta Q = Q_0 - Q_1$ chảy vào tháp, làm cho mực nước trong tháp dâng lên dần, từ đó độ chênh lệch mực nước giữa thượng lưu (trong hồ chứa) và trong tháp giảm dần, dẫn đến vận tốc dòng chảy giảm dần, do đó lưu lượng trong đường hầm giảm dần. Nhưng cũng do quán tính của dòng chảy, mực nước trong tháp không dừng ở mực nước tương ứng với lưu lượng Q_1 trong đường hầm mà vẫn tiếp tục dâng lên thậm chí cao hơn cả mực nước thượng lưu. Sau đó, để cân bằng thuỷ lực nước phải chảy ngược trở lại về thượng lưu, mực nước trong tháp hạ xuống. Nhưng cũng do lực quán tính nó lại hạ xuống quá mức nước cân bằng và dòng chảy lại chảy vào tháp. Cứ như vậy, mực nước trong tháp dao động theo chu kỳ và tắt dần do ma sát. Cuối cùng mực nước trong tháp dừng ở mực nước ổn định mới ứng với lưu lượng Q_1 (hình 3-22).

Trường hợp giảm tải trong thiết kế thường tính với mực nước thượng lưu cao nhất và cắt tải lớn nhất (thường là cắt toàn bộ công suất lớn nhất của nhà máy) để xác định mực nước cao nhất của tháp điều áp (Z_{max}).

3.2.1.3.2. Trường hợp tăng tải

Khi lưu lượng qua turbin tăng đột ngột mực nước trong tháp hạ xuống đến trị số Z_{min} và cũng dao động theo chu kỳ và tắt dần ngược lại với trường hợp trên.

Trong thiết kế thường tính với mực nước thấp nhất ở thượng lưu và mức tăng tải lớn nhất có thể xảy ra trong vận hành để xác định mực nước thấp nhất của tháp (Z_{min}).

3.2.1.4. Các kiểu tháp điều áp

Chọn kiểu tháp điều áp phải xuất phát từ các nguyên tắc sau:

- Giá thành công trình thấp nhất;
- Bảo đảm các tổ máy làm việc ổn định;
- Triệt tiêu dao động nhanh

a- Theo hình dạng cấu tạo thường gặp các kiểu tháp sau:

1). Tháp điều áp kiểu viên trụ

Tháp điều áp kiểu viên trụ (hình 3-23a) là một giếng đứng hoặc nghiêng có tiết diện không thay đổi. Kiểu này có kết cấu đơn giản, dễ thi công, tính toán thiết kế cũng đơn giản. Nhưng có nhược điểm cơ bản nhất là ở chế độ ổn định khi dòng chảy qua tháp tổn thất thuỷ lực cục bộ ở

chỗ nối tiếp đường hầm và đường ống với tháp có thể lớn, đồng thời dung tích tháp lớn, thời gian dao động kéo dài. Tháp điều áp viên trụ được ứng dụng ở các TTĐ cột nước thấp, mực nước thượng lưu ít thay đổi.

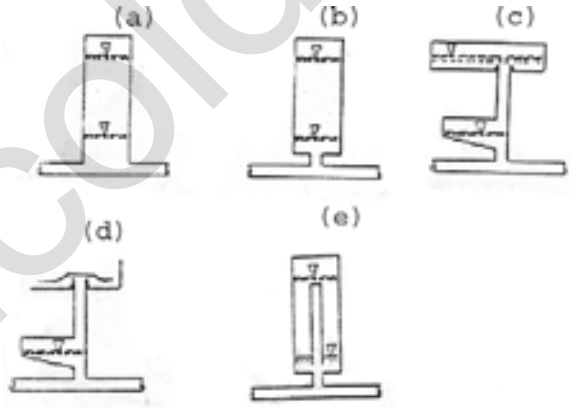
2). Tháp điều áp kiểu viên trụ có màng cản

Thực chất là tháp điều áp viên trụ (hình 3-23b), nhưng có đặt một màng cản ở đáy tháp để tăng thêm tổn thất thuỷ lực khi dòng chảy vào và ra khỏi tháp. Màng cản có thể dưới dạng lỗ cản hoặc lưới cản.. làm tăng tổn thất thuỷ lực khi nước chảy qua nó và do đó giảm được biên độ dao động dẫn đến giảm được dung tích tháp và làm cho dao động mực nước trong tháp tắt nhanh. Ngoài ra so với tháp điều áp viên trụ nó còn giảm được tổn thất thuỷ lực của dòng ổn định khi qua vị trí đặt tháp.

3). Tháp điều áp kiểu hai ngăn (có ngăn trên và ngăn dưới)

Tháp điều áp kiểu này (hình 3-23c) gồm hai ngăn và một giếng đứng, ngăn trên và ngăn dưới có tiết diện lớn hơn nhiều so với giếng đứng. Nguyên lý làm việc như sau:

Khi thay đổi phụ tải, mực nước trong tháp dao động, nhưng vì tiết diện giếng đứng nhỏ, nên mực nước trong tháp thay đổi rất nhanh làm cho thời gian dao động giảm. Nhưng nếu chỉ với giếng đứng thì biên độ dao động sẽ rất lớn, vì vậy khi mực nước trong tháp dao động đến cao độ nhất định, do tiết diện được mở rộng rất nhiều ở ngăn trên hoặc ngăn dưới nên biên độ dao động sẽ không tăng nhanh được. Như vậy tháp điều áp loại này đã giảm được thời gian dao động mà lại hạn chế được biên độ dao động mực nước trong tháp.



Hình 3-23. Các kiểu tháp điều áp

a- kiểu viên trụ; b- kiểu viên trụ có màng cản; c- kiểu hai ngăn; d- kiểu có máng tràn; e- kiểu có lõi trong

Với cấu tạo hợp lý như vậy, nên dung tích tháp kiểu này nhỏ hơn nhiều so với tháp điều áp kiểu viên trụ, nhưng nó có nhược điểm là cấu tạo phức tạp, thường thích hợp với tháp ngầm trong đất.

Tháp điều áp kiểu này cũng thích hợp với trường hợp cột nước cao, mực nước hồ chứa thay đổi lớn, khi đó chỉ việc kéo dài phần giếng đứng.

4). Tháp điều áp kiểu có máng tràn

Nguyên lý làm việc tương tự như trường hợp 3, nhưng ngăn trên có đường tràn nước. Kiểu này (hình 3-23d) có ưu điểm hoàn toàn có thể khống chế mực nước cao nhất của tháp, nhưng có nhược điểm là mất một phần nước qua máng tràn.

5). Tháp điều áp kiểu có lõi trong (còn gọi là kiểu kép hay kiểu sai phân).

Kiểu này (hình 3-23e) gồm có giếng đứng ở trong và ngăn ngoài, ở đáy giếng đứng có các lỗ thông với ngăn ngoài, nhưng các lỗ này nhỏ, khi mực nước dao động, nước không thoát từ giếng đứng ra ngoài kịp (vì các lỗ thông nhỏ) nên thay đổi mực nước nhanh, tạo ra hiệu quả giống như kiểu 3, sau đó nước mới chảy dần qua lỗ thông để cho mực nước trong giếng và ngăn ngoài bằng nhau. ở kiểu này khi mực nước lên cao khỏi miệng giếng đứng thì tràn ra ngăn ngoài, do đó mà khống chế được độ cao lớn nhất của mực nước tuỳ theo sức chứa của ngăn ngoài.

Tháp điều áp kiểu này thường được ứng dụng trong tất cả các trường hợp khi tháp để hở trên mặt đất hay ngầm.

b- Phân loại theo cách xây dựng

www.vncold.vn

1). Kiểu nổi hoàn toàn: Toàn bộ tháp đặt nổi trên nền, kiểu này thường khối lượng xây dựng lớn, nên không lợi về kinh tế, nhưng dễ kiểm tra sửa chữa.

2). Kiểu đặt ngầm: Toàn bộ tháp đặt ngầm dưới mặt đất, khi này thường dùng kiểu có ngăn trên là có lợi (hoặc cả ngăn trên và ngăn dưới) vì có thể dễ dàng mở rộng tiết diện của các ngăn.

3). Kiểu hỗn hợp nửa chìm nửa nổi: Kiểu này thường dùng khi không đặt ngầm được hoàn toàn.

c- Phân loại theo cách đặt

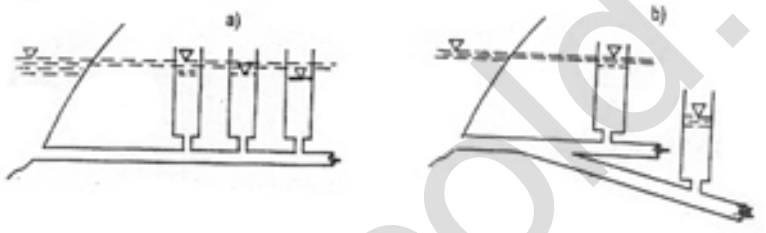
1). Đặt trên đường dẫn nước vào nhà máy

2). Đặt trên đường dẫn nước từ nhà máy ra

d- Phân loại theo cách đặt nhiều tháp thành hệ thống

1). Hệ thống tháp điều áp đặt nối tiếp (hình 3-24a)

Có trường hợp đặt một tháp điều áp thì biên độ sẽ quá lớn, có thể phải đặt hai hay nhiều tháp kế tiếp nhau.



Hình 3-24: Các kiểu đặt tháp và cấp nước TĐA

a- Hệ thống tháp điều áp đặt nối tiếp; b- hệ thống tháp điều áp đặt song song

2). Hệ thống tháp điều áp đặt song song (hình 3-24b): Trường hợp dẫn nước cùng một nguồn cung cấp cho hai nhà máy thì có thể đặt hai tháp riêng biệt trên hai nhánh đường dẫn.

3.2.2. Phương trình vi phân cơ bản của tháp điều áp

3.2.2.1. Phương trình động lượng

Xét cho trạng thái chảy không ổn định của hệ thống "Đường hầm dẫn nước - Tháp điều áp" với đường hầm dẫn nước nằm ngang hình 3-32 (khi tính toán thuỷ lực một cách đầy đủ, cần xét sự dao động của cả khối nước gồm cả đường hầm dẫn nước, tháp điều áp và đường ống áp lực. Riêng trong đường ống áp lực cũng có dao động, nhưng tác động này ảnh hưởng không đáng kể đến sự dao động mực nước trong tháp điều áp. Để đơn giản ta coi toàn bộ hệ thống bao gồm khối nước tuyệt đối cứng, như vậy có thể coi sự biến thiên của lưu lượng turbin diễn ra ngay mặt cắt đầu đường ống áp lực. Từ đó khối nước dao động chỉ gồm đường hầm dẫn nước và tháp điều áp)

Theo định luật biến thiên động lượng, hình chiếu của vectơ biến thiên động lượng của khối nước di chuyển trong đường hầm dẫn nước trước tháp trong thời gian dt chiếu lên trục x bằng tổng hình chiếu của tất cả các ngoại lực tác dụng đến khối nước.

$$\frac{d(mV)_x}{dt} = \sum X \qquad (3 - 39)$$

Trong đó:

- Khối lượng nước trong đường hầm dẫn nước không thay đổi trong quá trình dao động:

$$m = \frac{L.f.\gamma}{g}$$

Trong đó:

V: Vận tốc dòng chảy trong đường hầm dẫn nước (m/s), chiều dương hướng từ thượng lưu xuống hạ lưu;

f: Tiết diện đường hầm dẫn nước (m^2);

L: Chiều dài đường hầm dẫn nước (m);

γ: Trọng lượng riêng của nước (T/m^3)

g: Gia tốc trọng trường (m/s^2)

- Hình chiếu các ngoại lực tác dụng vào khối nước lên trục x ($\sum X$) bao gồm:

• Áp lực nước lên hai đầu khối nước: $-\gamma f(Z-h_{th}-h_v)$; với Z- Chênh lệch mức nước trong tháp điều áp (m) so với mực nước tĩnh trong hồ chứa hoặc trong bể áp lực, chiều dương hướng xuống dưới; $h_{th} = \xi_{th}\frac{V_{th}|V_{th}|}{2g}$ - tổn thất cột nước khi nước chảy vào và ra khỏi tháp; ξ_{th}- hệ số cản cục bộ của tháp; $h_v = \frac{V^2}{2g}$ - cột nước lưu tốc; V_{th} - vận tốc dòng chảy trong tháp điều áp (m/s), chiều dương hướng từ dưới lên trên.

• Các lực cản do ma sát lên khối nước khi di chuyển: $\gamma.f.h_w^*$; với h_w^* - tổn thất cột nước trong đường hầm gồm các tổn thất cục bộ (h_c) và tổn thất ma sát dọc đường (h_L):

$$h_w^* = h_L + h_c$$

$$h_L = \lambda\frac{L}{d}\frac{V|V|}{2g} = \frac{L.V|V|}{C^2R};\ h_c = \xi_c\frac{V|V|}{2g};$$

Trong đó:

C: Hệ số Sezi;

R: Bán kính thuỷ lực của đường hầm dẫn nước;

ξ_c: Tổng các hệ số tổn thất cục bộ

λ: Hệ số sức cản thuỷ lực dọc đường của đường hầm dẫn nước;

d: Đường kính đường hầm

• Hình chiếu trọng lực và áp lực nước vuông góc với trục x nên bằng không (xét trường hợp đường hầm nằm ngang).

Gọi tổng tổn thất cột nước $h_w = h_L + h_c + h_{th} + h_v$, từ (3-64) ta có phương trình:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{g}{L}(Z - h_w) \qquad (3\text{-}40)$$

3.2.2.2. Phương trình liên tục

Theo định luật liên tục của dòng chảy: lưu lượng qua turbin (nghĩa là lưu lượng nước vào đường ống áp lực) trong thời gian dt sẽ bằng lượng nước chảy qua đường dẫn nước cộng (hoặc trừ) lượng nước từ tháp điều áp chảy ra trong cùng thời gian đó:

$$Q_T = Q_d + Q_{th} \qquad (3\text{-}41)$$

$$Q_T.dt = fV.dt + F.dZ$$

hoặc

$$\frac{dZ}{dt} = \frac{Q_T - f.V}{F} \qquad (3\text{-}42)$$

Trong đó:

Q_d: lưu lượng dòng chảy trong đường hầm dẫn nước trước tháp điều áp (m^3/s);

Q_d=f.V

Q_{th}: Lưu lượng chảy vào (ra) tháp điều áp: $Q_{th} = F.\frac{dZ}{dt}$;

Q_T: Lưu lượng dòng chảy vào turbin (m^3/s);

F: Tiết diện tháp điều áp (m^2).

