

THIẾT KẾ XÂY DỰNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN BẰNG MÁY TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ TỰ ĐỘNG

Nguyễn Hà¹, Lê Anh Cường²

¹Trường Đại học Mở - Địa chất

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Dưới sự tác động liên tục của các yếu tố ngoại cảnh như lũ lụt, động đất, sự xuống cấp về chất lượng của công trình thì việc quan trắc theo chu kỳ không đáp ứng được yêu cầu cảnh báo dịch chuyển công trình tức thời. Bài báo có nội dung trình bày về công tác thiết kế xây dựng hệ thống tự động quan trắc chuyển dịch ngang đối với đập thủy điện tại nhà máy thủy điện Hòa Bình. Giải pháp thiết kế hệ thống tự động quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử tự động từ nhiều trạm máy khác nhau và kết quả ước tính cho thấy hoàn toàn có thể áp dụng vào thực tế sản xuất, góp phần mở rộng khả năng ứng dụng tự động hóa để quan trắc chuyển dịch ngang công trình theo thời gian thực.

Từ khóa: Chuyển dịch ngang; Hệ thống tự động quan trắc; Toàn đạc điện tử tự động.

Abstract

Design and construction of automatic system for monitoring horizontal displacements of hydraulic structures by automatic electronic total station

With the constant impact of external factors such as floods, earthquakes, deterioration in the quality of structures, periodic monitoring of deformations does not meet the requirement of immediate warning of movement. The article presents the design and construction of automatic system for monitoring horizontal displacements for hydroelectric dams at Hoa Binh hydropower plant. The solution to design an automatic monitoring system by automatic total stations from many different stations and the estimated results showed that it can be completely applied to production, contribute to expanding the application of automation to monitor the horizontal movement of the building in real time.

Keywords: Horizontal displacements; Automatic monitoring system; Automatic electronic total station

1. Đặt vấn đề

Các công trình thủy điện liên quan mật thiết tới kinh tế, đời sống an sinh xã hội của cả một vùng rộng lớn. Khi có sự cố xảy ra đối với công trình thủy điện sẽ ảnh hưởng trực tiếp tới hoạt động sản xuất kinh tế cũng như tính mạng của con

người trong cả những khu vực lân cận công trình. Chính vì vậy việc cảnh báo liên tục thường xuyên đối với những biến dạng của công trình thủy điện là vô cùng quan trọng và cấp thiết. Hiện tại ở nước ta công tác quan trắc chủ yếu sử dụng công nghệ đo truyền thống với chu kỳ theo

tháng, năm hoặc quý. Đối với những công tác quan trắc biến dạng truyền thống hiện nay đang sử dụng không thể thông báo kịp thời những biến dạng của công trình khi xảy ra sự cố. Nhờ các tiến bộ về công nghệ chế tạo, thông tin truyền thông, máy tính và phần mềm xử lý, yêu cầu cần có thông tin tức thời, chính xác về chuyển dịch công trình thủy điện được giải quyết bằng công nghệ: quan trắc biến dạng tự động bằng máy toàn đạc điện tử tự động.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Hệ thống lưới quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện

2.1.1. Cấu trúc hệ thống lưới mặt bằng quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện

Để thực hiện quan trắc chuyển dịch ngang công trình cần phải xây dựng một mạng lưới khống chế với 2 loại điểm mốc:

Hệ thống mốc loại 1 được xây dựng tại các vị trí cố định bên ngoài phạm vi ảnh hưởng chuyển dịch của công trình, các mốc này có tác dụng là cơ sở tọa độ gốc cho toàn bộ công tác quan trắc và được gọi là mốc khống chế cơ sở. Yêu cầu đối với điểm mốc khống chế là phải có vị trí ổn định trong suốt quá trình quan trắc.

Hệ thống mốc loại 2 là các mốc gắn trên tường vữa, cùng chuyển dịch với công trình và được gọi là mốc quan trắc.

Trong mỗi chu kỳ quan trắc cần thực hiện các phép đo để xác định vị trí tương đối giữa các điểm mốc khống chế nhằm kiểm tra và đánh giá độ ổn định của các mốc đó, như vậy sẽ tạo thành một bậc lưới được gọi là lưới khống chế. Đồ hình đo nối giữa hệ thống mốc quan trắc với các mốc khống chế tạo ra bậc lưới thứ 2, được gọi là bậc lưới quan trắc.

2.1.2. Yêu cầu độ chính xác các bậc lưới quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện

Yêu cầu độ chính xác đối với các cấp lưới trong quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện được xác định trên cơ sở yêu cầu độ chính xác chuyển dịch. Giá trị của sai số giới hạn này (ký hiệu là m_q) thường được đưa ra trong bản thiết kế kỹ thuật công trình. Yêu cầu sai số xác định chuyển dịch và sai số trung phương vị trí điểm yếu đối với các cấp lưới được xác định theo các công thức sau:

- Đối với lưới cơ sở:

$$m_{qCS} = \frac{m_q}{\sqrt{1+k^2}} \quad (1)$$

$$m_{PCS} = \frac{m_q}{\sqrt{2(1+k^2)}} \quad (2)$$

- Đối với lưới quan trắc:

$$m_{qQT} = \frac{k.m_q}{\sqrt{1+k^2}} \quad (3)$$

$$m_{PQT} = \frac{k.m_q}{\sqrt{2(1+k^2)}} \quad (4)$$

Trong đó: m_q - Độ chính xác yêu cầu quan trắc chuyển dịch ngang;

m_{qCS}, m_{qQT} - Yêu cầu sai số xác định chuyển dịch lưới khống chế cơ sở và lưới quan trắc;

m_{PCS}, m_{PQT} - Yêu cầu sai số trung phương vị trí điểm yếu lưới khống chế cơ sở và lưới quan trắc;

k là hệ số giảm độ chính xác giữa 2 cấp lưới (thông thường $k = 2 \div 3$).

