

XÂY DỰNG THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN DAO ĐỘNG MỰC NƯỚC TRONG GIẾNG ĐIỀU ÁP CỦA TRẠM THỦY ĐIỆN

Nguyễn Thượng Bằng¹, Phạm Đức Cường²

Tóm tắt: Tính toán dao động mực nước trong giếng điều áp của trạm thủy điện khi thay đổi phụ tải là bài toán cơ bản trong giảng dạy và thiết kế các công trình thủy điện cột nước cao. Ở nước ta hiện nay, cơ bản bài toán đã được nghiên cứu và giải quyết về mặt lý thuyết nhưng với mức độ tự động hóa chưa cao. Do đó, nghiên cứu xây dựng thuật toán và chương trình tính toán dao động mực nước trong giếng điều áp của trạm thủy điện là cần thiết đồng thời cũng là nội dung của bài báo này.

Từ khóa: Dao động mực nước trong giếng điều áp

Summary: Calculation of the water level fluctuation in the surge tank of the hydro-power projects is the basic matter in training and design for high head hydro-power plant. At this time, in our country this problem has been basically researched in theory. But the automatical programme for calculation is still not completely developed. Therefore, the research on the algorithm and programme development for calculation of water level fluctuation in surge tank of hydro power project is necessary and also is the content of this article.

Keywords: Water level fluctuation in surge tank

Nhận ngày 12/8/2011, chỉnh sửa ngày 24/02/2012, chấp nhận đăng ngày 28/02/2012

1. Đặt vấn đề

Trong công tác tính toán và thiết kế các trạm thủy điện luôn phải giải quyết bài toán tính toán chế độ thủy lực trong trạng thái ổn định và trạng thái không ổn định ở các công trình dẫn nước như kênh hở, đường hầm, giếng điều áp, đường ống áp lực và kênh xả.

Đây là bài toán rất phức tạp. Về mặt cơ sở lý luận đã tương đối rõ ràng, đó là hệ phương trình vi phân cơ bản của dòng chảy (phương trình động lượng và phương trình liên tục), nhưng việc giải hệ phương trình này một cách sáng tạo và đạt mức độ chính xác yêu cầu thì còn phải tiếp tục nghiên cứu.

Riêng đối với chế độ không ổn định trong hệ thống đường dẫn nước, giếng điều áp (GĐA), đường ống áp lực, nhu cầu tự động hóa tính toán là rất cần thiết nhằm phục vụ công tác đào tạo, thiết kế, thẩm tra, kiểm định các công trình thủy điện. Bài báo này trình bày kết quả quá trình nghiên cứu xây dựng thuật toán tính toán dao động mực nước trong GĐA của trạm thủy điện.

2. Dao động mực nước trong GĐA - Hệ phương trình cơ bản

Xét bài toán dao động mực nước trong giếng điều áp như trong hình 1 với hai trường hợp: Trường hợp giảm phụ tải hoàn toàn và trường hợp tăng phụ tải hoàn toàn.

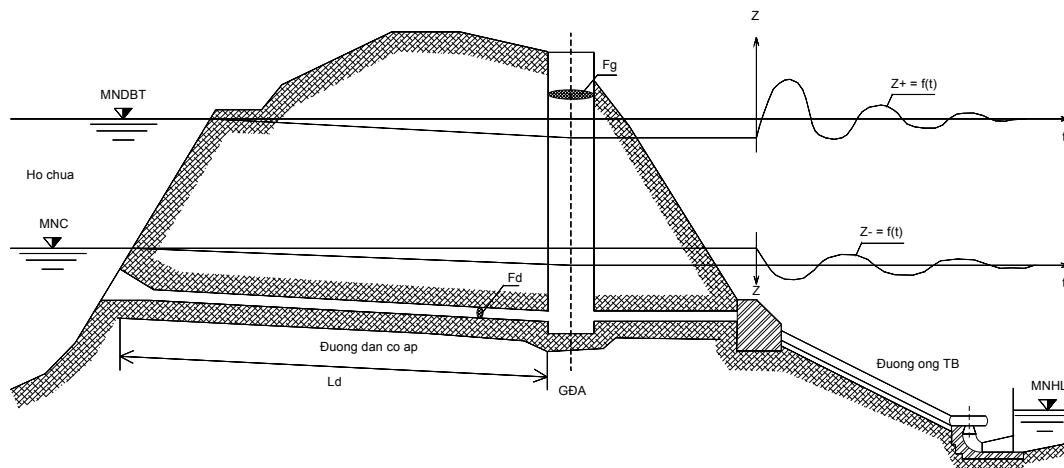
¹PGS.TS, Viện Khoa học và Công nghệ Công trình Thủy, Trường Đại học Xây dựng.