3.2.3. Tính toán thuỷ lực tháp điều áp bằng giải tích

3.2.3.1. Yêu cầu tính toán

Tính toán thủy lực để xác định các trị số sau:

a. Tính toán biên độ dao động để từ đó chọn kích thước và hình dạng tháp điều áp sao cho dao động hợp lý nhất theo điều kiện kinh tế và kỹ thuật.

b. Tính toán mực nước cao nhất trong tháp điều áp: Phải tính với mực nước hồ lớn nhất, tổn thất thuỷ lực nhỏ nhất có thể xảy ra trong đường dẫn trong trường hợp đó và giảm đột ngột toàn bộ phụ tải của nhà máy (từ lưu lượng lớn nhất đến lưu lượng bằng không).

c. Tính toán mực nước thấp nhất trong tháp điều áp. Phải tính với mực nước thấp nhất trong hồ chứa (mực nước chết), tổn thất thuỷ lực lớn nhất trong đường hầm và có thể xảy ra trong các trường hợp tăng tải sau:

- Tăng công suất tương đương với một tổ máy, nhưng không nhỏ hơn 33% công suất toàn nhà máy, với cỡ nhà máy có công suất N > 30.000kw

- Tăng công suất tương đương với một tổ máy, nhưng không nhỏ hơn 50% công suất toàn nhà máy, với cỡ nhà máy có công suất N < 30.000kw

- Tăng từ một công suất nhất định đến 100% công suất toàn nhà máy, hoặc với một giá trị công suất mà nhà máy tham gia vào việc điều chỉnh tần số của hệ thống mạng điện.

Sau khi xác định được mức nước thấp nhất trong tháp điều áp phải kiểm tra điều kiện mép trên của ống dẫn nước vào turbin phải thấp hơn mực nước này ít nhất là 2÷3 mét để tránh không khí lọt vào turbin.

d. Tính toán cho tháp điều áp ở đường thoát nước sau tổ máy, mọi điều kiện công suất, tổn thất phải chọn ngược lại với tính toán trên.

3.2.3.2. Tháp điều áp hình trụ khi không xét tới sức cản thuỷ lực

Để giải được hệ phương trình thuỷ lực cơ bản của tháp điều áp (3-40) và (3-42) bằng phương pháp giải tích, phải đưa vào một số giả thiết gần đúng:

- Bỏ qua tổn thất thuỷ lực. Khi đó phương trình (3-40) viết thành:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{gZ}{L} \qquad (3\text{-}42^*)$$

- Coi sự thay đổi lưu lượng qua turbin là tức thời. Điều này trong tính toán giải tích có thể cho phép, vì thời gian thay đổi lưu lượng qua turbin Q_T lớn nhất là bằng thời gian đóng, (mở) turbin T_S, trị số này rất nhỏ so với chu kỳ dao động mực nước trong tháp. Khi đó phương trình (3-42) viết thành:

$$\frac{dZ}{dt} = -\frac{fV}{F} \qquad (3\text{-}42^{**})$$

Vi phân phương trình (3-42**) và thay $\frac{dV}{dt}$ bằng (3-42*) sẽ được phương trình vi phân bậc hai:

$$\frac{d^2Z}{dt^2} + \frac{gf}{LF}Z = 0 \qquad (3\text{-}43)$$

Nghiệm của phương trình này, với điều kiện ban đầu t = 0, có chỉ số 0 tương ứng với trạng thái ổn định ban đầu. Chỉ số c - tương ứng với trạng thái ổn định cuối cùng, sẽ là:

$$Z = (V_c - V_0)\sqrt{\frac{Lf}{gF}}\sin(Kt) \qquad (3\text{-}44)$$

Trong đó: $K = \sqrt{\frac{gf}{LF}}$

Rõ ràng, phương trình (3-44) thể hiện dao động sóng mực nước trong tháp điều áp là hàm hình sin không tắt với biên độ lớn nhất:

$$Z^0_{\max} = (V_c - V_0)\sqrt{\frac{Lf}{gF}} \qquad (3\text{-}45)$$

và chu kỳ dao động:

$$T = \frac{2\pi}{K} = 2\pi\sqrt{\frac{LF}{gf}} \qquad (3\text{-}46)$$

3.2.3.3. Tháp điều áp hình trụ khi xét tới sức cản thuỷ lực

Sức cản thuỷ lực trong hệ thống đường dẫn nước có áp làm giảm biên độ dao động trong tháp điều áp và làm cho dao động tắt dần. Một phần tổn thất thuỷ lực cơ bản là tổn thất dọc đường h_L trong đường hầm dẫn nước trước tháp điều áp, nó phụ thuộc vào độ nhám của đường hầm. Trong thực tế, do điều kiện thi công và trong quá trình vận hành độ nhám này khác với thiết kế, do đó để đảm bảo an toàn độ nhám tính toán cần sử dụng hai giá trị: khi tính toán cho trường hợp cắt tải chọn độ nhám nhỏ nhất có thể và khi tính toán cho trường hợp tăng tải cần chọn độ nhám tối đa.

3.2.3.3.1. Khi giảm tải

Xét trường hợp cắt tải toàn bộ lưu lượng từ Q_0 đến $Q_T = 0$. Vì thời gian đóng turbin thường rất ngắn ($T_S = 3 \div 6s$) nên T_S ảnh hưởng không đáng kể đến dao động mực nước trong tháp điều áp. Vì vậy trong tính toán xem như đóng tức thời.

Với trường hợp đóng hoàn toàn từ Q_0 đến $Q_T = 0$, ở trạng thái ban đầu (trạng thái ổn định) mực nước trong tháp điều áp thấp hơn mực nước trong hồ chứa một trị số $Z_0 = h_{wo}$ tính theo công thức thuỷ lực:

$$Z_0 = h_{wo} = \left(\lambda\frac{L}{d} + \xi_c + 1\right)\frac{V_0^2}{2.g} = \psi\frac{V_0^2}{2.g}$$

Với tháp điều áp hình trụ riêng tổn thất cột nước trong tháp có thể bỏ qua $\xi_{th} \approx 0$

Từ (3-42) có:

$$V = -\frac{F}{f}\frac{dZ}{dt} \qquad \text{và từ đó } \frac{dV}{dt} = -\frac{F}{f}\frac{d^2Z}{dt^2}$$

$$h_w = \psi\frac{V^2}{2g} = \psi\frac{F^2}{2gf^2}\left(\frac{dZ}{dt}\right)^2$$

Thay các biểu thức trên vào (3-40) và (3 - 42) sẽ rút ra được:

www.vncold.vn

$$\frac{d^2Z}{dt^2} - \frac{\psi.F}{2.f.L}\left(\frac{dZ}{dt}\right)^2 + \frac{f.g}{L.F}Z = 0 \qquad (3\text{-}47)$$

Để đơn giản ta đặt ký hiệu cho các hằng số: $k_1 = \frac{\psi.F}{2.f.L}; k_2 = \frac{f.g}{L.F}$ sẽ được nghiệm chung của phương trình (3-47) khi cắt tải hoàn toàn:

$$\left(\frac{dZ}{dt}\right)^2 = C_1 e^{2k_1 Z} + \frac{k_2}{k_1}\left(Z + \frac{1}{2k_1}\right) \qquad (3\text{-}48)$$

Hằng số C_1 có thể xác định theo điều kiện ban đầu khi: t = 0 $\Rightarrow$ Z = Z_0; $\left.\frac{dZ}{dt}\right|_{t=0+0} = \frac{Q_{th}}{F} = \frac{f}{F}V_0$. Sau đó thay C_1 vào phương trình (3-48) sẽ được:

$$e^{2k_1(Z_0 - Z)} = \frac{\frac{k_1}{k_2}\left(\frac{dZ}{dt}\right)_0^2 - Z_0 - \frac{1}{2k_1}}{\frac{k_1}{k_2}\left(\frac{dZ}{dt}\right)^2 - Z - \frac{1}{2k_1}} \qquad (3\text{-}48^*)$$

Mực nước dâng lên cao nhất trong tháp điều áp $Z = Z_{max}$ khi dZ/dt = 0. Từ (3-48*) ta có:

$$e^{2k_1(Z_0 - Z_{max})} = \frac{\frac{1}{2k_1}}{Z_{max} + \frac{1}{2k_1}}$$

$$Z_0 = \psi\frac{V_0^2}{2g} = \frac{k_1}{k_2}\left(\frac{dZ}{dt}\right)^2$$

Từ đây suy ra:

$$2k_1 Z_{max} - \ln(1 + 2k_1 Z_{max}) = 2k_1 Z_0 \qquad (3\text{-}49)$$

hay:
$$\frac{Z_{max}}{S} - \ln\left(1 + \frac{Z_{max}}{S}\right) = \frac{Z_0}{S} \qquad (3\text{-}49^*)$$

Trong đó:

$$S = \frac{1}{2k_1} = \frac{L.f}{\psi F} = \frac{L.f}{\left(\lambda\frac{L}{d} + \xi_c + 1\right).F} \qquad (3\text{-}50)$$

Từ (3-49) có thể xác định biên độ lớn nhất Z_{max} tương ứng với mực nước cao nhất trong tháp điều áp. Mực nước cao nhất trong tháp điều áp được tính với trường hợp mực nước thượng lưu cao nhất hoặc MNDBT.

Thực tế tính toán cho thấy rằng, sức cản thuỷ lực trong hệ thống đường dẫn có ảnh hưởng rất lớn đến biên độ lớn nhất của dao động mực nước tháp điều áp. Với đường hầm dẫn nước dài 20 km sai khác có thể đến 25%.

Với trường hợp này I.A. Tre-nhi-a-chin đề nghị công thức gần đúng:

$$Z_{max} = Z_{max}^0\left(1 - 0{,}681\varepsilon + 0{,}154\varepsilon^2\right) \qquad (3\text{-}51)$$

Trong đó: Z^0_{max} là mực nước dâng lên trong tháp khi bỏ qua tổn thất cột nước trong đường hầm, tính theo công thức (3-45); $\varepsilon = \frac{h_{wo}}{Z^0_{max}}$

Khi ε = 0÷2, công thức (3-51) cho sai số dưới 2,3% so với cách tính chính xác.

3.2.3.3.2. Khi tăng tải

Khi tăng công suất trạm N_d đến N_c, lưu lượng sẽ phải tăng từ Q_d đến Q_c, ứng với trạng thái ổn định mới.

Trong trường hợp này, coi như mở tức thời, công thức gần đúng tính trị số mực nước hạ thấp nhất trong tháp sẽ là:

$$Z_{min} = Z^0_{max}(1-n)\left\{1+0{,}156\frac{1+2n}{2+n}(1+n)\varepsilon\left[1+(1+n)\varepsilon\right]\right\}+n^2\varepsilon Z^0_{max} \quad (3\text{-}52)$$

Trong đó: $\varepsilon = \frac{Z_c}{Z^0_{max}} = \frac{h_{wc}}{Z^0_{max}}$; $n = \frac{Q_{To}}{Q_{Tc}}$; Z_c - mực nước ổn định cuối cùng; Q_{To} - lưu lượng ban đầu qua turbin; Q_{Tc} - lưu lượng ổn định cuối cùng; h_{wo} - tổn thất cột nước trong đường dẫn; Z^0_{max} xác định theo biểu thức (3-45).

Trường hợp $Q_d = 0$, tăng đến Q_c, có thể dùng công thức:

$$Z_{min} = \left[1+0{,}078\varepsilon(1+\varepsilon)\right]Z^0_{max} \quad (3\text{-}53)$$

hoặc theo công thức gần đúng của Ac-ne:

$$Z_{min} = (1+0{,}1\varepsilon + 0{,}5\varepsilon^3)\ Z^0_{max} \quad (3\text{-}54)$$

Các công thức (3-51), (3-52), và (3-53) chỉ phù hợp với số ε < 1,24, khi ε ≥ 1,24 dao động không chu kỳ và mực nước hạ thấp nhất bằng.

$$Z_{min} = h_{wc}$$

3.2.3.4. Tháp điều áp có màng cản

Ở trạng thái ổn định, mực nước thấp hơn mực nước ở thượng lưu một trị số:

$$Z_0 = h_{wo} = \left(\lambda\frac{L}{d}+\xi_c+1\right)\frac{V_0^2}{2.g} = \psi\frac{V_0^2}{2.g}$$

3.2.3.4.1. Trường hợp cắt tải

Xét quá trình cắt tải tức thời toàn bộ từ Q_{To} đến $Q_T = 0$. Trong quá trình thay đổi lưu lượng vào turbin sẽ xuất hiện dòng chảy vào tháp điều áp, do đó xuất hiện thêm tổn thất qua màng cản của tháp điều áp. Vậy tổn thất thủy lực toàn bộ của hệ thống.

$$h_w = h_L + h_c + h_{th} + h_v = (\psi + \xi_{th})\frac{V^2}{2g}$$

Đặt: $\eta = \frac{h_{th}}{Z_0} = \frac{\xi_{th}}{\lambda\frac{L}{d}+\xi_c+1} = \frac{\xi_{th}}{\psi}$ và thay $\psi^* = \psi + \xi_{th} = (1+\eta)\psi$ vào phương trình và giải nó tìm giá trị cực đại ta có:

$$\ln[1-(1+\eta)x_{max}]+(1+\eta)x_{max} = \ln[1-(1+\eta)\eta x_0]-(1+\eta)x_0 \quad (3\text{-}55)$$

Trong đó: $x_{max} = Z_{max}/S$; $x_0 = Z_0/S$; S - xác định theo (3-50)

Khi η = 0, tháp điều áp có màng cản trở thành tháp điều áp hình viên trụ thông thường.

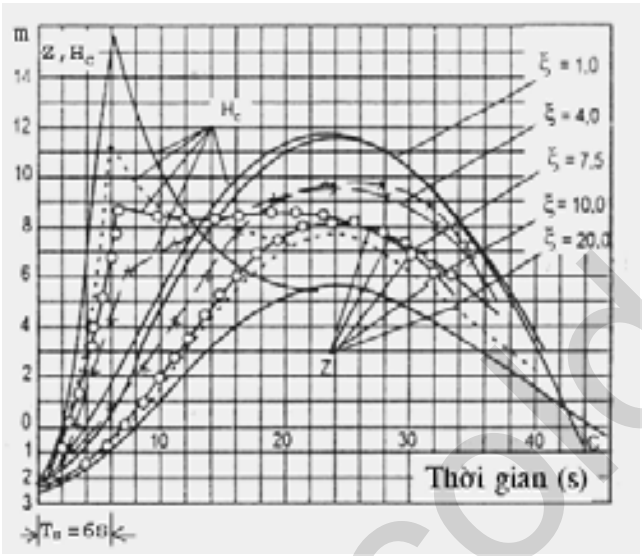
www.vncold.vn

Cũng có thể dùng công thức Tre - nhi - a - chin:

$$|x_{max}| = 1 - 0{,}519\varepsilon_{th0} + 0{,}151\varepsilon_{th0}^2 - (0{,}681 - 0{,}027\varepsilon_{th0}^{2/3})\varepsilon_0 + (0{,}154 + 0{,}120\varepsilon_{th0}^{2/3})\varepsilon_0^2 \qquad (3\text{-}56)$$

Trong đó:

$$\varepsilon_0 = \frac{Z_0}{Z_{max}^0}; \varepsilon_{th0} = \frac{h_{th0}}{Z_{max}^0}; \; x_{max} = \frac{Z_{max}}{Z_{max}^0}$$



Hình 3-25. Sự ảnh hưởng của sức cản ξ_{th} đến Z_{max} và áp lực nước H_c trong đường dẫn

Thời gian (s)

Một trong những đặc điểm riêng biệt của tháp điều áp có màng cản là khả năng xuất hiện hiện tượng "sóng xô" của sóng nước va vào đường hầm dẫn nước. Khi hệ số cản của tháp điều áp ξ_{th} lớn, trong quá trình chuyển tiếp do kết quả của hiện tượng "sóng xô" của nước va mà lực nước trong đường dẫn còn lớn hơn cả áp lực do mực nước dâng cao nhất trong tháp điều áp.