Bảng 1. Yêu cầu độ chính xác quan trắc chuyển dịch công trình

TT	Loại công trình, nền móng	Độ chính xác quan trắc
1	Công trình bê tông xây trên nền đá gốc	$\pm 1 \text{ mm}$
2	Công trình xây dựng trên nền đất cát, sét và các nền chịu nén khác	$\pm 3 \text{ mm}$

TT	Loại công trình, nền móng	Độ chính xác quan trắc
3	Các loại đập đất đá chịu áp lực cao	$\pm 5 \text{ mm}$
4	Công trình xây trên nền đất đắp, nền trượt	$\pm 10 \text{ mm}$
5	Các loại công trình bằng đất đắp	$\pm 15 \text{ mm}$

2.1.3. Ước tính độ chính xác lưới quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện

Ước tính độ chính xác lưới mặt bằng trong quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện được thực hiện nhằm giải quyết một trong 2 bài toán:

- Xác định độ chính xác các yếu tố của lưới khi đồ hình lưới và sai số đo các đại lượng (góc, chiều dài) đã được lựa chọn. Các yếu tố cần ước tính trong lưới quan trắc chuyển dịch ngang thường là: Sai số vị trí điểm, sai số vị trí theo hướng, sai số phương vị và chiều dài cạnh;

- Xác định sai số đo các yếu tố của lưới trong trường hợp cho trước đồ hình và chỉ tiêu sai số của một số đại lượng nào đó mà lưới cần đáp ứng.

Ước tính lưới thường được thực hiện theo phương pháp chặt chẽ trên cơ sở thuật toán bình sai gián tiếp thông qua các phần mềm chuyên ngành trên máy tính.

2.2. Quan trắc tự động bằng máy toàn đạc điện tử tự động

Thiết bị dùng để quan trắc tự động là một loại toàn đạc điện tử có khả năng thay thế con người tiến hành tự động thu thập, theo dõi phân biệt, ngắm chính xác mục tiêu để thu được thông tin về góc, khoảng cách, tọa độ không gian 3 chiều gọi là người máy trắc địa (Georobot). Người máy trắc địa thực hiện tự điều khiển, tự động hoàn thành ngắm chuẩn,

đọc số hoàn toàn thay thế các thao tác thủ công của con người. Người máy trắc địa kết hợp với hệ thống phần mềm có thể lập kế hoạch đo, điều khiển quá trình đo, tiến hành xử lý và phân tích số liệu đo, hoàn toàn có thể thay thế con người hoàn thành nhiều nhiệm vụ trắc địa.

Phương thức quan trắc lâu dài hoàn toàn tự động dạng cố định là hệ thống quan trắc biến dạng dựa trên một người máy trắc địa có mục tiêu hợp tác (gương ngắm chuẩn), có thể thực hiện quan trắc suốt ngày đêm, không có người trông giữ, thực chất là hệ thống đo tọa độ cực tự động.

Trạm máy quan trắc là điểm gốc của hệ thống tọa độ cực, dùng để đặt người máy trắc địa, yêu cầu đối với trạm máy quan trắc là phải có điều kiện nhìn thông tốt tới các mốc chuẩn và điểm quan trắc. Trạm máy quan trắc phải vững chắc và ổn định.

Tùy vào kết cấu của đập cần quan trắc và địa hình tại khu vực quan trắc mà số trạm máy quan trắc có thể lớn hơn 1 trạm.

Quá trình quan trắc được tiến hành liên tục, tùy thuộc vào số lượng mốc chuẩn và điểm quan trắc mà tiến hành cài đặt tần suất đo lặp (1 giờ hoặc 2 giờ đo lặp 1 lần, ...)

Quá trình thu nhận số liệu được thực hiện bằng trung tâm điều khiển. Trung tâm điều khiển được cấu thành từ máy tính và phần mềm quan trắc, thông qua cáp thông tin điều khiển người máy trắc địa thực hiện quan trắc biến dạng hoàn toàn tự động có thể trực tiếp đặt trên trạm gốc, nếu muốn quan trắc lâu dài không người trông giữ thì nên xây dựng phòng máy chuyên dụng.

2.3. Thiết kế xây dựng hệ thống tự động quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện

2.3.1. Khảo sát hiện trường phục vụ thiết kế xây dựng hệ thống tự động quan trắc

- Khảo sát hiện trường, thu thập dữ liệu liên quan: Khảo sát các hệ thống quan trắc hiện hữu, khảo sát vị trí đặt trạm máy, vị trí xây dựng mốc khống chế cơ sở, vị trí đặt trạm điều khiển,...

- Lên phương án thiết kế sơ bộ, tìm phương án tối ưu, sau khi có được phương án tối ưu tiến hành thiết kế xây dựng phương án chi tiết.

2.3.2. Thiết kế chi tiết xây dựng hệ thống tự động quan trắc

- Thiết kế xây dựng trạm máy quan trắc

Trạm máy quan trắc phải có kết cấu vững chắc và lắp đặt ở vị trí ổn định, đảm bảo tính thông hướng đến điểm khống chế cơ sở và điểm quan trắc. Tùy thuộc vào tính năng của máy toàn đạc điện tử sử dụng tại trạm máy mà bố trí trạm máy đảm bảo từ máy tự động bắt được gương tham chiếu và gương quan trắc. Để đảm bảo an toàn trong suốt thời gian vận hành hệ thống, tại trạm lắp đặt thiết bị máy toàn đạc điện tử sẽ được lắp đặt camera ngoài trời theo dõi 24/24 giờ và hệ thống tự động cảnh báo xâm nhập để cảnh báo đối với người tham quan xung quanh khu vực lắp đặt trạm máy. Các trạm quan trắc được xây dựng nhà trạm để lắp đặt thiết bị và bảo vệ thiết bị quan trắc, trạm máy quan trắc được thiết kế phải có chống sét và cắt sét lan truyền cho hệ thống. Ngoài ra cũng cần phải có thiết bị phòng cháy và chữa cháy tại trạm máy.

- Thiết kế xây dựng mốc khống chế cơ sở

Điểm khống chế cơ sở phải được xây dựng ở chỗ ổn định và nằm bên ngoài khu vực chuyển dịch, trên điểm khống chế cơ sở có kết cấu mốc định tâm bắt buộc để đặt gương phản xạ. Mốc khống chế cơ sở thường được thiết kế là các trụ thép mạ kẽm nhúng nóng hoặc trụ thép bằng inox có đường kính 160 mm đến 200 mm và cao 1200 mm đến 1500 mm. Điểm khống chế cơ sở cần phải thiết kế mái che và chống sét để bảo vệ gương tham chiếu.

- Thiết kế xây dựng mốc quan trắc

Điểm quan trắc là các trụ thép mạ kẽm nhúng nóng hoặc trụ thép bằng inox có đường kính 160 mm đến 200 mm và cao 400 mm đến 1200 mm, tùy thuộc vào vị trí đặt mốc để đảm bảo tính thông hướng đến trạm máy, các mốc này được gắn trực tiếp trên thân đập và mặt đập, cùng chuyển dịch với đập. Trên điểm quan trắc lắp đặt gương quan trắc có mái che, các điểm quan trắc cũng cần phải lắp đặt chống sét để bảo vệ.