E-mail: dthd@viencitt.com

²KS, Viện Khoa học và Công nghệ Công trình Thủy, Trường Đại học Xây dựng.

2.1 Trường hợp giảm tải

Khi giảm tải đột ngột, lưu lượng qua tua bin giảm từ Q_0 xuống Q_t . 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 $\Delta Q = Q_0 - Q_t$ dồn vào GĐA, làm cho mực nước trong GĐA dâng lên dần, từ đó chênh lệch mực nước giữa thượng lưu (tại hồ chứa) và trong GĐA giảm dần. Nhưng do quán tính của dòng chảy, mực nước trong GĐA không dừng ở mực nước tương ứng với lưu lượng Q_t trong đường hầm mà vẫn tiếp tục dâng lên thậm chí cao hơn cả mực nước cân bằng với mực nước thượng lưu. Sau đó, để cân bằng về mặt thủy lực nước phải chảy ngược trở lại về thượng lưu, mực nước trong GĐA hạ xuống. Nhưng cũng do quán tính nó lại hạ xuống quá mức cân bằng và dòng chảy lại phải chảy vào giếng. Cứ như vậy, mực nước trong GĐA dao động theo chu kỳ và tắt dần do ma sát. Cuối cùng mực nước trong GĐA dừng ở mực nước ổn định mới ứng với lưu lượng Q_t . Đồ thị dao động mực nước trong GĐA là đường $Z+ = f(t)$. Trường hợp này trong thiết kế thường tính với mực nước thượng lưu cao nhất và cắt tải lớn nhất (thường là cắt toàn bộ công suất của nhà máy) để xác định mực nước cao nhất của giếng điều áp ($Z_{\max}$).



Hình 1. Đồ thị dao động mực nước trong GĐA

2.2 Trường hợp tăng tải

Khi lưu lượng qua tua bin tăng đột ngột mực nước trong GĐA hạ xuống đến trị số $Z_{\min}$ và cũng dao động theo chu kỳ và tắt dần ngược lại với trường hợp trên. Đồ thị dao động mực nước trong GĐA là đường $Z- = f(t)$.

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 GĐA ($Z_{\min}$).

2.3 Hệ phương trình vi phân cơ bản

a) Phương trình liên tục

Trong thời gian dt , lưu lượng nước TTĐ sử dụng Q phải bằng lưu lượng nước chảy từ đường dẫn có áp và giếng điều áp vào đường ống tua bin. Nếu như mực nước trong giếng điều áp hạ thấp với vận tốc dZ/dt thì lưu lượng chảy từ giếng điều áp sẽ là:

$$Q_{GDA} = F_g \cdot \frac{dZ}{dt} \quad (1)$$

do đó:

$$Q = v.F_d + F_g \cdot \frac{dZ}{dt} \quad (2)$$

trong đó Q là lưu lượng tức thời chảy vào tua bin; v là vận tốc tức thời trong đường hầm dẫn nước trước giếng điều áp; F_g là tiết diện giếng điều áp; F_d là tiết diện đường hầm dẫn nước trước giếng điều áp; Z là độ chênh mực nước ở giếng điều áp kể từ mực nước thủy tĩnh.

b) Phương trình động lượng

Trong trạng thái chuyển động không ổn định, Q_{tb} thay đổi làm cho vận tốc trong đường dẫn và mực nước trong giếng điều áp thay đổi.