Trên hình (3-25) ví dụ về kết quả tính toán xác định Z_{max} và H_c (áp lực ở cuối đường hầm dẫn nước) với thời gian đóng turbin T_s = 6s, quy luật thay đổi độ mở cánh hướng nước là tuyến tính. Từ đồ thị ta dễ nhận thấy rằng, khi ξ_{th}=10÷20 áp lực do "sóng xô" của nước va lớn hơn áp lực do mực nước dâng cao nhất khi cắt tải. Áp lực nước trong đường dẫn do "sóng xô" đạt giá trị cực đại khi kết thúc quá trình đóng cánh hướng nước turbin.

Do vậy, ở tháp điều áp có màng cản mực nước cao nhất trong tháp đạt được không phải trong trường hợp đóng tức thời cánh hướng nước mà trong trường hợp ứng với một T_s nào đó.

3.2.3.4.2. Trường hợp tăng tải

Mực nước thấp nhất xuất hiện trong quá trình tăng tải. Trong thiết kế chọn tính toán cho trường hợp này là tăng tải toàn bộ một tổ máy từ lưu lượng không tải Q_x đến đầy tải Q_{max} hoặc tăng toàn bộ các tổ máy trong phạm vi điều chỉnh bình thường, ví dụ từ 50% đến 100% phụ tải với mực nước thượng lưu thấp nhất. Việc tính toán bằng giải tích trường hợp này rất phức tạp, có thể giải bài toán này bằng đồ giải hoặc sử dụng các phương pháp số ứng dụng trên máy tính.

3.2.3.5. Tháp điều áp kiểu có máng tràn

Trong trường hợp tháp điều áp có máng tràn, khi mực nước trong tháp dâng lên quá đỉnh máng tràn, nước sẽ tràn ra ngoài.

Khi giảm tải mực nước dâng lên cao nhất:

$Z_{max} = Z_{tr} + h$

Trong đó:

Z_{tr}: Cao trình đỉnh tràn;

h: Chiều cao lớp nước tràn lớn nhất.

Thường cao trình tràn lấy cao hơn mực nước cao nhất trong hồ một chút.

Trị số h tính từ công thức tính lưu lượng tràn:

$$Q_{tr} = mB\sqrt{2g}h^{1,5}$$

Trong đó:

m: Hệ số lưu lượng máng tràn:

B: Chiều rộng tuyến tràn;

Q_{tr}: Lưu lượng lớn nhất qua miệng tràn khi giảm tải

3.2.3.6. Tháp điều áp hai ngăn

Tháp điều áp kiểu hai ngăn ứng dụng có lợi trong trường hợp đường dẫn dài, cột nước cao và mực nước thượng lưu thay đổi lớn. Ngăn trên có tác dụng giảm biên độ dao động khi cắt giảm tải, ngăn dưới - khi tăng tải.

3.2.3.6.1. Khi cắt tải toàn bộ

Tính toán sóng dâng cao nhất ở ngăn trên theo công thức:

$$e^{\frac{2(x_{max}-x_c)}{\varepsilon_c}} = \frac{\left[1+\frac{2x_{max}}{\varepsilon_c}\right]}{\left[1-\frac{\varepsilon_S}{\varepsilon_c}\left(1-e^{\frac{2(x_c-1)}{\varepsilon_s}}\right)\right]} \qquad (3\text{-}57)$$

Trong đó:

$$x_c = \frac{Z_c}{h_{wo}};\ \varepsilon_s = \frac{LfV_0^2}{gF_s h_{wo}^2};\ \varepsilon_c = \frac{LfV_0^2}{gF_t h_{wo}^2} = \varepsilon_s \frac{F_s}{F_t};\ x_{max} = \frac{Z_{max}}{h_{wo}}$$

Z_c: Khoảng cách từ mặt nước tĩnh đến mặt đáy ngăn trên

F_s: Diện tích mặt cắt giếng đứng

F_t: Diện tích mặt cắt ngang ngăn trên

h_{wo}: Tổng tổn thất cột nước trong đường hầm dẫn nước

Z_{max}: Khoảng cách từ mặt nước dâng cao nhất đến mực nước tĩnh.

Căn cứ diện tích mặt cắt bể trên F_t, tính ra mực nước dâng cao nhất Z_{max}, hoặc là định ra Z_{max} tìm ngược lại diện tích F_t.

Hoặc là: Người ta thường định trước Z_{max} từ đó tính được dung tích ngăn trên W_{BT} theo công thức gần đúng.

$$W_{BT} = \frac{L.f.V_0^2}{2.g.Z_0\nu}\ln\left(1-\frac{Z_0\nu}{|Z_{max}|}\right) \qquad (3\text{-}58)$$

Trong đó: $\nu = 1 + \eta$, η tính như ở 3.2.3.4.

Trong công thức (3-58) đã giả thiết rằng đường kính giếng đứng gần bằng đường kính đường hầm và khi cắt tải mực nước tăng nhanh đến đỉnh miệng tràn hoặc đáy ngăn trên (trong

www.vncold.vn

tính toán thể tích khối nước trong giếng đứng bỏ qua). Vì vậy, kiểu này tuy không có màng cản, nhưng do đường kính giếng đứng nhỏ, tổn thất ở chỗ tiếp giáp giữa tháp và đường dẫn cũng lớn không thể bỏ qua.

Để xác định dung tích buồng trên W_{BT} cần định trước một số giá trị Z_{max} rồi chọn trên cơ sở so sánh các phương án. Giá trị Z_{max} kinh tế thường trong khoảng 8÷12 m.

3.2.3.6.2. Khi tăng tải

Tương tự trường hợp giảm tải, khi tăng lưu lượng đột ngột từ Q_0 đến Q_c, dung tích cần thiết của ngăn dưới xác định theo công thức:

$$W_{BD} = \frac{L.f.V_c^2}{2g.Z_c} \ln\left\{ \frac{x_{\min} - 1}{x_{\min} - n^2} \left[\frac{\left(\sqrt{x_{\min}} + 1\right)\left(\sqrt{x_{\min}} - n\right)}{\left(\sqrt{x_{\min}} - 1\right)\left(\sqrt{x_{\min}} + n\right)} \right]^{\frac{1}{\sqrt{x_{\min}}}} \right\} \qquad (3\text{-}59)$$

Trong đó: $x_{min} = Z_{min}/Z_c$; $n = Q_{To}/Q_{Tc}$; Z_{min} - mực nước thấp nhất khi dao động: Z_c- mực nước ổn định ứng với lưu lượng cuối cùng sau khi tăng phụ tải; V_c- vận tốc dòng chảy trong đường hầm ở trạng thái ổn định sau khi tăng tải.

Từ công thức (3-59) ta thấy khi tăng Z_{min}, dung tích ngăn dưới W_{BD} giảm, khi $Z_{min} = Z_c$ công thức (3-59) được viết dưới dạng đơn giản (3-59*) và mực nước trong tháp điều áp biến đổi từ từ tắt dần:

$$W_{BD} = \frac{LfV_c^2}{2gZ_c} \ln\frac{2}{1+n} \qquad (3\text{-}59^*)$$

Để xác định thể tích ngăn dưới W_{BD} cần định trước giá trị Z_{min} và chọn trên cơ sở so sánh kinh tế - kỹ thuật các phương án.

3.2.3.7. Tháp điều áp kiểu có lõi trong

3.2.3.7.1. Khi giảm tải

Dung tích cần thiết của ngăn ngoài, tính với trường hợp đóng turbin hoàn toàn sử dụng công thức:

$$W = \frac{LfV_0^2}{2gZ_0} \frac{\ln\left(1 + \frac{1}{x_{\max} - 0{,}15\left(x_{\max} - x_{tr}\right)}\right)}{1 - \frac{0{,}3 + x_{\max}}{0{,}2 + 2x_{\max}} \frac{S}{1 - \frac{2}{3}\sqrt{\frac{1 + x_{\max}}{1 - x_{\max}}}}} \qquad (3\text{-}60)$$

Trong đó: $x_{max} = -Z_{max}/Z_0$; $x_{tr} = -Z_{tr}/Z_0$; Z_{tr} - chiều cao đỉnh tràn của giếng đứng so với mực nước tĩnh của hồ; $S = F_{gđ}/F = F_{gđ}/(F_{gđ}+F_{ng})$; $F_{gđ}$- tiết diện giếng đứng; F_{ng} - tiết diện ngăn ngoài

3.2.3.7.2. Khi tăng tải

Tính với tăng từ Q_0 đến Q_c

Để đảm bảo cho mực nước không hạ xuống đến mức một đoạn đường dẫn trở thành không áp, tổn thất cột nước khi đóng dòng chảy đi qua các lỗ cản ở đáy giếng đứng theo hướng từ ngăn ngoài vào đường ống áp lực phải thoả mãn điều kiện:

$$\frac{h_{th\max}}{Z_c} = \frac{x_{\min} - q_1^2}{(1 - q_1)^2}$$

Trong đó: $q_1 = Q_0/Q_c$

www.vncold.vn

Trị số hạ thấp mực nước tương đối $x_{\min} = \frac{Z_{\min}}{h_{wo}}$ tính theo công thức:

$$x_{\min} = 1 + \left(\sqrt{0,5E' - 0,275\sqrt{q_1}} + \frac{0,1}{E'} - 0,9 \right) \left[1 - \frac{q_1}{(0,5E')^{0,62}} \right] \quad (3\text{-}61)$$

Trong đó: $E' = \frac{L.f.\frac{V_0^2 F.Z_c^2}{g}}{1 - \frac{3}{2}S}$

3.2.4. Tính toán thuỷ lực tháp điều áp bằng phương pháp tra biểu đồ.

3.2.4.1. Sử dụng biểu đồ

Trong tính toán gần đúng, để có thể giải quyết nhanh các bài toán xác định mực nước hoặc dung tích tháp điều áp nói trên, người ta có lập các biểu đồ sẵn cho các trường hợp tính như sau:

3.2.4.2. Biểu đồ xác định các mực nước cho tháp điều áp kiểu viên trụ

3.2.4.2.1. Khi Cắt tải

Biểu đồ trên hình 3-26 cho cách xác định mực nước dâng cao nhất khi hoàn toàn cắt tải.

Từ trị số $x_0 = \frac{h_{wo}}{S}$ đặt vào trục tung

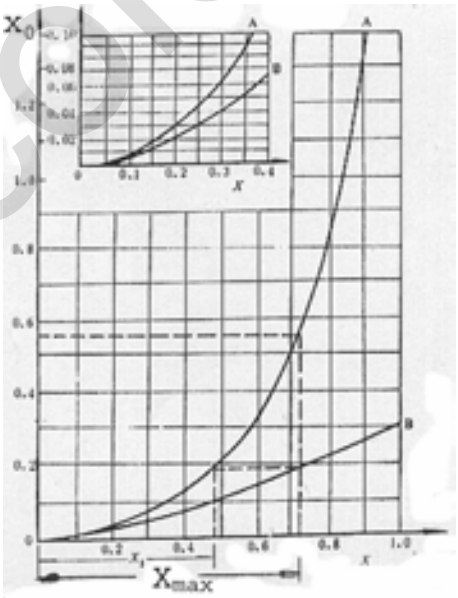
Trong đó:

h_{wo}: Chênh lệch mực nước trong hồ chứa và trong tháp trước lúc tháo phụ tải.

$$S = \frac{L.f}{\lambda \frac{L}{d} + \xi_c + 1}$$

V_0: Lưu tốc trong đường hầm ứng với Q_0 khi chưa tháo phụ tải

L,f,F: Chiều dài, tiết diện đường hầm và tiết diện tháp điều áp



Hình 3-26. Biểu đồ tra mực nước cao nhất khi hoàn toàn cắt tải ở tháp điều áp viên trụ không có màng cản

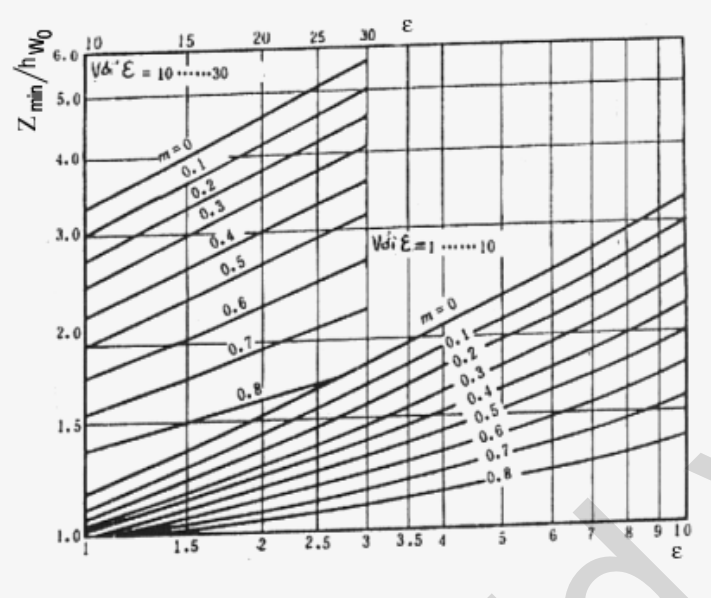
Từ đường cong A, xác định được trị số x_{max} ở trục hoành với $x_{max} = \frac{Z_{max}}{S}$ tìm được Z_{max} = mực nước cao nhất trong tháp so với mực nước trong tháp khi bắt đầu cắt tải.

Với dao động thứ hai:

Tìm trị số x_2 bằng cách: từ đường dóng thẳng đứng trên, khi gặp đường cong B thì dóng ngang tới khi gặp đường A thì dóng thẳng xuống gặp trục hoành tại đây là trị số x_2. Biên độ thấp nhất: $Z_2 = x_2 S$, Z_2 : Mực nước thấp nhất so với khi bắt đầu cắt tải.