- Thành phần truyền dữ liệu

Thành phần truyền dữ liệu bao gồm hệ thống cáp quang, các bộ chuyển đổi tín hiệu làm nhiệm vụ dẫn truyền tín hiệu từ máy toàn đạc điện tử thu dữ liệu về trạm xử lý dữ liệu trung tâm.

- Thiết kế xây dựng trung tâm điều khiển

Trung tâm điều khiển nên đặt tại văn phòng của tòa nhà điều hành của nhà máy để không phải xây dựng trạm mới và sử dụng toàn bộ hệ thống phòng cháy chữa cháy tiêu chuẩn của tòa nhà. Trung tâm điều khiển được cấu thành từ máy tính và phần mềm quan trắc, thông qua cáp thông tin điều khiển máy trắc địa thực hiện quan

trắc biến dạng hoàn toàn tự động và tự động cảnh báo khi có chuyển dịch nguy hiểm. Trung tâm điều khiển hoạt động 24/24 giờ. Có hệ thống dự phòng để đảm bảo việc xử lý cấp phát tín hiệu có độ ổn định tin cậy là 100 %.

- Thiết kế hệ thống phụ trợ

+ Hệ thống chống sét cho trạm máy toàn đặc điện tử: Trạm máy lắp đặt ngoài trời, tại nơi có tầm nhìn thoáng, rộng do đó luôn là mục tiêu của sét. Để đảm bảo trạm máy tự động hoạt động an toàn, tại mỗi trạm máy đều phải lắp đặt hệ thống chống sét bao gồm hệ thống chống sét trực tiếp đánh vào trạm máy và hệ thống cắt sét cảm ứng lan truyền cho các thiết bị lắp đặt tại trạm máy.

+ Hệ thống nguồn cấp: Trạm máy quan trắc tự động hoạt động liên tục 24/7 nên việc bảo đảm nguồn cấp là cực kỳ quan trọng. Nguồn cấp phải ổn định, lâu dài và đảm bảo đủ công suất hoạt động cả ngày lẫn đêm.

+ Hệ thống an ninh, bảo vệ: Là các camera an ninh lắp đặt tại các trạm máy, giúp cho việc giám sát trạm máy cũng như các hoạt động xung quanh, bảo đảm cho các trạm máy hoạt động an toàn.

+ Lắp đặt hệ thống truyền dẫn tín hiệu từ trạm máy đến trung tâm điều khiển: sử dụng ống HDPE D34 x 1,5 để lắp đặt cáp, ống HDPE được đi ngầm dưới đất hoặc đi nổi trên mặt đất.

3. Thực nghiệm thiết kế xây dựng hệ thống tự động quan trắc tại nhà máy thủy điện Hòa Bình

3.1. Trạm máy quan trắc

Thiết kế xây dựng hệ thống tự động quan trắc gồm 02 trạm. Việc xác định vị

trí xây dựng trạm máy đã được thực hiện thông qua công tác khảo sát hiện trường, thu thập các tài liệu và số liệu liên quan. Việc lắp đặt trạm máy tự động phải cách xa khu vực công trình (đập, nhà máy) để tránh các tác động dịch chuyển của công trình đến trạm máy, vị trí trạm máy được đặt ở vị trí ổn định và thuận lợi đo ngắm đến điểm khống chế cơ sở và điểm quan trắc, vị trí trạm máy dự kiến được xây dựng tại các vị trí sau:

Trạm máy số 1: Ký hiệu trạm là TS-01: Được xây dựng và lắp đặt tại vị trí mốc khống chế cơ sở T13, đây là vị trí ổn định, khuôn viên đất đủ để xây dựng nhà trạm quan trắc, tại vị trí này máy toàn đạc có thể ngắm tới các điểm quan trắc khá thuận lợi. Vị trí này hoàn toàn có thể ngắm thông đến 17 điểm đã được quan trắc bằng phương pháp truyền thống và một số các điểm quan trắc khác (vị trí trạm máy Hình 1).

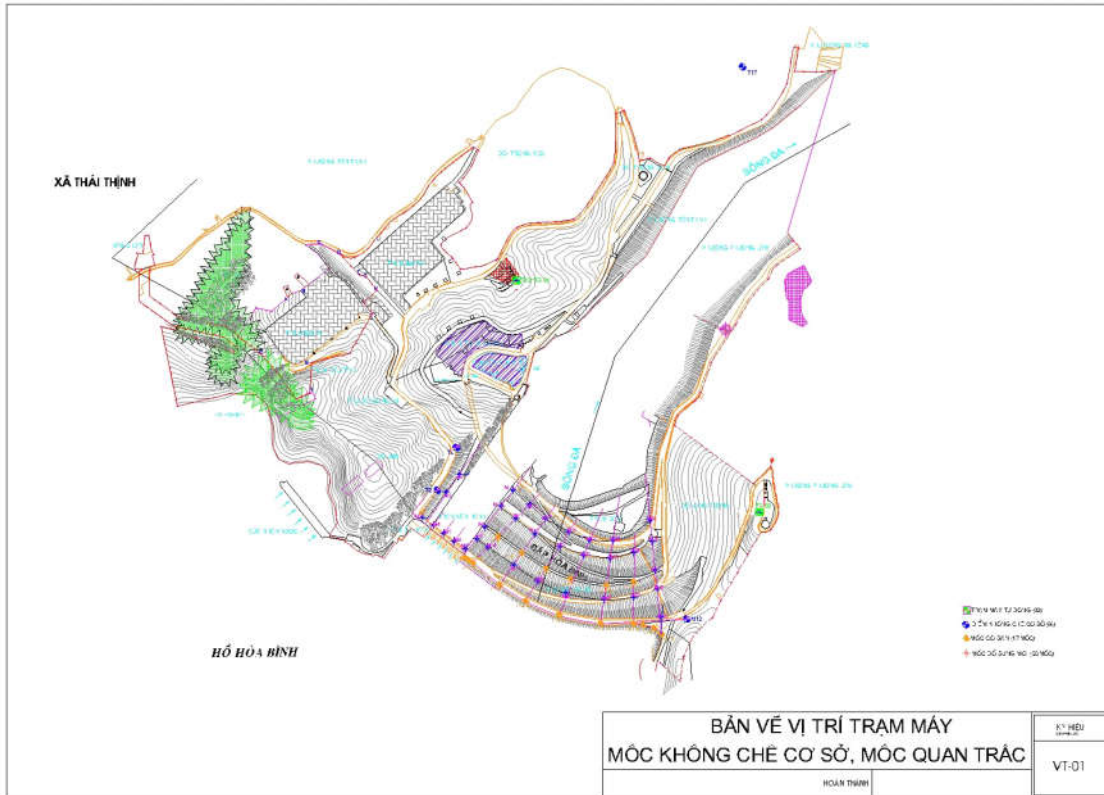
Trạm máy số 2: Ký hiệu trạm là TS-02: Được xây dựng và lắp đặt trên đồi Ông Tượng, tại vị trí này máy toàn đạc cũng có khả năng ngắm thông đến 17 điểm đã được quan trắc bằng phương pháp truyền thống và một số các điểm quan trắc khác (vị trí trạm máy Hình 1).