Theo định luật II của Niuton ta có:

$$P = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad (3)$$

trong đó

$$P = (Z - h_w) \cdot \gamma \cdot f_{dh} \quad (4)$$

và

$$m = L_{dh} \cdot f_{dh} \cdot \frac{\gamma}{g} \quad (5)$$

Thay (4) và (5) vào (3) ta có:

$$(Z - h_w) \cdot \gamma \cdot f_{dh} \cdot dt = L_{dh} \cdot f_{dh} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot dv$$

$$Z = h_w + \frac{L}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \quad (6)$$

trong đó h_w là tổng tổn thất cột nước $h_w = h_d + h_c + h_g + h_v$

h_g là tổn thất cột nước khi nước chảy vào và ra khỏi GĐA

$$h_g = \xi_g \frac{Q_g \cdot |Q_g|}{2gF_g^2}$$

h_d là tổn thất ma sát dọc đường dẫn

$$h_d = \lambda \frac{L}{d} \frac{Q_d \cdot |Q_d|}{2gF_d^2}$$

h_c là tổn thất cục bộ tại đường dẫn

$$h_c = \xi_c \frac{Q_d \cdot |Q_d|}{2gF_d^2}$$

h_v là tổn thất cột nước lưu tốc trên đường dẫn

$$h_v = \frac{Q_d \cdot |Q_d|}{2gF_d^2}$$

Hai phương trình (2) và (6) là hệ phương trình cơ bản giúp ta giải quyết một cách tổng quát bài toán tính toán dao động mực nước trong giếng điều áp.

3. Xây dựng thuật toán tính dao động mực nước trong GĐA

3.1 Trường hợp cắt tải

- Giả sử cắt tải toàn bộ: ta có $Q_c^{TD} = 0$

- Tính chu kỳ dao động: $T = 2\pi \sqrt{\frac{L_d F_g}{g F_d}}$ (s)

- Chọn bước thời gian: $\Delta t = \frac{T}{25} \div \frac{T}{50}$ cho đến $\Delta t = \frac{T}{1000}$ (s)

- Hệ phương trình sai phân tổng quát:

$$\Delta Q_d = \Delta t \frac{g F_d}{L_d} (Z - h_{tt}) \quad (7)$$

$$\Delta Z = \Delta t \frac{1}{F_g} (Q_c^{TD} - Q_d) \quad (8)$$

Thay giả thiết $Q_c^{TD} = 0$ vào (8) ta được hệ phương trình sai phân trong trường hợp trạm thủy điện đóng tức thời hoàn toàn:

$$\Delta Q_d = \Delta t \frac{g F_d}{L_d} (Z - h_{tt}) \quad (9)$$

$$\Delta Z = -\Delta t \frac{1}{F_g} (Q_d) \quad (10)$$

Khai triển ra ta có:

$$Q_{d,t+1} = Q_{d,t} + \Delta t \frac{g F_d}{L_d} (Z_{t+1} - h_{tt,t+1}) \quad (11)$$

$$Z_{t+1} = Z_t - \Delta t \frac{Q_{d,t+1}}{F_g} \quad (12)$$

3.2 Trường hợp tăng tải

- Giả sử tăng tải toàn bộ: ta có $Q_c^{TD} = Q_{\max}^{TD}$

- Tính chu kỳ dao động: $T = 2\pi \sqrt{\frac{L_d F_g}{g F_d}}$ (s)

- Chọn bước thời gian: $\Delta t = \frac{T}{25} \div \frac{T}{50}$ (s)