3.2.4.2.2. Khi tăng tải.

Dùng biểu đồ trên hình 3 - 27:



Hình 3-27: Biểu đồ tính toán, mực nước hạ thấp nhất khi tăng tải đối với tháp điều áp kiểu viên trụ không có màng cản.

Khi tăng phụ tải, có thể tìm mực nước hạ thấp nhất trong tháp Z_{min}. Từ trị số $\varepsilon = \frac{L.f.V_0^2}{g.F.h_{wo}^2}$ ở trục hoành với các ký hiệu như đã nói trên, có thể tìm ra trị số Z_{min}/h_{wo} trên trục tung ứng với từng trị số m. Trong đó Z_{min} - mực nước hạ thấp nhất tính từ mặt nước ổn định trong tháp trước lúc tăng tải; $m = \frac{Q_0}{Q}$

Q_0: Lưu lượng trước khi tăng tải;

Q: Lưu lượng sau khi tăng tải

Trên biểu đồ vùng phía dưới dùng cho ε = 1÷10, vùng phía trên dùng cho ε=10÷30

3.2.4.3. Biểu đồ xác định nước trong tháp điều áp kiểu có màng cản.

Trên biểu đồ 3-28:

Trục hoành biểu thị h_{w0}/Z_*

Trong đó: $Z_* = \frac{Q_0}{F}\sqrt{\frac{LF}{gf}}$

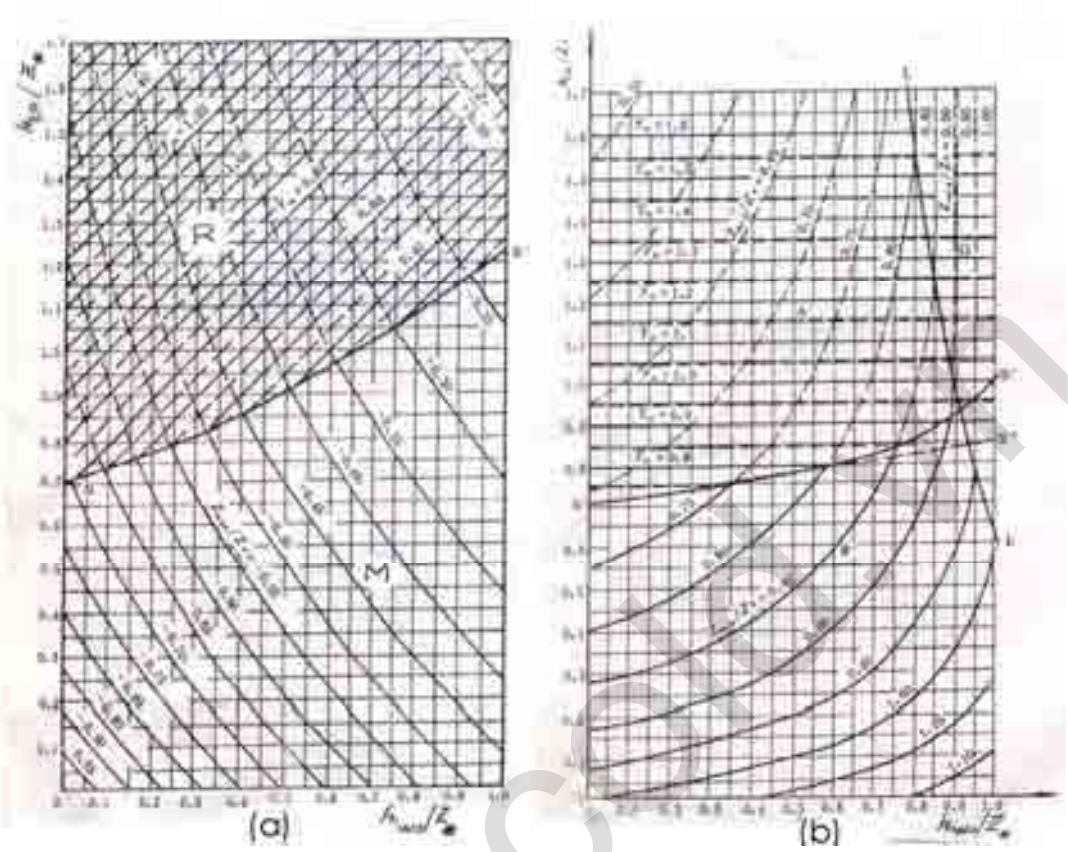
Q_0 : Lưu lượng ban đầu.

h_{w0} : Tổng tổn thất cột nước trong đường hầm dẫn nước.

Trục tung trên biểu đồ biểu thị h_{c0}/Z_*

Trong đó:

h_{c0} : Tổn thất cột nước qua màng cản.



Hình 3-28 xác định mực nước dâng cao nhất trong tháp điều áp kiểu có màng cản, khi đóng đột ngột turbin (a); mực nước thấp nhất (b)khi phụ tải tăng đột ngột từ 0 đến 100%

Trên biểu đồ:

Vùng R- Biểu thị kích thước màng cản quá nhỏ.

Vùng M- Biểu thị kích thước màng cản quá lớn.

Đường SS'- Ứng với kích thước màng cản hợp lý

Hình 3-28b là biểu đồ xác định mực nước thấp nhất trong tháp điều áp kiểu có màng cản.

3.2.4.4. Biểu đồ xác định mực nước trong tháp điều áp có ngăn

Trên hình 3-29 là biểu đồ xác định mực nước dâng cao nhất khi bể điều áp có ngăn trên.

Trên biểu đồ có ghi môt thí dụ với các số lượng sau:

$$\frac{1-x_c}{\varepsilon_c}\frac{A_s}{A_c}=0{,}044 \;;\; \frac{A_s}{A_c}=0{,}0263;\; \frac{x_c}{\varepsilon_c}=-0{,}566 \;\; \frac{x_c-x_{\max}}{\varepsilon_c}=0{,}41$$

Trong đó:

$$x_c = \frac{Z_c}{h_{wo}};\ \varepsilon_c = \frac{L.f\,V_0^2}{gA_c h_{wo}^2}$$

Z_c: Khoảng cách từ mặt nước tĩnh đến mặt đáy bể trên

A_s: Diện tích mặt cắt giếng đứng

A_c: Diện tích mặt cắt bể trên

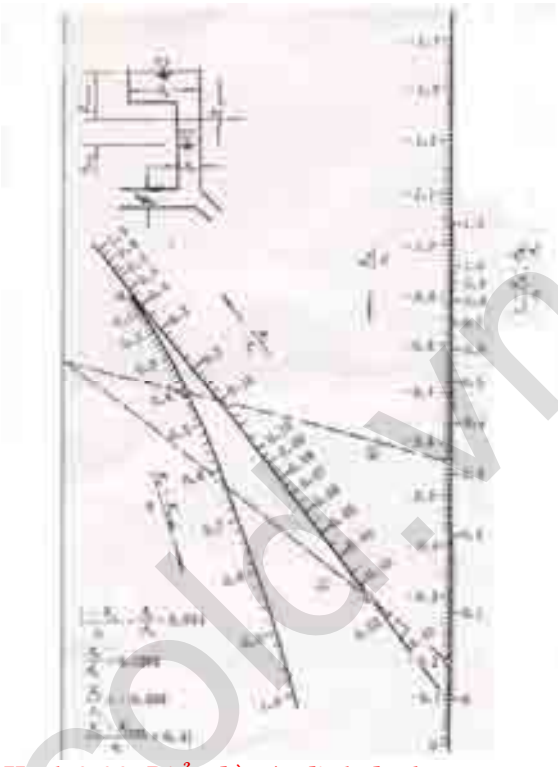
f: Diện tích mặt cắt đường hầm

Từ những quan hệ trên có thể chọn trước một trị số, tính ra các trị số còn lại.

3.2.4.5. Biểu đồ xác định dung tích ngăn dưới của tháp điều áp kiểu có ngăn dưới.

Hình 3-30 là biểu đồ tính toán dung tích ngăn dưới của tháp điều áp

Từ x_{min} trên trục tung, ứng với các trị số m khác nhau sẽ tạo ra trị số ε_v ở trục hoành.



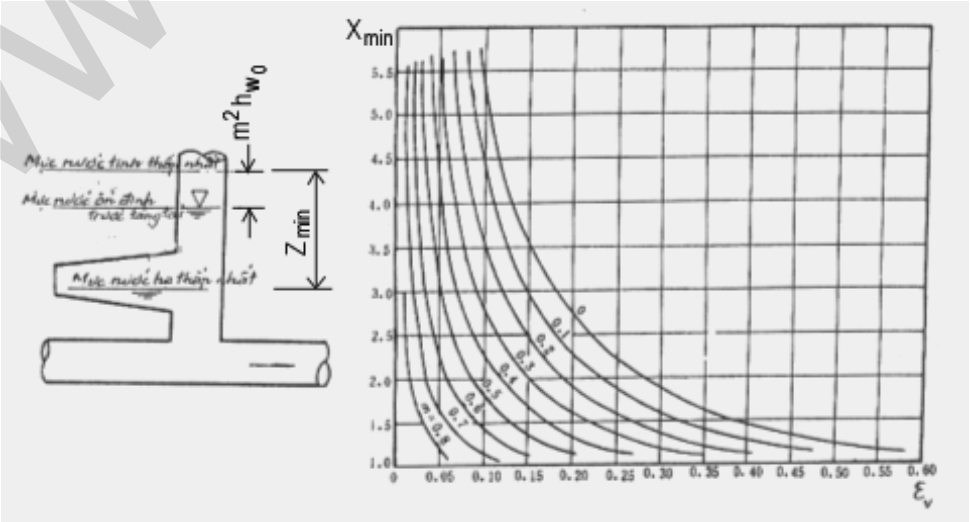
Hình 3-29. Biểu đồ xác định độ dâng cao nhất trong tháp điều áp kiểu có ngăn trên

Trong đó: $x_{min} = Z_{min}/Z_c$; Z_{min} = mực nước thấp nhất khi dao động; Z_c - mực nước ổn định ứng với lưu lượng cuối cùng sau khi tăng tải; $\varepsilon_v = W_{BD}/\frac{LfV_c^2}{gZ_c}$

W_{BD}: Dung tích ngăn dưới của tháp; V_c: Vận tốc dòng chảy trong đường hầm ở trạng thái ổn định sau tăng tải.

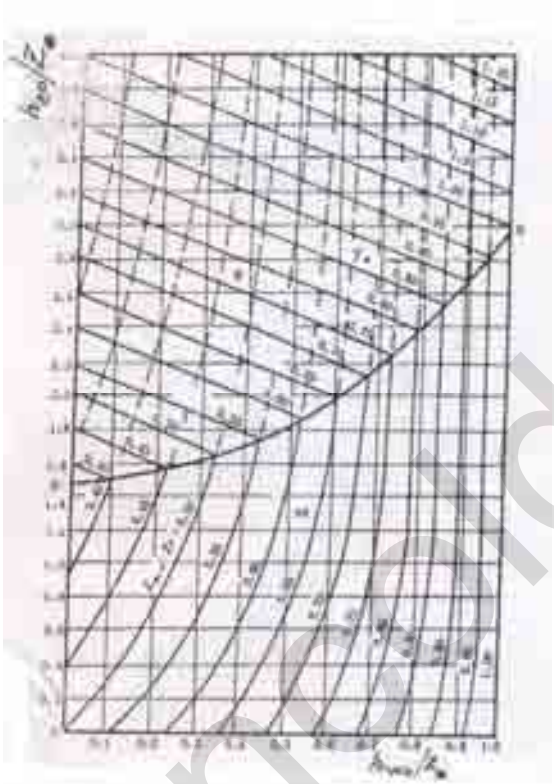
$$m = \frac{Q_{T0}}{Q_{Tc}}$$

Q_{To}, Q_{Tc}: Lưu lượng qua turbin trước và sau khi tăng tải. Từ biểu đồ trên có thể định trước Z_{min} rồi tính ra W_{BD} hoặc ngược lại.



Hình 3-30: Biểu đồ xác định dung tích ngăn dưới của tháp điều áp kiểu ngăn dưới

3.2.4.6. Biểu đồ tính toán thuỷ lực cho tháp điều áp kiểu có lõi trong



Hình 3-31. Biểu đồ xác định mực nước hạ thấp nhất (Z_{min}) của tháp điều áp kiểu lõi trong (khi phụ tải tăng từ 50% đến 100%).

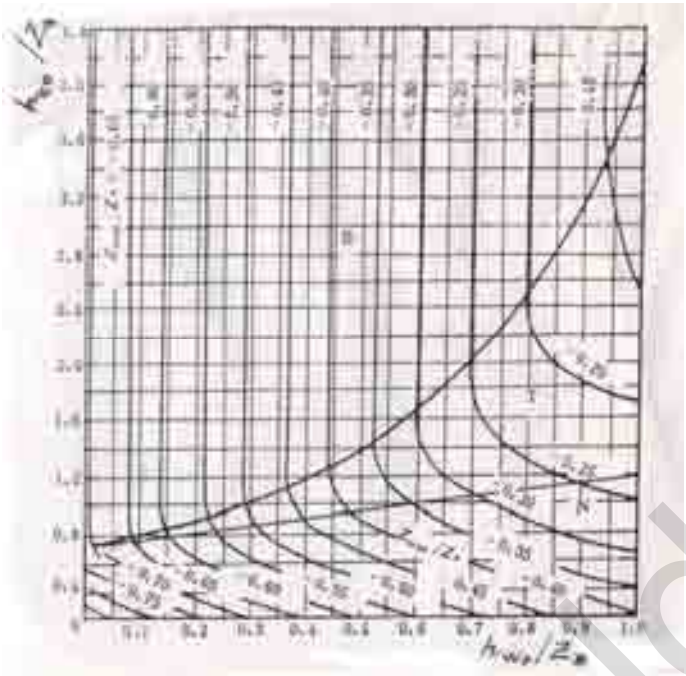
Hình 3-31 là biểu đồ tính toán mức nước hạ thấp nhất trong tháp điều áp kiểu có lõi trong khi tăng tải từ 50% đến 100%. Trục tung là tỉ số $\frac{h_{co}}{Z_*}$, trục hoành là tỉ số h_{wo}/Z_*

Trong đó:

h_{co}: Trị số tổn thất của màng cản ứng với Q_0

$$Z_* = \frac{Q_0}{F}\sqrt{\frac{L\,F}{g\,f}}$$

F: Diện tích mặt cắt ngang của toàn bộ tháp (cả giếng đứng và ngăn ngoài)



Hình 3-32. Biểu đồ tính sóng dâng cao nhất trong tháp điều áp kiểu có lõi trong.

f: Diện tích mặt cắt ngang hầm dẫn nước.