Vị trí đặt 02 trạm máy đều nằm trong phạm vi đất do Công ty Thủy điện Hòa Bình quản lý. Đây là các vị trí thuận tiện để đo ngắm và để tăng thêm số điểm khống chế cơ sở nên khi thiết kế trạm quan trắc đơn vị tư vấn thiết kế trụ trạm máy lắp đặt thêm gương tham chiếu để sử dụng điểm trạm máy như điểm khống

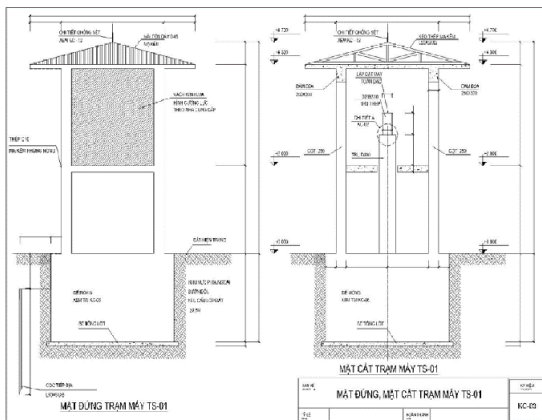
Nghiên cứu

chế cơ sở. Cấu tạo trạm máy quan trắc và nhà trạm bảo vệ trạm máy quan trắc được thể hiện từ Hình 2 đến Hình 8. Các trạm máy quan trắc sẽ được lắp đặt cố định lâu dài trong mọi điều kiện thời tiết cho nên trạm máy quan trắc cần bắt buộc phải lắp

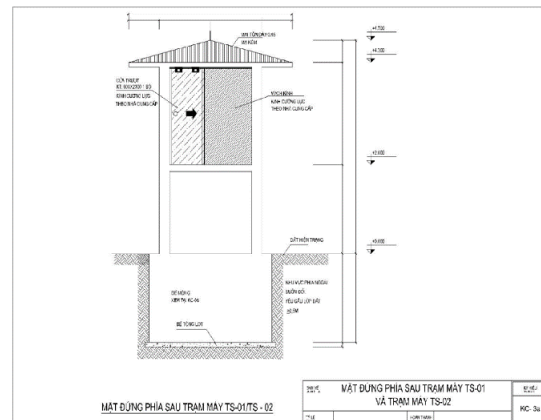
đặt chống sét và cắt sét lan truyền để bảo vệ trạm máy. Máy toàn đạc điện tử phải có thiết bị quan trắc khí tượng đi kèm (đo nhiệt độ, độ ẩm và áp suất,...) để hiệu chỉnh cho các thông số cài đặt trong máy toàn đạc điện tử.



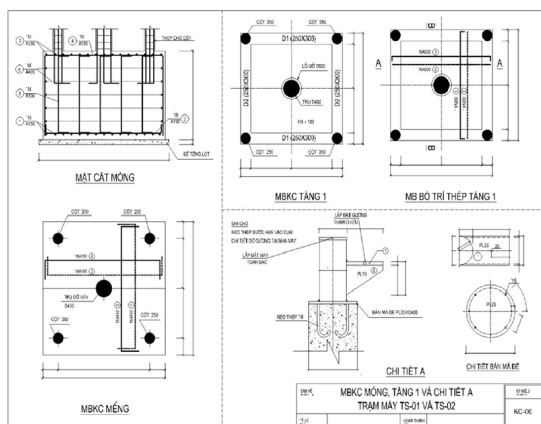
Hình 1: Vị trí trạm máy, mốc không chế cơ sở và mốc quan trắc



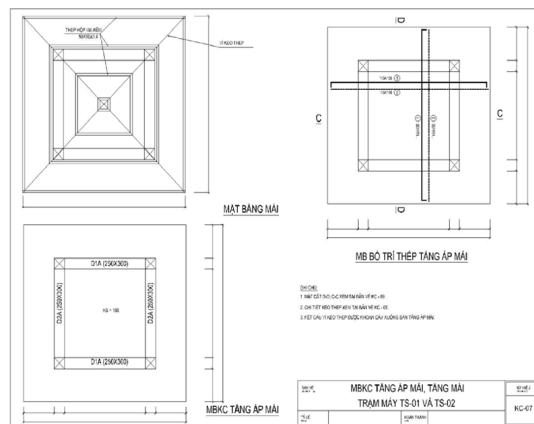
Hình 2: Mặt đứng, mặt cắt trạm máy toàn đạc điện tử tự động



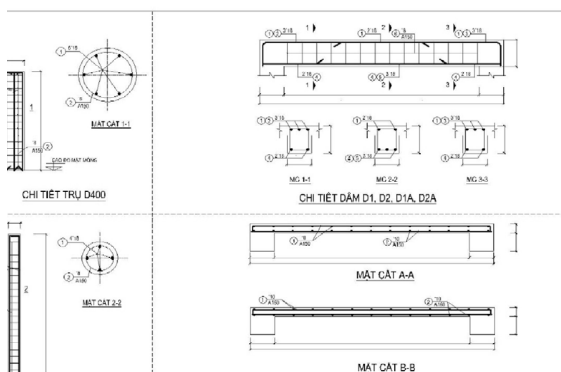
Hình 3: Mặt đứng phía sau trạm máy toàn đạc điện tử tự động