- Hệ phương trình sai phân tổng quát:

$$\Delta Q_d = \Delta t \frac{g F_d}{L_d} (Z - h_w)$$

$$\Delta Z = \Delta t \frac{1}{F_g} (Q_c^{TD} - Q_d)$$

Thay giả thiết $Q_c^{TD} = Q_{\max}^{TD}$ vào (8) ta được hệ phương trình sai phân trong trường hợp trạm thủy điện mở hoàn toàn tức thời:

$$\Delta Q_d = \Delta t \frac{g F_d}{L_d} (Z - h_w) \quad (13)$$

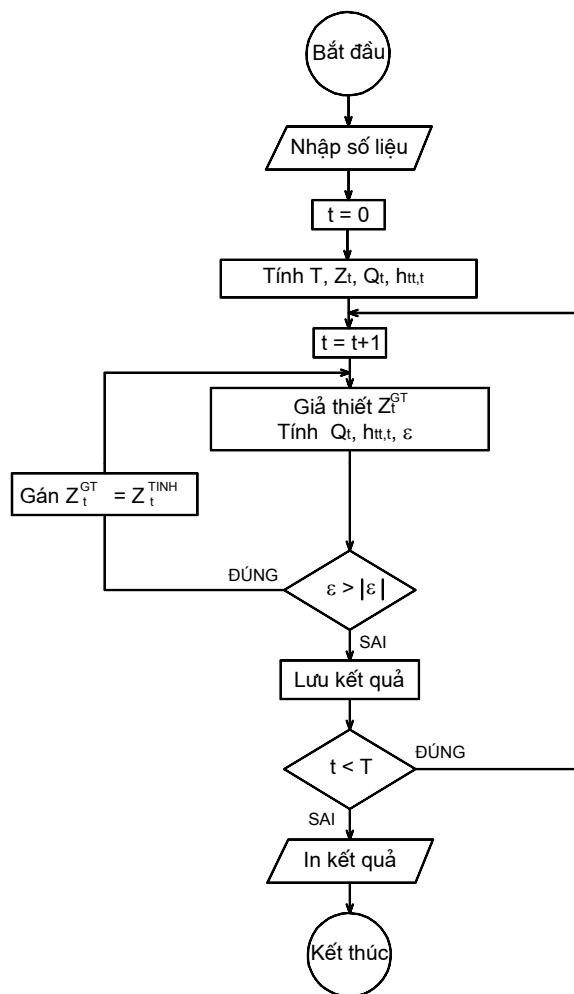
$$\Delta Z = \Delta t \frac{1}{F_g} (Q_{\max}^{TD} - Q_d) \quad (14)$$

Khai triển ra ta có:

$$Q_{d,t+1} = Q_{d,t} + \Delta t \frac{g F_d}{L_d} (Z_{t+1} - h_{w,t+1}) \quad (15)$$

$$Z_{t+1} = Z_t + \Delta t \frac{1}{F_g} (Q_{\max}^{TD} - Q_{d,t+1}) \quad (16)$$

Thuật toán tính toán dao động mực nước trong giếng điều áp trong trường hợp cắt tải và tăng tải được minh họa trong sơ đồ khối hình 2.



Hình 2. Sơ đồ thuật toán tính toán dao động mực nước trong GĐA

4. Viết chương trình và kiểm định

4.1 Viết chương trình tính dao động mực nước trong GĐA

Trên cơ sở thuật toán đã nêu, Chương trình tính toán thủy lực dòng có áp biến đổi gấp dọc tuyến năng lượng công trình thủy điện - Unsteady Tunnel 2011 đã được các tác giả xây dựng và viết trên nền tảng ngôn ngữ Visual Basic.NET.