Q_0: Lưu lượng ổn định trước khi tăng tải

Trên hình 3-32 là biểu đồ tính toán mực nước hạ xuống lớn nhất trong tháp điều áp kiểu có lõi trong.

Cũng như ở tháp điều áp kiểu có màng cản. Khu S trên biểu đồ là vùng hợp lý nhất cho diện tích lõi trong. Vùng T – diện tích lõi trong tương đối lớn. Vùng N – diện tích lõi trong quá lớn

3.2.5. Tính toán thủy lực tháp điều áp bằng phương pháp đồ giải

3.2.5.1. Phương pháp chung

Nội dung của phương pháp này là dùng đồ thị để giải hệ phương trình vi phân cơ bản của dòng chảy không ổn định trong tháp điều áp nói trên.

Trước hết viết hệ phương trình cơ bản (3-40) và (3-42) dưới dạng sai phân:

$$\Delta V = \frac{g.\Delta t}{L}\left(Z - h_w\right) \qquad (3\text{-}62)$$

$$\Delta Z = \frac{Q_T - fV}{F}\Delta t \qquad (3\text{-}63)$$

Khi tính toán, chọn một thời đoạn Δt nhất định, chọn Δt càng nhỏ thì kết quả càng chính xác hơn, nhưng khối lượng tính toán càng tăng. Thông thường chọn Δt sao cho số điểm tính toán đủ để vẽ tương đối chính xác đường cong Z = Z(t). Để làm được điều đó trong khoảng 1/4 chu kỳ T chọn khoảng 8 ÷10 điểm và thực tế thường chọn Δt = 5÷20 s.

3.2.5.2.Tháp điều áp hình trụ

3.2.5.2.1. Khi giảm tải (hình 3-33)

Với trường hợp giảm toàn bộ và đột ngột phụ tải: Như vậy ngay từ lúc bắt đầu tính toán, lưu lượng qua turbin Q = 0. Phương trình (3-63) trở thành:

$$\Delta Z = -\frac{f.\Delta t}{F}V \qquad (3\text{-}64)$$

Tổn thất cột nước viết thành:

$$h_w = \left(\lambda\frac{L}{d} + \xi_c + 1\right)\frac{V^2}{2g} = kV^2 \qquad (3\text{-}65)$$

Trên biểu đồ trục tung biểu thị cao trình mực nước trong tháp Z, lấy gốc là cao trình mực nước tĩnh ở thượng lưu, chiều dương hướng xuống.

Trục hoành biểu thị vận tốc dòng chảy trong đường hầm dẫn nướcV, chiều dương từ thượng lưu xuống tháp.

Các bước tiến hành như sau:

- Vẽ đường quan hệ giữa tổn thất thủy lực với vận tốc dòng chảy trong đường hầm h_w = f(V) theo phương trình (3-65), (đường cong 3);

- Vẽ đường quan hệ ΔZ = f(V) theo phương trình (3-64), (đường thẳng 2);

- Vẽ đường quan hệ ΔV = f(Z-h_w) theo phương trình (3-62), (đường thẳng 1).

Giả thiết rằng trong suốt thời gian Δt, vận tốc dòng chảy trong đường hầm dẫn nước không thay đổi và bằng trị số vận tốc ở đầu thời đoạn.

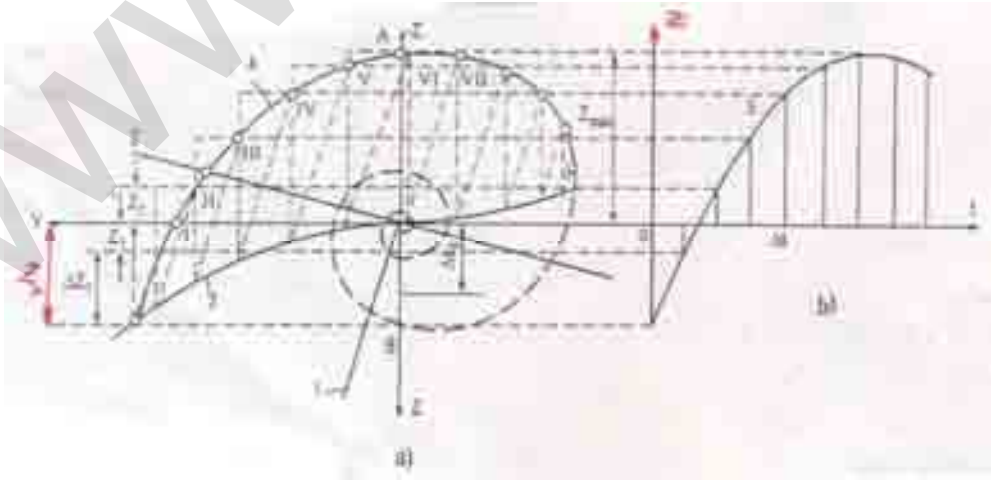
- Xác định toạ độ điểm ban đầu, điểm 0(V_0, Z_0): từ vận tốc ban đầu V_0 trên đường h_w = f(V) (đường 3) xác định vị trí ban đầu.

- Xác định toạ độ điểm I (V_1, Z_1), sau thời đoạn Δt_1:

Từ điểm 0 với lưu tốc đầu thời đoạn V_0 trên đường ΔZ = f(V) xác định ΔZ_1 và $Z_1 = Z_0 + \Delta Z_1$ sau thời đoạn Δt_1 (đường 2). Dùng đường ΔV = f(Z-h_w) (đường 1) và từ trị số (Z_1- h_{wo}) xác định ΔV_1. Với trị số Z_1 và $V_1 = V_0 + \Delta V_1$ sẽ tìm được điểm I, biểu thị trạng thái chế độ không ổn định ở cuối thời đoạn Δt_1. Lưu ý là trong trường hợp này ΔV_1 và ΔZ_1 mang giá trị âm.

- Tương tự như vậy xác định toạ độ điểm II (V_2, Z_2) sau thời đoạn Δt_2 bằng cách tương ứng với V_1 trên đường 2 xác định ΔZ_2, $Z_2 = Z_1 + \Delta Z_2$; từ đường 1 với $(Z_2 - h_w)$ xác định ΔV_2 và $V_2 = V_1 + \Delta V_2$. Cứ như vậy xác định các điểm tiếp theo III, IV...

- Vẽ đường cong Z = f (V), (đường 4) bằng cách nối các điểm 0, I, II, III... lại với nhau.



Hình 3-33. Phương pháp đồ giải xác định dao động mực nước trong tháp điều áp khi cắt tải toàn bộ và đột ngột.

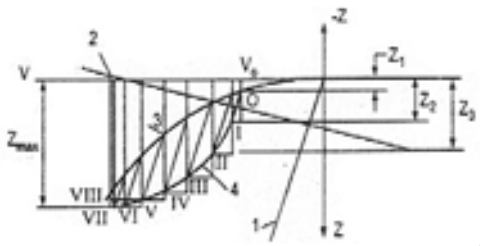
$$(1)\,\Delta V = \frac{g\Delta t}{L}(Z - h_w);\ (2)\ \ \Delta Z = -\frac{f\Delta t}{F}V;\ (3)\,h_w = kV^2;(4)\,Z = f(V);(5)\,Z = f(t)$$

Điểm đường cong này cắt trục Z ứng với mực nước cao nhất trong tháp điều áp Z_{max} (điểm A) và V = 0, sau đó V đổi chiều. Tiếp theo đường cong lại cắt trục Z khi V = 0 (điểm B), ứng với mực nước thấp nhất trong tháp điều áp khi cắt tải toàn bộ. Đường Z = f (V) có dạng đường xoắn ốc thu về điểm 0.

- Vẽ khai triển đường Z = f(V) thành = f (t), (đường cong 5).

Khi giảm đột ngột một phần phụ tải đến Q_2, phương trình (3-63) viết thành:

$$\Delta Z = \frac{\Delta t}{F}(Q_2 - fV)$$



Hình 3-34. Phương pháp đồ giải tính mực nước trong TĐA hình trụ khi tăng tải đột ngột

dạng Z từ Q_0

(1) $\Delta V = \frac{g\Delta t}{L}(Z - h_w)$; 2) $\Delta Z = \frac{\Delta t}{F}(Q_2 - fV)$

3) $h_w = kV^2$; 4) $Z = f(V)$

Trên đồ thị đường (2) dịch vị trí về phía trái một trị số $V_2 = Q_2/f$. Đường xoắn ốc Z = f(V) sẽ kết thúc ở điểm VIII, ứng với trạng thái chảy ổn định mới khi lưu lượng turbin bằng Q_2.

3.2.5.2.2. Khi tăng tải

Xét trường hợp tăng đột ngột từ Q_0 đến Q_c, phương trình (3-62) vẫn giữ dạng trên (đường 1 và 3 trên hình 3-34), còn (3-63) viết thành:

$$\Delta Z = \frac{(Q_c - f.V)}{F}\Delta t \qquad (3\text{-}66)$$

Đường ΔZ = f(V) theo phương trình (3-66) sẽ đi qua điểm $V_c = Q_c/f$.

Xuất phát từ điểm 0 ứng với $V_0 = Q_0/f$, sau thời đoạn Δt_1, mực nước hạ xuống ΔZ_1 xác định theo đường 2: $[\Delta Z_1 = f(V_0)]$ và $Z_1 = Z_0 + \Delta Z_1$. Từ hiệu số $Z_1 - h_{wo}$ xác định được $\Delta V_1 = f(Z_1 - h_{wo})$ và $V_1 = V_0 + \Delta V_1$. Như vậy, xác định điểm I của đường Z = f(V). Tương tự, xác định cho các điểm II, III… tiếp theo. Khi đường cong đi qua điểm tương ứng với $V = V_c$ sẽ có điểm thấp nhất.

Sau đó vận tốc dòng chảy trong đường hầm dẫn nước tiếp tục tăng, lưu lượng vượt qua lưu lượng cần thiết, do đó mực nước trong tháp điều áp tăng. Đến một trị số nhất định vận tốc bắt đầu giảm. Cuối cùng đường Z = f(V) thu về điểm VIII, ứng với trạng thái ổn định mới ($Q_T = Q_c$).

3.2.5.3. Tháp điều áp có màng cản

3.2.5.3.1. Khi giảm tải (hình 3-35a)

Xét trường hợp thay đổi lưu lượng từ Q_0 đến $Q_T = 0$: cách vẽ đường Z = f(V) cũng giống như ở tháp điều áp kiểu hình trụ, nhưng chú ý rằng mực nước ban đầu trong tháp điều áp:

$$Z_0 = \left(\lambda\frac{L}{d} + \xi + 1\right)\frac{V_0^2}{2g} = \psi\frac{V_0^2}{2g} \qquad (3\text{-}67)$$

Sau khi ngắt phụ tải, toàn bộ lưu lượng sẽ chảy vào tháp điều áp. Do đó tại màng cản sẽ hình thành chênh lệch cột nước.

$$h_{\xi 0} = \xi_{th}\frac{V_0^2}{2g}$$

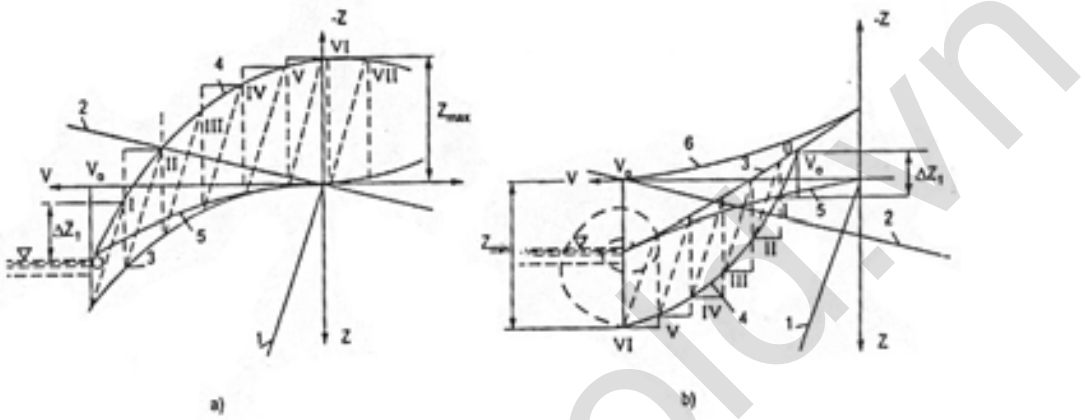
Vậy tổng tổn thất cột nước khi dao động là:

www.vncold.vn

$$h_w = (\psi + \xi_{th})\frac{V^2}{2g} \qquad (3\text{-}68)$$

Về nguyên lý, trường hợp này cũng hoàn toàn tương tự như ở tháp điều áp không có màng cản, điểm khác biệt ở đây là thời điểm ban đầu khi t = 0 mực nước trong tháp điều áp tính theo (3-67) nhưng ngay sau khi cắt tải t = 0, tính $\Delta V_1 = f(Z_1 - h_{w0})$ để xác định điểm I trong biểu đồ, trong đó h_{w0} tính theo (3-68).

3.2.5.3.2. Khi tăng tải (hình 3-35b)



Hình 2.35. Phương pháp đồ giải tính dao động mực nước trong TĐA có màng cản

a- Khi giảm tải đột ngột, b- khi tăng tải đột ngột.

(1) $\Delta V = f_1 (Z - h_w)$; (2) $\Delta Z = f_2(V)$; (3) h_w; (4) $Z = f(V)$; (5) h^*_w; (6) h_{th}.

Khi lưu lượng thay đổi đột ngột từ Q_0 đến Q_c, chênh lệch cột nước ở màng cản là:

$$h_{th} = \xi_{th}\frac{(V_c - V)^2}{2g}$$

Trong đó: $V_c = \dfrac{Q_c}{f}$

Hệ số ξ_{th} khi dòng chảy vào và ra khỏi tháp điều áp có thể khác nhau tùy theo dạng miệng lỗ qua nước của màng cản.

Thay đổi mực nước trong tháp điều áp sau mỗi thời đoạn Δt xác định theo biểu thức:

$$\Delta Z = \frac{(Q_c - f.V)}{F}\Delta t$$

Vẽ đường Z = f(V) bắt đầu từ điểm 0 trên đường cong $h_w = f(V)$ tương ứng với trạng thái ban đầu của dòng chảy.

3.2.5.4. Tháp điều áp hai ngăn

3.2.5.4.1.Tính toán ngăn trên (hình 3-36a)

Tính toán xác định kích thước buồng trên tháp điều áp trên cơ sở tính toán cho trường hợp cắt tải toàn bộ tổ máy TĐ.