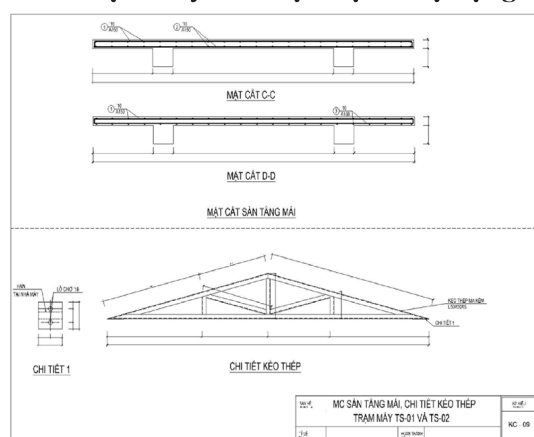
Hình 4: Mặt bằng kết cấu móng, tầng 1 và chi tiết A trạm máy toàn đặc điện tử tự động



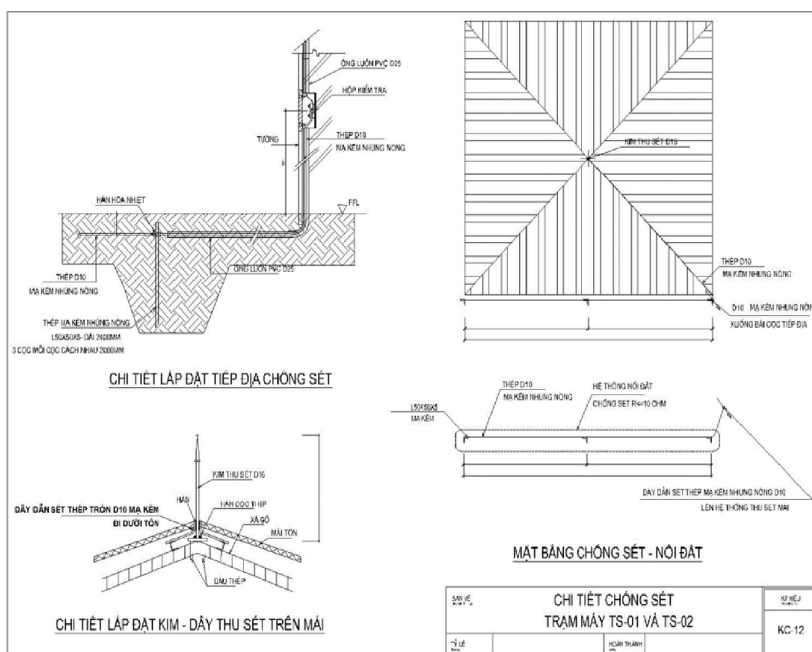
Hình 5: Mặt bằng kết cấu tầng áp mái, tầng mái trạm máy toàn đặc điện tử tự động



Hình 6: Chi tiết cột, trụ, dầm, MC sàn T1 trạm máy toàn đặc điện tử tự động



Hình 7: Mặt cắt sàn tầng mái, chi tiết kèo thép trạm máy toàn đặc điện tử tự động

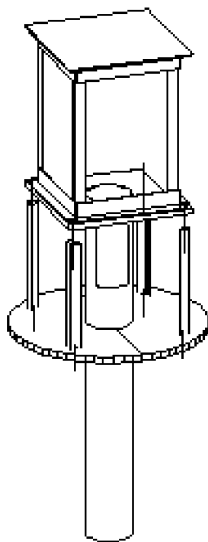


Hình 8: Chi tiết chống sét trạm máy toàn đặc điện tử tự động

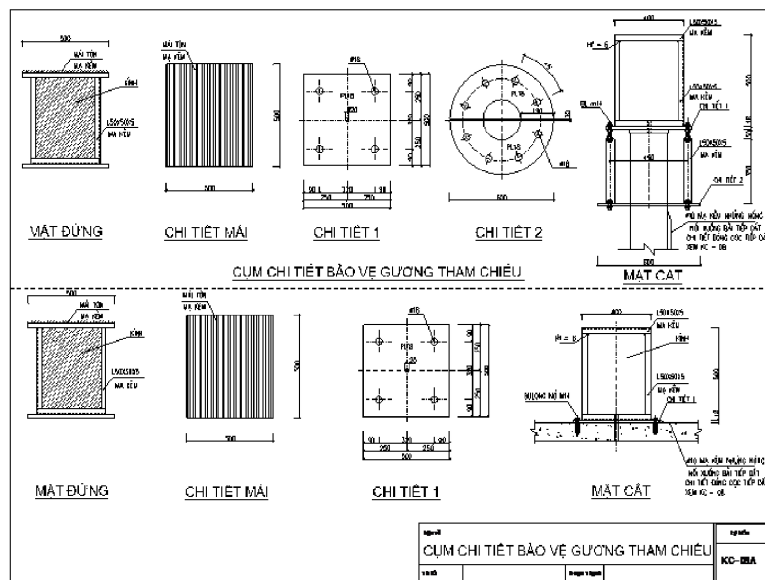
3.2. Điểm không chế cơ sở và lưới không chế cơ sở

Công tác xây dựng mới các điểm không chế cơ sở để phục vụ cho hệ thống tự động quan trắc là rất khó khăn (khó khăn về vị trí đặt mốc, không đảm bảo tính thông hướng,...) nên sẽ sử dụng các điểm không chế cơ sở đã có đang sử dụng cho phương pháp quan trắc truyền thống và 2 trạm máy có lắp đặt gương tham chiếu để làm điểm không chế cơ sở. Trong các điểm không chế cơ sở hiện hữu gồm 07 điểm: T2, T4, T13, T16, T17, T12, T15 thì điểm T3 đã sử dụng để xây dựng trạm máy, điểm T15 không ổn định, điểm T16 chỉ thông hướng từ trạm TS-02 đến, do đó số điểm không chế cơ sở quan trắc gồm

06 điểm là T2, T4, T17, M12, TS-01, TS-02 (Vị trí điểm không chế cơ sở được thể hiện trong Hình 1). Các điểm không chế cơ sở sẽ được lắp đặt gương tham chiếu và có mái che để bảo vệ gương tham chiếu. Gương tham chiếu được thiết kế chuyên dụng, có tính năng kỹ thuật chính xác, phù hợp với vai trò là điểm tham chiếu tọa độ cho hệ thống. Bảo vệ gương tham chiếu được thiết kế tháo ra, lắp vào thuận tiện. Do các điểm không chế cơ sở sẽ được lắp đặt gương tham chiếu lâu dài trong mọi điều kiện thời tiết cho nên các điểm không chế cơ sở cần được lắp đặt chống sét để bảo vệ gương tham chiếu (thiết kế bảo vệ gương tham chiếu được thể hiện trong Hình 9 và 10).