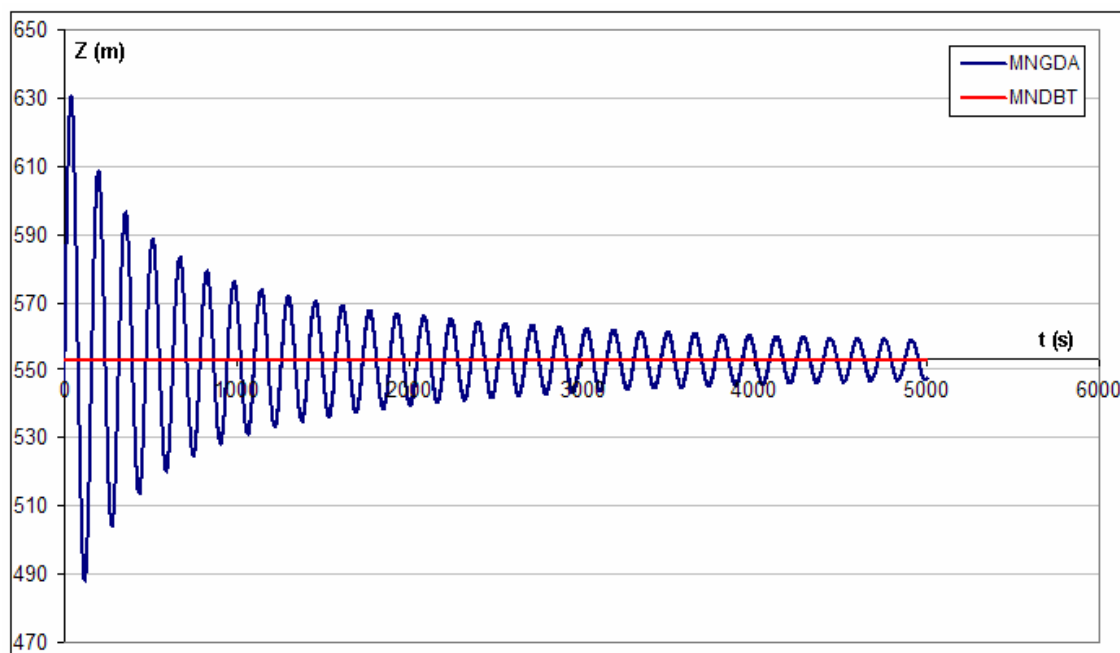
4.2 Kiểm định chương trình

Chương trình “Unsteady Tunnel 2011” được sử dụng tính dao động mực nước trong GĐA của TTĐ A Lưới và đây được coi là một bước kiểm định. Kết quả tính toán nước va và dao động mực nước trong GĐA của TTĐ A Lưới cho trong bảng 1. Kết quả tính toán của đề tài tương tự với kết quả tính toán của tư vấn thiết kế công trình thủy điện A Lưới trước đây.

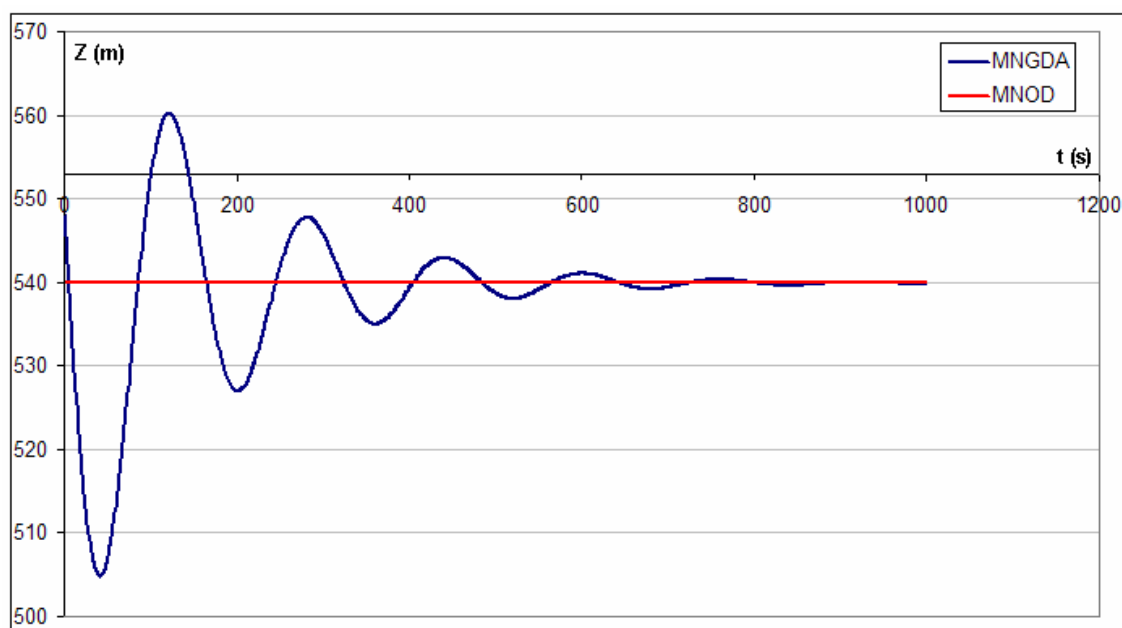
Bảng 1. Kết quả tính toán nước va và dao động mực nước trong GĐA của TTĐ A Lưới