Xét sơ đồ tháp có miệng tràn ở ngăn trên hình (3-23c), khi giảm phụ tải và thay đổi lưu lượng turbin đột ngột từ Q_0 đến Q = 0.

Các phương trình tính toán bao gồm:

- Phương trình động lượng (3-62) trong đó h_w kể đến cả tổn thất ở màng cản h_{th}.
- Phương trình liên tục thể hiện qua lượng nước vào tháp điều áp dưới dạng:

$$\Delta w = fV\Delta t' \qquad (3\text{-}69)$$

Trong đó: ΔW: Thể tích nước chảy vào TĐA sau thời đoạn Δt'.

Mực nước trong phần giếng đứng ΔZ_g sau thời đoạn Δt'' tính theo công thức:

$$\Delta Z_g = \frac{f.V}{F_g}\Delta t'' \qquad (3\text{-}70)$$

Vì mực nước dâng lên trong giếng đứng tương đối nhanh, nên thời đoạn tính toán Δt'' trong các phương trình khi mực nước trong tháp đang ở vào đoạn giếng đứng lấy nhỏ hơn thời đoạn tính toán Δt' ở ngăn trên khi nước chảy qua tràn.

Khi mực nước dâng lên đến đỉnh tràn ở miệng trên giếng đứng thì bắt đầu tràn vào ngăn trên. Chiều cao lớp nước tràn xác định từ phương trình:

$$fV = \pi D\mu.h_{tr}\sqrt{2gh_{tr}}$$

Từ đó: $$h_{tr} = \sqrt[3]{\frac{f^2V^2}{2g\pi^2D^2\mu^2}} \qquad (3\text{-}71)$$

Trong đó:

D: Đường kính miệng tràn,

μ: Hệ số lưu lượng của miệng tràn.

Để tính toán bằng đồ giải cần phải xây dựng các phương trình phụ trợ sau:

- Đồ thị đường tổn thất cột nước kể cả tổn thất qua tháp:

$$h_w = h^*_w + h_{th} = k\frac{V^2}{2g}$$

- Đường quan hệ: $\Delta V = f(Z\text{-}h_w)$ với hai thời đoạn tính toán Δt' và Δt''

- Đường quan hệ: ΔW = f(V) theo (3-69) với thời đoạn tính toán Δt'.

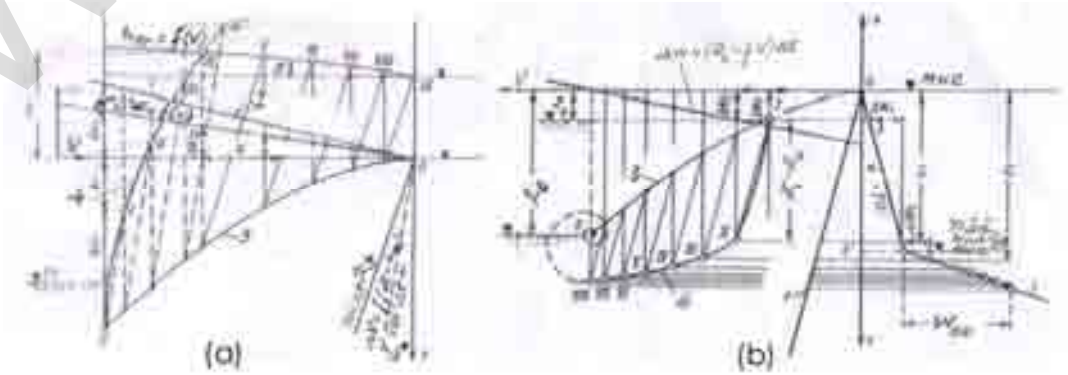
- Đường quan hệ: ΔZ = f(V) theo (3-70) với thời đoạn tính toán Δt''.

- Đường quan hệ: h_{tr} = f(V) theo (3-71)

Ở trạng thái ổn định, trước khi giảm tải mực nước ở vị trí Z_0, sau thời đoạn Δt mực nước dâng lên một đoạn ΔZ_1. Cách vẽ giống như ở tháp điều áp hình trụ.

Tới giao điểm với đường h_{tr} = f(V), đường Z = f(V) bắt đầu đi theo đường $h_{tr.}$

Tính toán lượng nước chảy vào ngăn trên trong mỗi thời đoạn bắt đầu từ giao điểm IV sẽ tính theo ΣW_i trung bình trong thời đoạn.



Hình 3-36. Phương pháp đồ giải tính dao động mực nước trong tháp điều áp hai ngăn a- khi giảm tải đột ngột và toàn bộ, b- khi tăng tải.

www.vncold.vn

(1) $\Delta V=f_1(Z-h_w)$; (2) $\Delta Z = f_2(V)$; (3) h_w; (4) $Z = f(V)$; (5) h^*_w ; 1^*, 2^* với $\Delta t_2 < \Delta t_1$

3.2.5.4.2. Tính toán ngăn dưới (hình 3-36b)

Kích thước buồng dưới được xác định khi tính toán tăng tải tổ máy thủy điện. Trường hợp tăng tải đột ngột, tương ứng với sự thay đổi lưu lượng từ Q_0 đến Q_c.

Thể tích nước đã chảy từ tháp điều áp ra đường hầm dẫn nước sau mỗi thời đoạn Δt:

$$\Delta W = (Q_c - f.V)\,\Delta t \qquad (3\text{-}72)$$

Thể tích của tháp biến đổi theo mực nước trong tháp:

- Trong đoạn giếng:

$$W_g = F_g Z \qquad (3\text{-}73)$$

- Trong đoạn buồng dưới:

$$W_{BD} = F_{BD} Z \qquad (3\text{-}73^*)$$

Vẽ các đường quan hệ phụ trợ: $h_w = f(V)$, $\Delta V = f(Z - h_w)$, $\Delta W = f(V)$ theo (3-72) và đường quan hệ: $W = f(Z)$ theo (3-73), (3-73*)

Từ điểm I tương ứng với chế độ ban đầu xác định $\Delta W_1 = f(V_0)$, đặt nó lên đường $W = f(Z)$; từ điểm A ban đầu xác định được Z_1 và từ $Z_1 - h_{wo}$ xác định $\Delta V_1 = f(Z_1-h_{wo})$ và có $V_1 = V_0 + \Delta V_1$. Toạ độ điểm II tương ứng V_1, Z_1 (trên đồ thị, bằng cách tịnh tiến đường $\Delta V = f(Z - h_w)$ đến điểm I trên đường $h_w = f(V)$, giao điểm của nó với đường $Z = Z_1$ chiếu từ đường $W = f(Z)$ xác định điểmII). Tương tự như vậy cho các điểm tiếp theo.

3.2.6. Phương pháp sai phân hữu hạn giải các bài toán chế độ không ổn định trong tháp điều áp.

Các phương pháp giải tích và phương pháp đồ giải được ứng dụng để tính dao động mực nước trong tháp điều áp thường chỉ áp dụng được đối với các trường hợp đơn giản của tháp điều áp khi quá trình thay đổi lưu lượng qua tổ máy thủy điện là tức thời và đơn giản hóa kết cấu của toàn bộ hệ thống đường dẫn nước của trạm thuỷ điện. kết quả của các phương pháp kể trên chỉ là gần đúng, chúng không giải quyết được các bài toán về hệ thống với tổ hợp các kết cấu phức tạp và tổ hợp vận hành trạm thủy điện.

Các phương pháp sai phân: ơle, ơle - Côsi hoặc Runge - Kutta... là các phương pháp có thể ứng dụng để giải quyết các bài toán về các chế độ không ổn định thủy lực trong các hệ thống đường dẫn nước của TTĐ có tháp điều áp. Sau đây sẽ trình bày một số phương pháp sai phân đơn giản ứng dụng cho tháp điều áp.

3.2.6.1. Các phương trình cơ bản

Để tiện lợi trong tính toán, các phương trình (3-40) và (3-42) được viết dưới dạng sau:

$$\frac{dQ_d}{dt} = \frac{gf}{L}\left(Z - h_w\right) \qquad (3\text{-}40^*)$$

$$\frac{dZ}{dt} = \frac{Q_T - Q_d}{F} \qquad (3\text{-}42^*)$$

Trong đó:

Q_d, L, f: Tương ứng là lưu lượng, chiều dài, diện tích tiết diện của đường dẫn;

Z: Toạ độ mực nước trong tháp điều áp lấy mực nước hồ chứa làm toạ độ gốc, chiều dương xuống dưới;

h_w: Tổn thất cột nước trong hệ thống đường dẫn và tháp điều áp

$$h_w = h_L + h_c + h_{th} + h_v$$

Q_T: Lưu lượng nước qua turbin;

F: Diện tích tiết diện của tháp điều áp tương ứng khi ở mực nước Z;

t: Biến thời gian.

Do gia tốc của khối nước trong hệ thống đường dẫn và tháp điều áp không lớn trong các quá trình chuyển tiếp nên trong tính toán tổn thất cột nước h_w có thể theo quy luật của dòng chảy ổn định. Giá trị của các tổn thất phụ thuộc vào hướng và độ lớn của vận tốc trong các thành phần của hệ thống ở mỗi thời điểm tính toán.

Tổn thất cột nước trong đường hầm gồm các tổn thất cục bộ (h_c) và tổn thất ma sát dọc đường (h_l):

$$h_w^* = h_L + h_c$$

$$h_w^* = \left(\frac{L}{C^2R} + \frac{\xi_c}{2g}\right)V|V| = \frac{1}{f^2}\left(\frac{L}{C^2R} + \frac{\xi_c}{2g}\right)Q_d|Q_d| = K_d Q_d|Q_d|$$

Tổn thất cột nước khi nước chảy vào và ra khỏi tháp:

$$h_{th} = \frac{\xi_{th}}{2gf^2}(Q_d - Q_T)|Q_d - Q_T| = K_{th}(Q_d - Q_T)|(Q_d - Q_T)|$$

Cột nước lưu tốc: $h_v = \frac{V^2}{2g} = \frac{Q_d^2}{2gf^2}$

Áp lực nước dưới đáy tháp: $P = Z + h_{th}$

Lưu lượng qua turbin Q_T phụ thuộc vào chế độ của quá trình chuyển tiếp và đặc tính của từng loại turbin do đó cũng là biến của thời gian t. Như vậy, các hàm Q_d và Z trong hệ phương trình (3-40*) và (3-42*) đều là biến thời gian t, các vế phải của hệ phương trình vi phân có thể biểu diễn dưới dạng hàm với biến số thời gian sau:

$$\frac{dQ_d}{dt} = F_1(Z, Q_d, t) \qquad (3\text{-}74)$$

$$\frac{dZ}{dt} = F_2(Z, Q_d t) \qquad (3\text{-}75)$$

Nếu viết dưới dạng sai phân hữu hạn:

$$\Delta Q_d = \Delta t.F_1(Z, Q_d, t) \qquad (3\text{-}74^*)$$

$$\Delta Z = \Delta t.F_2(Z, Q, t) \qquad (3\text{-}75^*)$$

3.2.6.2. Phương pháp sai phân hữu hạn Ơle

Trong các phương pháp sai phân vấn đề chủ yếu là xác định đúng giá trị của nghiệm tại từng thời điểm tính toán. Khác nhau giữa các phương pháp tính toán là tốc độ hội tụ của nghiệm.

Với phương pháp **Ơ**le, các phương trình (3-74) và (3-75) thể hiện dưới dạng sau:

$$Q_{d,i+1}^{k+1} = Q_{d,i+1}^k + \Delta t.F_1\left(Z_{i+1}^k, Q_{d,i+1}^k, t_{i+1}\right) \qquad (3\text{-}76)$$

$$Z_{d,i+1}^{k+1} = Z_{d,i+1}^k + \Delta t.F_2\left(Z_{i+1}^k, Q_{d,i+1}^k, t_{i+1}\right) \qquad (3\text{-}77)$$

$$Q_{d,i+1}^0 = Q_{d,i} + \Delta t.F_1\left(Z_i, Q_{d,i}, t_i\right) \qquad (3\text{-}78)$$

$$Z_{d,i+1}^0 = Z_{d,i} + \Delta t.F_2\left(Z_i, Q_{d,i}, t_i\right) \qquad (3\text{-}79)$$

Trong đó: Các chỉ số i - thời điểm tính toán; k - chỉ số bước lặp

www.vncold.vn

Nghiệm gần đúng phải thỏa mãn:

$$\left|\frac{Q_{d,i+1}^{k+1}-Q_{d,i+1}^{k}}{Q_{d,i+1}^{k+1}}\right|\le\varepsilon_1 \qquad (3\text{-}80)$$

$$\left|\frac{Z_{i+1}^{k+1}-Z_{i+1}^{k}}{Z_{i+1}^{k+1}}\right|\le\varepsilon_2 \qquad (3\text{-}81)$$

Trong đó:

ε_1, ε_2: Các sai số cho phép.

Với các giá trị ban đầu Q_{do} và Z_0 khi $t_0 = 0$ xác định lần lượt ở các bước tiếp theo cho cả quá trình chuyển tiếp.

Nhược điểm của phương pháp này là tốc độ hội tụ chậm.

3.2.6.3. Phương pháp sai phân hữu hạn ơle - Côsi

Sử dụng phương pháp sai phân Ơle - Côsi, nghiệm của hệ phương trình (3-74) (3-75) được biểu diễn dưới dạng sau:

$$Q_{d,i+1}^{k+1}=Q_{d,i}+(t_{i+1}-t_i)\frac{F_1(Z_i,Q_{d,i},t_i)+F_1(Z_{i+1}^{k},Q_{d,i+1}^{k},t_{i+1})}{2} \qquad (3\text{-}76^*)$$

$$Z_{d,i+1}^{k+1}=Z_{d,i}+(t_{i+1}-t_i)\frac{F_2(Z_i,Q_{d,i},t_i)+F_2(Z_{i+1}^{k},Q_{d,i+1}^{k},t_{i+1})}{2} \qquad (3\text{-}77^*)$$

$$Q_{d,i+1}^{0}=Q_{d,i}+(t_{i+1}-t_i)F_1(Z_i,Q_{d,i},t_i) \qquad (3\text{-}78^*)$$

$$Z_{d,i+1}^{0}=Z_{d,i}+(t_{i+1}-t_i)F_2(Z_i,Q_{d,i},t_i) \qquad (3\text{-}79^*)$$

Trong đó: Các chỉ số i - thời điểm tính toán; k - chỉ số bước lặp.

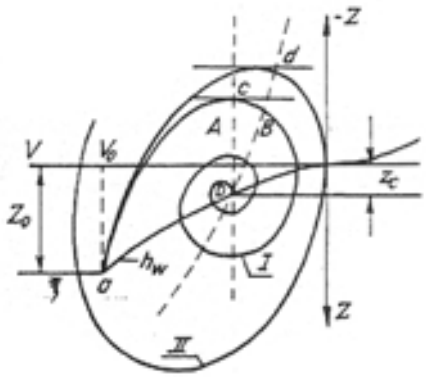
Sai số cho phép lấy theo (3-80) và (3-81).