Hình 9: Cùm chi tiết bảo vệ gương tham chiếu tự động

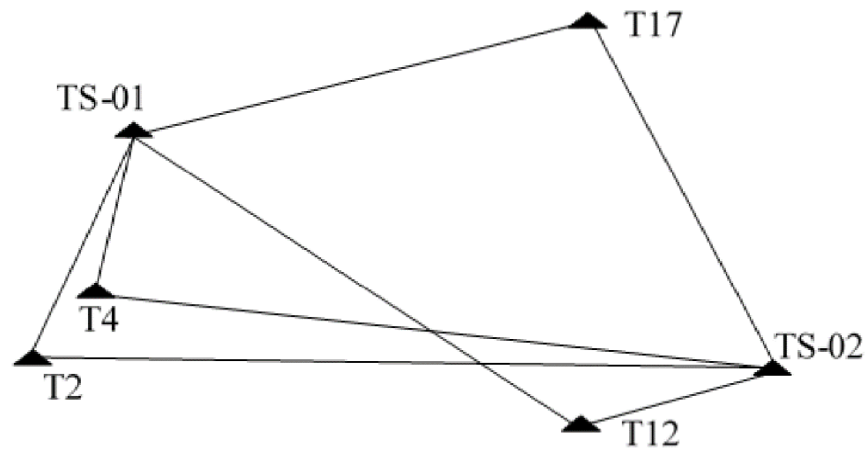


Hình 10: Các chi tiết thuộc cùm bảo vệ gương tham chiếu

Các gương tham chiếu và bảo vệ gương tham chiếu lắp đặt trên điểm không chế cơ sở được thiết kế có chức năng tháo ra và lắp vào một cách đơn giản cho nên trong trường hợp cần thiết chủ đầu tư có thể sử dụng các điểm không chế cơ sở này để phục vụ các công tác đo đạc khác. Gương tham chiếu phải là các

gương chuyên dụng dùng trong quan trắc và đồng bộ với máy toàn đạc điện tử tự động sử dụng để quan trắc.

Điểm T17 là điểm nằm ngoài phạm vi đất của nhà máy, do đó chủ đầu tư cần lưu ý về mặt sử dụng lâu dài cho điểm không chế cơ sở này.



Hình 11: Lưới không chế cơ sở tại thủy điện Hòa Bình

3.3. Điểm quan trắc và lưới quan trắc

Hiện tại số điểm quan trắc đối với đập đất đá là 17 điểm và đập tràn vận hành là 02 điểm đang được sử dụng phương pháp trắc địa truyền thống để quan trắc. Khi áp dụng quan trắc bằng hệ thống tự động thì mật độ điểm quan trắc sẽ được tăng dày để đánh giá đầy đủ và chi tiết mức độ chuyển vị của đập. Số điểm quan trắc này sẽ tăng thêm 43 điểm và tổng số điểm quan trắc sẽ là 60 điểm (không kể 2 điểm quan trắc đập tràn vận hành bằng phương pháp đo góc nhỏ, hai điểm này rất khó có thể thiết kế lắp đặt gương quan trắc để quan trắc tự động).

Các điểm quan trắc mới có cấu tạo như sau:

- Đối với điểm quan trắc ở đỉnh đập tràn vận hành (05 mốc):

- + Vật liệu bằng thép Inox hình trụ tròn;
- + Mặt bích Inox $\Phi 250$ mm, dày 18 mm;
- + Cột thép inox đường kính ngoài $\Phi 168$ mm, dày 10 mm, L = 1200 mm (không kể chụp bảo vệ gương);
- + Chụp bảo vệ gương quan trắc.

- Đối với điểm quan trắc dọc theo đập tràn vận hành (06 mốc):

+ Sử dụng các gương quan trắc có kết cấu giá khung bảo vệ gương gắn trực tiếp vào thành bê tông;

+ Chụp bảo vệ gương quan trắc.

- Đối với điểm quan trắc ở thân đập đất đá (32 mốc):

+ Vật liệu bằng thép Inox hình trụ tròn;

+ Mặt bích Inox $\Phi 250$ mm, dày 18 mm;

+ Cột thép inox đường kính ngoài $\Phi 168$ mm, dày 10 mm, L = 800 mm (không kể chụp bảo vệ gương);

+ Chụp bảo vệ gương quan trắc.

Gương quan trắc phải là các gương được thiết kế chuyên dụng dùng trong quan trắc và đồng bộ với máy toàn đạc điện tử tự động sử dụng để quan trắc, có khả năng lắp đặt linh hoạt để dễ dàng lắp đặt trên mốc quan trắc có sẵn hoặc gắn chặt lên thân công trình. Gương có khung và giá lắp chắc chắn, có mũ che mưa, che nắng để đảm bảo gương hoạt động ổn định trong các điều kiện thời tiết.

Đối với các gương quan trắc lắp đặt tại 17 mốc đã có sẵn thì phải sử dụng các ốc nối hình côn chuyên dụng bằng đồng đi kèm.

Các gương quan trắc cần lắp đặt chụp bảo vệ như Hình 10 để bảo vệ gương quan trắc.

Đối với lưới quan trắc, nhóm tác giả tiến hành thiết kế theo 2 phương án:

Phương án 1: Các điểm quan trắc đều đo tọa độ trực tiếp từ 2 trạm máy đến được, trong trường hợp này coi là lưới giao hội góc cạnh từ 2 trạm máy đến.

Phương án 2: Các điểm M1, M2, M3 chỉ đo được 1 trạm máy đến (giả sử từ trạm máy TS-02), M12, M13, M14, M20, M29, M30, M37, M38, M39 chỉ đo được 1 trạm máy đến (giả sử từ trạm máy TS-01), các điểm còn lại đo đủ từ 2 trạm máy đến.

3.4. Thành phần truyền dữ liệu

Có nhiều phương pháp để truyền dữ liệu từ các máy toàn đạc điện tử thu dữ liệu về trạm xử lý dữ liệu trung tâm nhưng phương pháp truyền dẫn hữu tuyến bằng cáp quang là tối ưu hơn cả cho đặc thù dự án này.