Tổ hợp	Kết quả Tư vấn thiết kế				Kết quả chạy chương trình			
	Nước va tại cuối ống (m)		Mực nước trong GĐA (m)		Nước va tại cuối ống (m)		Mực nước trong GĐA (m)	
	Z_{vmax}	Z_{vmin}	$Z_{th max}$	$Z_{th min}$	Z_{vmax}	Z_{vmin}	$Z_{th max}$	$Z_{th min}$
1	657,65		628,67	491,34	659,65		630,21	488,38
2		491,46	556,82	502,15		494,13	560,15	504,93

Đồ thị dao động mực nước trong giếng điều áp của Trạm Thủy điện A Lưới khi giảm phụ tải (hình 3) và tăng phụ tải (hình 4) cho thấy quá trình dao động là tắt dần ở trạng thái mực nước ổn định. Điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết và kết quả nghiên cứu về giếng điều áp của Trạm Thủy điện A Lưới trước đây.



Hình 3. Đồ thị dao động mực nước trong GĐA thủy điện A Lưới (Trường hợp giảm tải)



Hình 4. Đồ thị dao động mực nước trong GĐA thủy điện A Lưới (Trường hợp tăng tải)

5. Kết luận

Thuật toán tính toán dao động mực nước trong giếng điều áp của trạm thủy điện là một phần kết quả nghiên cứu bài toán tổng hợp về xây dựng thuật toán và phần mềm tính toán thủy lực trạng thái không ổn định dọc tuyến năng lượng các công trình thủy điện ở Việt Nam.

Trước mắt, chương trình tính toán dao động mực nước trong giếng điều áp của trạm thủy điện có thể sử dụng trong giảng dạy và đào tạo kỹ sư, thạc sĩ chuyên ngành xây dựng công trình thủy. Ngoài ra, chương trình hoàn toàn có thể được sử dụng trong công tác thiết kế và thẩm định các công trình thủy điện cột nước cao.

Tuy vậy, các tác giả cũng thấy rằng, các chương trình tính toán của mình cần được tiếp tục nghiên cứu và cải tiến về mặt thuật toán để nâng cao độ chính xác của lời giải nhằm đáp ứng tốt hơn nữa yêu cầu của thực tế.

Tài liệu tham khảo

1. Hoàng Đình Dũng, Phạm Hồng Nhật, Vũ Hữu Hải, Nguyễn Thượng Bằng (1991), *Trạm thủy điện - Các công trình trên tuyến năng lượng*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải Hà Nội.
2. Hồ Sỹ Dự, Nguyễn Duy Hạnh, Huỳnh Tấn Lượng, Phan Kỳ Nam (2003), *Công trình trạm thủy điện*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
3. P.G. Kixelep (1984), *Sổ tay tính toán thủy lực* (Lưu Công Đào, Nguyễn Tài dịch từ tiếng Nga), Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
4. Emil Mosonyi (1987), *Low-Head power plants*. Akademiai Kiadó Budapest.