Do ngay trong từng bước lặp tiếp theo đã lấy các giá trị trung bình để trung hòa sai số nên tốc độ hội tụ nhanh hơn.

3.2.7. Điều kiện làm việc ổn định của hệ thống dẫn nước áp lực có tháp điều áp

3.2.7.1. Khái niệm

Biên độ dao động mực nước trong tháp điều áp phụ thuộc vào trị số chênh lệch lưu lượng ban đầu và cuối quá trình điều chỉnh $|Q_o - Q_c|$ và tổn thất cột nước trong toàn hệ thống. Trong các tính toán đã trình bày trên, xem lưu lượng điều chỉnh cuối là một chỉ số nhất định Tùy theo N_c không phụ thuộc vào biên độ Z.



Hình 3-37. Đồ thị dao động trong hệ thống đường dẫn - TĐA

I- ổn định; II- không ổn định

Trong thực tế, các tổ máy thủy điện đều làm việc với hệ thống điều chỉnh tự động, các hệ thống này luôn cố gắng đảm bảo cho công suất cuối N_c nhất định, nên lưu lượng cuối Q_c biến đổi tương ứng với biến đổi cột nước trong quá trình, tức là phụ thuộc vào biên độ Z. Do phải đảm bảo điều kiện này mà hệ thống tự động điều chỉnh turbin có thể làm cho dao động trong hệ thống đường dẫn có tháp điều áp không những không tắt mà biên độ dao động tăng dần. Điều này rất nguy hiểm vì từ dao động nhỏ có

thể dẫn đến biên độ dao động quá lớn, turbin không thể điều chỉnh được và mực nước trong tháp điều áp có thể vượt ra khỏi phạm vi khống chế của công trình. (Trên đồ thị hình 3-37 thể hiện quan hệ Z = f(V) của trường hợp dao động ổn định và không ổn định).

Để khống chế không xảy ra hiện tượng trên cần phải tính toán tiết diện của tháp điều áp sao cho mọi hoạt động trong quá trình điều chỉnh phải tắt dần. Sau đây sẽ phân tích cụ thể quá trình điều chỉnh này.

3.2.7.2. Điều kiện ổn định sóng trong tháp điều áp của trạm thủy điện làm việc độc lập

Đặc điểm của tháp điều áp làm việc độc lập là sau quá trình điều chỉnh nếu có sự chênh lệch công suất do dao động cột nước $N_t \neq N_c$ (N_c - công suất ổn định cuối cùng) máy điều tốc tự động sẽ hoạt động điều chỉnh lại ngay. Còn đối với trạm thuỷ điện làm việc trong hệ thống điện, phần công suất chênh lệch này toàn bộ hệ thống sẽ đảm nhận, tổ máy chỉ đảm nhận một phần.

Giả thiết tại thời điểm t bất kỳ, mực nước trong tháp điều áp trong khi đang dao động, chênh lệch với mực nước ổn định là ΔZ. nó sẽ gây ra sự thay đổi cột nước và lưu lượng ΔH và ΔQ.

Từ phương trình cân bằng công suất:

$$Q_c(H_0 - h_c - h_{Tc})\eta_c = (Q_c \pm \Delta Q_T)(H_0 - h_c - h_T \mp \Delta H)\eta \qquad (3\text{-}82)$$

Trong đó:

H_0: Cột nước tĩnh:

h_c, h_{Tc}: Tổn thất cột nước ứng với lưu lượng ổn định cuối cùng Q_c trong đường hầm trước tháp điều áp và trong ống dẫn nước turbin sau tháp điều áp;

h_T: Tổn thất cột nước ứng với lưu lượng ổn định cuối cùng $Q_c \pm \Delta Q_T$ trong ống dẫn nước turbin sau tháp điều áp;

η_c, η: Hiệu suất turbin ở chế độ ổn định sau điều chỉnh, tương ứng Q_c và lưu lượng tại thời điểm tính toán $Q_c \pm \Delta Q_T$.

Thay: $h_T = k_T (Q_c + \Delta Q_T)^2 = h_{Tc} (1+\Delta Q_T/Q_c)^2 \approx h_{Tc} (1+2\Delta Q_T/Q_c$ vào (3-82) với giả thiết tháp điều áp hình trụ và bỏ qua sự biến đổi của hiệu suất turbin và bỏ qua vô cùng bé bậc cao (bậc hai) ta có:

$$\Delta Q = \frac{Q_c \Delta Z}{H_0 - h_c - 3h_{Tc}} \qquad (3\text{-}83)$$

Xét hệ phương trình (3-65), (3-67) cho tháp điều áp hình trụ, thay $V=V_c+\Delta V$; $Z - h_c = \Delta Z$; $Q_T = Q_c + \Delta Q_T$; $Q_c = fV_c$ và $h_w = k (V_c + \Delta V)^2 \approx k (V_c+2V_c\Delta V) = h_c +2kV_c\Delta V$ ta có:

$$\frac{d(\Delta V)}{dt} = \frac{g}{L}(\Delta Z - 2kV_c\Delta V) \qquad (3\text{-}83^*)$$

$$\Delta V = \frac{1}{f}\left[\Delta Q_T - F\frac{d(\Delta Z)}{dt}\right] \qquad (3\text{-}83^{**})$$

Thay (3-83) vào (3-83**), lấy đạo hàm theo t và thay vào (3-83*) với d(ΔZ) = dZ ta có:

$$\frac{d^2(\Delta Z)}{dt^2} + m\frac{d(\Delta Z)}{dt} + p\Delta Z = 0 \qquad (3\text{-}84)$$

Trong đó: $m=V_c\left[\frac{2gk}{L} - \frac{f}{F(H_0 - h_c - 3h_{Tc})}\right]$ (3-85)

$$p = \frac{gf}{LF}\left(1 - \frac{2h_c}{H_0 - h_c - 3h_{Tc}}\right) \quad (3\text{-}86)$$

Phương trình (3-109) là phương trình vi phân tuyến tính bậc hai thuần nhất hệ số hằng với phương trình đặc trưng:

$$\beta^2 + m\beta + p = 0 \quad (3\text{-}87)$$

Khi $p < \frac{m^2}{4}$ phương trình (3-112) có hai nghiệm thực riêng biệt $\beta_{1,2}$:

$$\beta_{1,2} = -\frac{m}{2} \pm \sqrt{\frac{m^2}{4} - P} \quad (3\text{-}88)$$

và phương trình (3-109) có nghiệm tổng quát

$$\Delta Z = C_1 e^{\beta_1 t} + C_2 e^{\beta_2 t} \quad (3\text{-}89)$$

Từ (3-113), (3-114) cho thấy rằng:

$P < 0 \Rightarrow \beta_1 > 0$ và $\beta_2 < 0$, khi $t \to \infty$, $\Delta Z \to \infty$ mực nước tăng dần.

$P = 0 \Rightarrow \beta_1 = 0$ và $\beta_2 < 0$, khi $t \to \infty$, $\Delta Z \to C_1$ dao động không tắt.

$m^2/4 > p > 0 \Rightarrow \beta_1 < 0$ và $\beta_2 < 0$ khi $t \to \infty$, $\Delta Z \to 0$ dao động tắt dần.

Khi $p = \frac{m^2}{4}$ phương trình (3-87) có một nghiệm kép $\beta_1 = \beta_2 = -\frac{m}{2}$ và phương trình (3-84) có nghiệm tổng quát:

$$\Delta Z = e^{\beta t}(C_1 + C_2) \quad (3\text{-}90)$$

Từ (3-90) cho thấy rằng:

$m \le 0 \Rightarrow \beta > 0$; khi $t \to \infty$, $\Delta Z \to \propto$ mực nước tăng dần.

$m > 0 \Rightarrow \beta < 0$; khi $t \to \infty$, $\Delta Z \to 0$ dao động tắt dần.

Khi $p > \frac{m^2}{4}$ phương trình (3-87) có hai nghiệm phức:

$$\beta_{1,2} = -\frac{m}{2} \pm i\sqrt{p - \frac{m^2}{4}}$$

và phương trình (3-84) có nghiệm tổng quát:

$$\Delta Z = e^{-\frac{m}{2}t}\left[C_1 \cos\left(\sqrt{p - \frac{m^2}{4}}\right)t + C_2 \sin\left(\sqrt{p - \frac{m^2}{4}}\right)t\right] \quad (3\text{-}91)$$

Từ (3-85) cho thấy rằng:

$m < 0 \Rightarrow$ khi $t \to \infty$, $\Delta Z \to \infty$ dao động tắt dần.

$m = 0 \Rightarrow$ ……. dao động hình sin không tắt.

$m > 0 \Rightarrow$ khi $t \to \infty$, $\Delta Z \to 0$ dao động hình sin tắt dần.

Từ các tính toán trên đưa đến kết luận: Trong các trường hợp với $p > 0$ và $m > 0$, dao động luôn luôn tắt dần, khi đó:

Từ biểu thức (3-85) với $m > 0$ sẽ có $\frac{2gk}{L} = \frac{f}{F(H_0 - h_c - 3h_{Tc})} > 0$

www.vncold.vn

$$F > F_{gh} = \frac{fL}{2gk\left(H_0 - h_c - 3h_{Tc}\right)} \qquad (3\text{-}92)$$

Cũng vậy với p > 0, từ (3-111), sẽ có $1 - \frac{2h_c}{H_0 - h_c - 3h_{Tc}} > 0$, từ đó:

$$h_c + h_{Tc} < \frac{H_0}{3} \qquad (3\text{-}93)$$

Công thức trên là tính với giả thiết rằng hiệu suất turbin không thay đổi trong quá trình dao động. Thực tế khi cột nước làm việc thay đổi với trị số ΔH, hiệu suất turbin sẽ thay đổi một trị số Δη. Sự thay đổi này có thể tính được từ đường đặc tính turbin.

Khi đó tiết diện giới hạn của tháp điều áp sẽ bằng:

$$F_{gh} = \frac{fL(1+\theta)}{2gk\left[H_0 - h_c - (3+2\theta)h_{Tc}\right]} \qquad (3\text{-}94)$$

Trong đó: $\theta = \frac{H_0 - h_c - h_{Tc}}{\eta_c}\frac{\Delta\eta}{\Delta H}$; $\theta = 0{,}15 \div 0{,}20$

Do đó diện tích tiết diện tháp điều áp được chọn F = (1,05 ÷1,10) F_{gh}

3.2.7.3. Trạm thuỷ điện làm việc trong hệ thống

Tiết diện tháp điều áp (F) theo công thức sau:

$$F > F_{gh}\frac{3\varepsilon - 1}{2} \qquad (3\text{-}95)$$

Trong đó:

F_{gh}: Tiết diện của tháp điều áp trong trường hợp TTĐ làm việc độc lập nói trên;

ε: Tỷ số công suất của trạm so với công suất của hệ thống: $\varepsilon = N_{trạm}/N_{hệ\ thống}$.

3.2.8. Lựa chọn loại và kích thước tháp điều áp

Trong thiết kế, việc lựa chọn loại và kích thước tháp điều áp không thể tách rời với việc lựa chọn các bộ phận công trình trên hệ thống đường dẫn và nhà máy thủy điện. Kết cấu và kích thước tháp điều áp ảnh hưởng tới trị số áp lực nước va và áp lực nước trong đường hầm dẫn nước trước tháp điều áp.

Trong thực tế, kích thước tháp điều áp ít ảnh hưởng tới đường kính kinh tế của đường ống dẫn nước turbin, do đó khi xác định hình thức kết cấu và kích thước tháp điều áp chỉ cần xét tới sự ảnh hưởng của chúng tới vốn xây dựng đường hầm trước tháp.

Các đại lượng biến đổi có ảnh hưởng tới vốn xây dựng công trình là biên độ dao động mực nước lớn nhất Z_{max}, nhỏ nhất Z_{min} và tiết diện. Tiết diện này phải bảo đảm điều kiện $F > F_{gh}$. Mực nước cao nhất và thấp nhất trong tháp điều áp xác định áp lực nước trong đường hầm dẫn nước trước tháp và vì thế quyết định vốn xây dựng đường hầm.

Tiêu chuẩn đánh giá khi so sánh các phương án tháp điều áp là:

$$C_{hầm} + C_{tháp} = \min$$

Chi phí tính toán năm của đường hầm $C_{hầm}$ tăng khi tăng Z_{max}, Z_{min} do tăng áp lực nước trong chúng. Nhưng đối với tháp điều áp thì ngược lại, tăng Z_{max}, Z_{min} có nghĩa là diện tích F giảm và do đó giảm vốn xây dựng nó (chi phí tính toán năm $C_{tháp}$). Kinh nghiệm thực tế cho thấy Z_{max} kinh tế thường trong khoảng 3 ÷ 6 m.

Thông thường với tháp điều áp hai ngăn mà địa chất là đá thì ngăn trên bố trí trong khối đào hở trên mặt đất, với tháp điều áp để hở hoàn toàn trên mặt đất thì thường sử dụng loại có lõi trong và làm bằng bê tông cốt thép.

3.2.9. Tính toán kết cấu của tháp điều áp

3.2.9.1. Tổ hợp tải trọng

Chủ yếu tính với ba trường hợp sau:

- Mực nước trong tháp điều áp cao nhất, do đó áp lực nước và trọng lượng nước trong tháp điều áp là lớn nhất.

- Mực nước trong tháp điều áp thấp nhất, do đó áp lực bên ngoài cao nhất hoặc áp lực vữa phun cùng với áp lực chủ động của nham thạch quanh tháp điều áp và lực đẩy lên từ dưới đáy là cao nhất.

- Những trường hợp trên cộng thêm ứng lực nhiệt độ và co ngót trong những trường hợp đó. Tính toán kết cấu tháp điều áp chủ yếu là tính phần thân đứng và tấm đáy.

3.2.9.2. Tính toán phần thân đứng

Phần thân đứng là một ống rỗng, với trường hợp kiểu ngầm tính toán thường phức tạp hơn. Dưới đây giới thiệu cách tính khi giếng đặt ngầm trong nham thạch.

Thân giếng có thể đặt khe co dãn ngang. Giữa thân đứng và tấm đáy thường nối cứng, rất ít khi nối bản lề, bởi khi đó làm vật chắn nước rất phức tạp.

a) Nguyên lý và công thức tính toán

Tính với trường hợp thân đứng và tấm đáy nối cố định. Độ dày thân lấy bằng nhau theo suốt chiều cao.