Hợp phần truyền dữ liệu bao gồm hệ thống cáp quang, các bộ chuyển đổi tín hiệu làm nhiệm vụ dẫn truyền tín hiệu từ các máy toàn đạc điện tử thu dữ liệu về trạm xử lý dữ liệu trung tâm. Cách lựa chọn truyền dẫn dữ liệu bằng cáp quang đảm bảo cho dữ liệu ổn định, thông suốt trong mọi điều kiện thời tiết. Ngoài ra, do khoảng cách giữa trạm máy và trạm xử lý và điều khiển trung tâm cũng không quá lớn (< 05 km) nên lựa chọn truyền dẫn bằng cáp quang là lựa chọn tốt nhất.

3.5. Thành phần truyền dữ liệu

Trung tâm điều khiển dự kiến được đặt tại phòng đo đạc của Nhà điều hành. Trung tâm điều khiển bao gồm máy tính được cài đặt phần mềm xử lý dữ liệu và điều khiển hệ thống, có nhiệm vụ nhận dữ liệu từ các máy toàn đạc điện tử thu dữ liệu, xử lý dữ liệu liên tục, hiển thị kết quả và điều khiển toàn bộ hoạt động của hệ thống.

Để đảm bảo cho khả năng xử lý dữ liệu nhanh chóng, máy tính phải có cấu hình cao hoặc rất cao, dung lượng bộ nhớ lớn (mức TB trở lên), bền bỉ để đảm bảo hoạt động liên tục, dữ liệu được thu và lưu trữ lâu dài.

Phần mềm xử lý và điều khiển phải là phần mềm chuyên dụng, xử lý được dữ liệu của máy toàn đạc điện tử; Có khả năng xử lý nhanh, chính xác, ổn định và hoàn toàn tự động; Có tính năng lập công thức tính toán dữ liệu quan trắc, vẽ biểu đồ quan trắc, đồ họa mô phỏng các mặt cắt lắp đặt thiết bị quan trắc để xem dữ liệu quan trắc tại vị trí lắp đặt trên các mặt cắt; Tải dữ liệu lên mạng, quản lý nhóm công trình; Cảnh báo được gửi tới điện thoại của người quản lý khi cảm biến thu được giá trị lớn hơn giá trị tính toán cho phép.

3.6. Hệ thống phụ trợ

- Hệ thống chống sét cho trạm máy: Trạm máy lắp đặt ngoài trời, tại nơi có tầm nhìn thoáng, rộng do đó luôn là mục tiêu của sét. Để đảm bảo trạm máy tự động hoạt động an toàn, tại mỗi trạm máy đều phải lắp đặt hệ thống chống sét bao gồm hệ thống chống sét trực tiếp đánh vào trạm máy và hệ thống cắt sét cảm ứng lan truyền cho các thiết bị lắp đặt tại

trạm máy. Việc tính toán chi tiết các thông số của hệ thống cắt sét lan truyền do nhà thầu thi công lắp đặt thiết bị đưa ra trong biện pháp thi công chi tiết.

- Lắp đặt chống sét bảo vệ gương tham chiếu và gương quan trắc;

- Hệ thống nguồn cấp: Trạm máy quan trắc tự động hoạt động liên tục 24/7 nên việc bảo đảm nguồn cấp là cực kỳ quan trọng. Nguồn cấp phải ổn định, lâu dài và đảm bảo đủ công suất hoạt động cả ngày lẫn đêm. Do đó, khuyến cáo sử dụng nguồn điện trực tiếp 220V (dự kiến Trạm máy TS-01 lấy nguồn cấp từ nhà truyền thống của nhà máy; Trạm máy TS-02 lấy nguồn cấp từ tủ điện phía sau tượng Bác Hồ ở đồi Ông Tượng).

- Hệ thống an ninh, bảo vệ: Là các camera an ninh lắp đặt tại các trạm máy, giúp cho việc giám sát trạm máy cũng như các hoạt động xung quanh, bảo đảm cho các trạm máy hoạt động an toàn.

- Lắp đặt hệ thống truyền dẫn tín hiệu từ trạm máy đến trung tâm điều khiển: Sử dụng ống HDPE D34 x 1,5 để lắp đặt cáp, ống HDPE được đi ngầm dưới đất, sẽ tận dụng các mương cáp đã có để lắp đặt ống HDPE, đối với các chỗ chưa có mương cáp thì sẽ đào sâu khoảng 15 cm và rộng 10 cm để lắp đặt ống HDPE.

3.7. Cấu hình máy toàn đạc điện tử tự động sử dụng để quan trắc đập thủy điện Hòa Bình và các kết quả ước tính lưới khống chế cơ sở, lưới quan trắc

Để lắp đặt được hệ thống quan trắc tự động, các máy toàn đạc điện tử nhất thiết phải là máy toàn đạc điện tử tự động, có trang bị motor và tính năng tự động bắt gương (ATR). Để đảm bảo yêu cầu kỹ thuật cũng như phát huy tối đa hiệu quả hệ thống quan trắc tự động, máy toàn đạc điện tử tự động phải có độ chính xác đo góc và đo cạnh đáp ứng được yêu cầu độ chính xác quan trắc đối với đập.

Theo tiêu chuẩn quốc gia “TCVN 9399:2012 Nhà và công trình xây dựng - Xác định chuyển dịch ngang bằng phương pháp trắc địa” thì sai số trung phương cho phép quan trắc chuyển dịch ngang đối với các loại đập đất, đá chịu áp lực cao là 5 mm (m_q).

Hệ thống lưới quan trắc chuyển dịch ngang đập thủy điện thường được thiết kế gồm 02 bậc lưới, đó là bậc lưới khống chế cơ sở và bậc lưới quan trắc. Như vậy, theo công thức (2) và (4) tính được $= 1,58$ mm và $= 3,16$ mm. Do đó, khi quan trắc chuyển dịch ngang bằng hệ thống tự động thì các thiết bị được lựa chọn cần đảm bảo đạt được độ chính xác về sai số vị trí điểm yếu nhất của lưới khống chế cơ sở và lưới quan trắc.

Bảng 2. Kết quả ước tính gần đúng độ chính xác lưới khống chế cơ sở

STT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)			X (m)
1	T2	2302047.20000	429363.80000	0,00103	0,00103	0,00145
2	TS-01	2302649.40000	429592.30000	0,00070	0,00066	0,00096
3	T4	2302169.80000	429418.50000	0,00088	0,00110	0,00140
4	T17	2303264.30000	430241.90000	0,00119	0,00086	0,00147
5	T12	2301676.40000	430081.70000	0,00090	0,00073	0,00116
6	TS-02	2301983.70000	430292.00000	0,00092	0,00074	0,00118

Ước tính độ chính xác lưới không chế cơ sở

Thiết bị dự kiến sử dụng là các máy Toàn đạc điện tử tự động có độ chính xác đo góc là 0,5'' và độ chính xác đo cạnh là 1 mm + 1 ppm, tiến hành ước tính độ chính xác lưới không chế cơ sở (Hình 11). Kết quả ước tính được thể hiện trong Bảng 2.

Kết quả ước tính độ chính xác lưới không cơ sở cho thấy thiết bị dự kiến sử dụng đảm bảo yêu cầu độ chính xác đề ra (sai số trung phương vị trí điểm yếu nhất đối với các điểm không chế cơ sở là $\leq 1,58$ mm).

Ước tính độ chính xác lưới quan trắc

Đối với 2 phương án thiết kế lưới quan trắc được trình bày ở mục 3.3 với thiết bị dự kiến sử dụng là các máy toàn đạc điện tử tự động có độ chính xác đo góc là 0,5'' và độ chính xác đo cạnh là 1 mm + 1 ppm. Kết quả ước tính cho thấy sai số trung phương vị trí điểm yếu nhất ở phương án 1 và 2 lần lượt là 1,92 mm và 2,91 mm (đạt được độ chính xác yêu cầu đề ra là $\leq 3,16$ mm).

Từ kết quả ước tính nhận thấy hệ thống tự động quan trắc bằng toàn đạc điện tử tự động có thể đáp ứng được yêu cầu quan trắc chuyển dịch ngang với độ chính xác là $\pm 5,0$ mm. Đối với quan trắc đập tràn khi cần độ chính xác cao hơn thì cần phải áp dụng phương pháp khác.

Từ những tính toán ở trên, nhóm tác giả đưa ra những tính năng kỹ thuật sơ bộ cho máy toàn đạc điện tử tự động lắp đặt cho trạm máy để đảm bảo yêu cầu độ chính xác như quy định trong TCVN 9399:2012 như sau:

- Độ chính xác đo góc (Hz, V): $\leq 0,5''$
- Độ chính xác đo cạnh: $\leq 1,0$ mm + 1 ppm

- Có trang bị Motor
- Có trang bị chế độ tự động bắt gương (ATR)
- Dải làm việc ATR: ≥ 1900 m
- Độ chính xác của ATR (Hz, V): $\leq 0,5''$
- Khả năng chống bụi và nước theo tiêu chuẩn IP65
- Nhiệt độ hoạt động: từ -20 °C đến $+50$ °C

4. Kết luận và kiến nghị

4.1. Kết luận

Xây dựng hệ thống tự động quan trắc để kiểm soát an toàn đối với công trình thủy điện là phù hợp với thực tế quản lý an toàn hiện nay ở Việt Nam, phù hợp với xu thế tất yếu về quản lý an toàn công trình thủy điện mà nhiều quốc gia trên thế giới đã xây dựng và phát triển. Từ đó có thể theo dõi và đánh giá tình trạng an toàn của các công trình thủy điện theo thời gian thực, nhằm đưa ra các biện pháp sửa chữa khắc phục kịp thời.

Giải pháp kỹ thuật xây dựng hệ thống tự động quan trắc đưa ra trong bài báo này đạt được các yêu cầu về quan trắc chuyển dịch ngang công trình (cụ thể sai số trung phương vị trí điểm yếu nhất lưới không chế cơ sở và lưới quan trắc tương ứng $\leq 3,16$ mm và $\leq 5,0$ mm). Như vậy, hoàn toàn có thể áp dụng vào thực tế sản xuất, góp phần mở rộng khả năng ứng dụng tự động hóa để quan trắc chuyển dịch ngang công trình theo thời gian thực.

4.2. Kiến nghị

Cần tiếp tục nghiên cứu, thiết kế giải pháp để ứng dụng hệ thống tự động quan trắc chuyển dịch ngang công trình thủy điện bằng máy toàn đạc điện tử tự động vào các công trình thủy điện khác, đặc

biệt là các công trình thủy điện vừa và nhỏ hiện nay với nhiều biểu hiện xuống cấp theo thời gian và chịu tác động của biến đổi khí hậu.

Cần có các nghiên cứu và thực nghiệm tiếp theo để đánh giá khả năng áp dụng hệ thống quan trắc tự động trong công tác quan trắc lún công trình thủy điện.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu là sản phẩm của đề tài cấp Cơ sở hỗ trợ kinh phí năm 2022: *Nghiên cứu giải pháp thiết kế, lắp đặt và xử lý số liệu hệ thống tự động quan trắc biến dạng công trình thủy điện*. Mã số: 13.01.22.O.01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Changlin Luo (2019). *Teaching of automatic measurement with Georobot*. School of Geodesy and Geomatics Wuhan University, May 15th, 2019.
- [2]. Halim Setan and Khairulnizam M. Idris, Malaysia (2018). *Automation in data capture and analysis for industrial/ deformation surveying using robotic total station*. Integrating Generations FIG Working Week 2008 Stockholm, Sweden 14 - 19 June 2018.
- [3]. Lee Danisch, Adam Chrzanowski, Jason Bond, Maciej Bazanowski (2018). *Fusion of geodetic and MEMS sensors for integrated monitoring and analysis of deformations*. 13rd FIGSymposium on Deformation Measurements and analysis, 4th IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, LNEC, Lisbon, Portugal, 12 - 15 May 2018.
- [4]. Nhà máy thủy điện Hoà Bình (2019). *Phương án đầu tư hệ thống tự động quan trắc chuyển vị ngang công trình thủy điện Hòa Bình*.
- [5]. Trần Ngọc Đông, Đào Xuân Vương, Nguyễn Hà (2021). *Thử nghiệm thiết kế xây dựng hệ thống tự động quan trắc chuyển dịch ngang nhà máy thủy điện Hương Điền*. Tạp chí Khoa học Công nghệ xây dựng số 2/2021 trang 62.
- [6]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9399:2012 *Nhà và công trình xây dựng - Xác định chuyển dịch ngang bằng phương pháp trắc địa*.
- [7]. Ознамец В. В. (2018). *Дегбенъон Овивоссу Пьеретт Аурель*. Геодезическое обеспечение мониторинга береговой линии (на примере берега Атлантического океана Республики Бенин // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». Т. 62. № 3. С. 249 - 256. Doi: 10.30533/0536-101X-2018-62-3-249-256.
- Ngày nhận bài: 21/6/2022; Ngày chấp nhận đăng: 27/9/2022