Các ký hiệu và công thức tính toán như sau:

R: Bán kính tính đến giữa bề dày thân (m);

t: Độ dày thân (m);

k: Hệ số kháng đàn tính của nham thạch (T/m^3);

p: Cường độ áp lực nước bên trong hoặc bên ngoài, quy định áp lực nước bên trong lấy dấu dương (T/m^2);

φ: Biến vị của thân đứng dưới tác dụng của ngoại lực, quy định hướng ra ngoài là dương (m).

γ: Trọng lượng riêng của nước (T/m^3);

D: Độ cứng chống uốn của thân:

$$D = \frac{1}{12\left(1-\mu^2\right)}E.t^3$$

μ: Hệ số Poat xông của bê tông;

E: Mô đun đàn tính của bê tông;

x: Toạ độ tính từ điểm tính toán đến tấm đáy, hướng lên là dương (m);

H: Toàn bộ chiều cao thân đứng (m);

β: Thông số tham biến tính bằng công thức:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{Et + kR^2}{4R^2D}} = \sqrt[4]{\frac{K}{4D}}$$

Hoặc lấy K = hệ số kháng đàn tính tính đổi:

$$K = \frac{Et}{R^2} + K$$

M: Mô men uốn trên đơn vị chiều dài (Tm/m);

V: Lực cắt trên đơn vị chiều dài (T/m)

T: Lực hướng vòng trên đơn vị chiều dài, lấy lực kéo là dấu dương (T/m).

Mô men M_0 và lực cắt V_0 ở đáy thân đứng tính như sau:

- Khi chịu tác dụng của áp lực nước bên trong:

$$M_0 = \frac{-\gamma.HR\,t}{\sqrt{12(1-\mu^2)}}\sqrt{\frac{E\,t}{Et+kR^2}}\left(1-\frac{1}{\beta H}\right) \qquad (3\text{-}96)$$

$$V_0 = \frac{+\gamma.Rt}{\sqrt{12(1-\mu^2)}}\sqrt{\frac{Et}{Et+kR^2}}(2\beta H-1) \qquad (3\text{-}97)$$

Nếu mực nước trong tháp điều áp còn cách miệng thân một đoạn d thì thay trị số H trong công thức bằng (H-d).

- Khi chịu tác dụng của áp lực nước bên ngoài, lúc này nham thạch không sinh ra kháng lực đàn tính (k = 0) và công thức tính như sau:

$$M_0 = \frac{+\xi.HRt}{\sqrt{12(1-\mu^2)}}\left(1-\frac{1}{\beta H}\right) \qquad (3\text{-}98)$$

$$V_0 = \frac{-\xi.Rt}{\sqrt{12(1-\mu^2)}}(2\beta H-1) \qquad (3\text{-}99)$$

Trong đó:

ξ: Tỷ lệ nước trong tầng nham thạch. Công thức trên chưa xét đến ảnh hưởng của tấm đáy, thực tế do ảnh hưởng của tấm đáy phải tính như sau:

$$M'_0 = M_0 + M'; \quad V'_0 = V_0 + V'$$

Trong đó: M' và V' - thành phần do ảnh hưởng của tấm đáy gây nên và tính toán ở phần dưới. Mômen, lực cắt, độ dốc và biến vị tại mặt cắt có tọa độ x tính từ đáy:

$$M_x = M_0\phi(\beta x) + \frac{V_0}{\beta}\zeta(\beta x) \qquad (3\text{-}100)$$

$$V_x = -2\beta M_0\zeta(\beta x) + V_0\psi(\beta x) \qquad (3\text{-}101)$$

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{\gamma}{K} + \frac{1}{2\beta^2 D}\left[2\beta M_0\theta(\beta x) + V_0\psi(\beta x)\right] \qquad (3\text{-}102)$$

$$y = +\frac{M}{K} - \frac{1}{\beta^2 D}\left[\beta M_0\psi(\beta x) + V_0\theta(\beta x)\right] \qquad (3\text{-}103)$$

Trong đó các hàm số $\phi(\beta x)$, $\zeta(\beta x)$, $\psi(\beta x)$ và $\theta(\beta x)$ tính như sau:

$$\phi(\beta x) = e^{-\beta x}(\cos\beta x + \sin\beta x)$$

$$\xi(\beta x) = e^{-\beta x}\sin\beta x$$

$$\psi(\beta x) = e^{-\beta x}(\cos\beta x - \sin\beta x)$$

$$\theta(\beta x) = e^{-\beta x}\cos\beta x$$

Lực hướng vòng trên đơn vị chiều dài tính theo công thức:

www.vncold.vn

$$T = \frac{2t}{R} y \qquad (3\text{-}104)$$

b) Tính cường độ chống uốn, chống đẩy, hệ số tương hỗ của thân đứng

Mô men uốn làm cho đáy thân phát sinh một góc quay đơn vị gọi là cường độ chống uốn. Giả thiết thân đứng cao vô hạn, dưới tác dụng của mô men uốn M_0 và lực cắt V_0, đáy giếng sinh ra góc quay đơn vị $[dy/dx]_{(x=0)} = 1$ và không có chuyển vị ngang (hình 3-38a).

Khi đó sẽ có:

$$M_0 = +2\beta D \qquad (3\text{-}405)$$

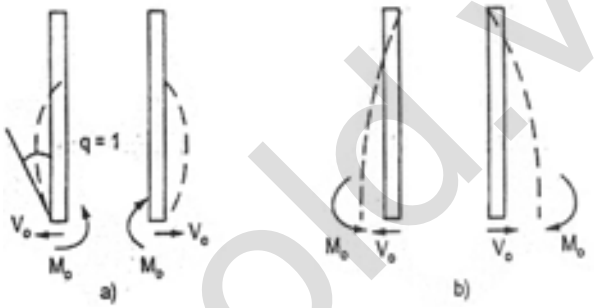
Trị số này gọi là cường độ chống uốn.

Dấu dương là biểu thị mômen dương và hướng của góc quay dương là giống nhau.

$$V_0 = -2\beta^2 D \qquad (3\text{-}106)$$

Dấu âm (-) biểu thị lực cắt hướng ra ngoài. Trị số V_0 gọi là hệ số tương hỗ.

Nếu cho đáy tháp sinh ra chuyển vị ngang đơn vị y =1 và không có chuyển vị quay (dy/dx = 0) như hình 3-131. Khi đó mô men và lực cắt ở đáy:



Hình 3-38. Mômen M_0 và lực cắt V_0 tác dụng;
a- khi đáy có góc quay đơn vị. b- khi đáy có chuyển vị đơn vi

$$M_0 = +2\beta^2 D \qquad (3\text{-}107)$$

$$V_0 = -4\beta^3 D \qquad (3\text{-}108)$$

Ở đây V_0 gọi là cường độ chống đẩy, M_0 là hệ số tương hỗ

3.2.9.3. Các bước tính toán phần thân cứng

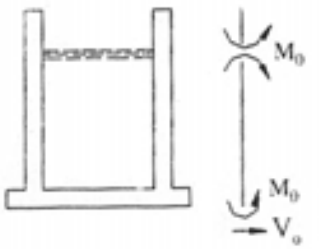
Dùng công thức (3-98) và (3-99) tính mô men và lực cắt ở đầu cố định của đáy thân.

Xét ảnh hưởng của tấm đáy, sau khi đã tính toán để tính lại mômen và lực cắt ở đáy thân.

Dùng công thức (3-100), (3-101), (3-102), (3-103) và (3-104) tính toán mômen uốn, lực cắt, độ dốc biến vị và lực hướng vòng của các điểm dọc thành thân tháp.

Khi có nước trong tháp thì tại mặt nước tự do, thân tháp sẽ có một mô men uốn (hình 3-39)

$$M_\theta = \frac{\gamma\beta D}{K} \qquad (3\text{-}109)$$



Hình 3-39. Sơ đồ tính toán khi tháp chịu một phần áp lực nước bên trong

3.2.9.4. Tính toán tấm đáy

Đáy tháp là tấm tròn hoặc tấm hình vành khăn. Tính toán theo những trường hợp cụ thể sau:

a. Tính toán tấm đáy không xét đến lực kháng đàn tính của nham thạch.

Đó là trường hợp tấm đáy chịu áp lực nước bên ngoài

Tấm tròn bán kính là b, mép ngoài cố định, chịu tải trọng phân bố đều q (hình 3-40):

Gọi mô men hướng đường kính là M_r và mô men theo hướng tiếp tuyến là M_θ, các công thức tính toán như sau:

$$M_r = \frac{q}{16}\left[b^2(1+\mu) - r^2(3+\mu)\right] \quad (3\text{-}110)$$

$$M_\theta = \frac{q}{16}\left[b^2(1+\mu) - r^2(1+3\mu)\right] \quad (3\text{-}111)$$

Ở mép ngoài cùng, chỗ r = b:

$$M_{r(r=b)} = -\frac{q.b^2}{8} \quad (3\text{-}112)$$

$$M_{\theta(r=b)} = -\frac{\mu.q.b^2}{8} \quad (3\text{-}113)$$

- Tấm đáy tròn, không chịu tải trọng, mép ngoài chịu mô men uốn M:

Khi này q = 0, do đó:

$$M_r = -\frac{D(1+\mu)}{b}\theta \quad (3\text{-}114)$$

$$M_\theta = \frac{D(1+\mu)}{b}\theta \quad (3\text{-}115)$$

Trong đó: θ là góc quay giới hạn do M gây ra. Dấu âm là chỉ hướng quy định của mô men M và góc quay θ là ngược nhau.

- Tính toán tấm đáy hình vành khăn:

Mép ngoài gắn cố định, chịu tải trọng phân bố đều q (hình 3-40). Gọi a, b là bán kính trong và ngoài của tấm đáy, công thức tính:

$$M_r = -D\left[\frac{q.r^2}{16D}(3+\mu) + \frac{C_1}{2}(1+\mu) - \frac{C_2}{r^2}(1-\mu) + \frac{C_3}{2}\lg\frac{r}{e}(1+\mu) + \frac{C_3}{4}(1-\mu)\right] \quad (3\text{-}116)$$

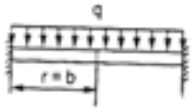
$$M_\theta = -D\left[\frac{q.r^2}{16D}(1+3\mu) + \frac{C_1}{2}(1+\mu) + \frac{C_2}{r^2}(1-\mu) + \frac{C_3}{2}\lg\frac{r}{e}(1+\mu) - \frac{C_3}{4}(1-\mu)\right] \quad (3\text{-}117)$$

Trong đó: C_1, C_2, C_3 được xác định từ phương trình sau:

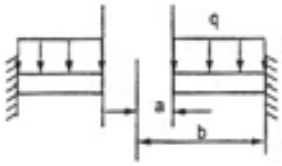
$$\frac{q}{64D}\left(a^4 - b^4\right) + \frac{C_3}{4}\left[a^2\left(\lg\frac{a}{e}\right) - b^2\left(\lg\frac{b}{e}\right)\right] + \frac{C_1}{4}\left(a^2 - b^2\right) + C_2\lg\frac{a}{b} = 0 \quad (3\text{-}118)$$

$$\frac{qa^3}{16D} + \frac{C_3.a}{2}\left(\lg\frac{a}{e} + \frac{1}{2}\right) + \frac{C_1.a}{2} + \frac{C_2}{a} = 0 \quad (3\text{-}119)$$

$$\frac{qb^3}{16D} + \frac{C_3.b}{2}\left(\lg\frac{b}{e} + \frac{1}{2}\right) + \frac{C_1.b}{2} + \frac{C_2}{b} = 0 \quad (3\text{-}120)$$



Hình 3-40. Sơ đồ tính toán tấm đáy tròng chịu tải trọng phân bổ đều



Hình 3-41. Sơ đồ tính toán tấm đáy hình vành khăn mép tấm gắn cố định

www.vncold.vn

b. Tính toán tấm đáy có xét đến lực kháng đàn tính của nham thạch

Khi tấm đáy chịu tải trọng hướng xuống, cần xét đến ảnh hưởng của kháng lực đàn tính của nền nham thạch. Phương pháp tính toán thường theo giả thiết Vikle tức là biến vị của một điểm dưới tấm đáy tỷ lệ thuận với kháng lực đàn tính tại điểm đó (hệ số tỷ lệ này là k')

- Tấm tròn:

Công thức tính mô men:

$$M_r = -ql^2\left[C_1Z_1''\left(\frac{r}{l}\right)+C_2Z'_2\left(\frac{r}{l}\right)+\frac{\mu l}{r}C_1Z'_1\left(\frac{r}{l}\right)+C_2Z''_2\left(\frac{r}{l}\right)\right] \qquad (3\text{-}121)$$

Ở mép ngoài cùng, chỗ r = b:

$$M_r = -ql^2\left\{C_1Z'_1\left(\frac{b}{l}\right)+C_2Z''_2\left(\frac{b}{l}\right)+\frac{\mu l}{b}\left[C_1Z_1''\left(\frac{b}{l}\right)+C_2Z'_2\left(\frac{b}{l}\right)\right]\right\} \qquad (3\text{-}122)$$

Trong đó: C_1, C_2 tính bằng công thức:

$$C_1Z_1(Z) + C_2Z_2(Z) + 1 = C_1Z_1\frac{b}{l}+C_2Z_2\left(\frac{b}{l}\right)+1=0 \qquad (3\text{-}123)$$

$$C_1Z'_1\left(\frac{b}{l}\right)+C_2Z'_2\left(\frac{b}{l}\right)=0 \qquad (3\text{-}124)$$

l: Tính từ công thức: $\frac{D'}{k'}=l^4$

D': Độ cứng tấm đáy, tính từ công thức: $D'=\frac{E.t'^3}{12.\left(1-\mu^2\right)}$

t': Độ dầy tấm đáy; Z = r/l;

Z_1, Z_2: Hàm số dưới hình thức cấp số của Z:

$$Z_1 = 1-\frac{Z^4}{2^4 2!^2}+\frac{Z^8}{2^8 4!^2}-... \qquad (3\text{-}125)$$

$$Z_2 = \frac{Z^2}{2^2 1!^2}-\frac{Z^6}{2^6 3!^2}+\frac{Z^{10}}{2^{10} 5!^2}... \qquad (3\text{-}126)$$

- Cường độ chống uốn của tấm đáy tròn:

Giả thiết trên tấm đáy không chịu tải trọng thẳng đứng, tức là q = 0, mà ven theo mép tấm đáy có mô men M_0 tác dụng. Khi đó độ cứng chống uốn, tức là mô men cần thiết làm cho mép tấm đáy sinh ra góc quay đơn vị:

$$S = -\frac{D'}{l}\left\{C_1Z'_1\left(\frac{b}{l}\right)+C_2Z''_2\left(\frac{b}{l}\right)+\frac{\mu.l}{a}\left[C_1Z_1(Z)+C_2Z'_2\left(\frac{b}{l}\right)\right]\right\} \qquad (3\text{-}127).$$

www.vncold.vn