

Nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống quan trắc lưu lượng dòng chảy và lượng mưa hỗ trợ điều tiết an toàn hệ thống hồ thủy điện Hòa Bình

Trần Mạnh Thắng, Hồ Anh Tuấn, Trần Văn Tuấn*

Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa

Bộ Công thương

Ngày nhận bài 26.11.2014, ngày chuyển phản biện 2.12.2014, ngày nhận phản biện 8.1.2015, ngày chấp nhận đăng 15.1.2015

Thông qua việc thực hiện đề tài nghiên cứu cấp nhà nước, nhóm nghiên cứu thuộc Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa (Bộ Công thương) đã thiết kế, chế tạo thành công hệ thống quan trắc các thông số chính hỗ trợ công tác dự báo và điều tiết an toàn hồ thủy điện Hoà Bình. Hệ thống được xây dựng dựa trên ứng dụng những công nghệ đo hiện đại, các vi mạch tích hợp cao, kỹ thuật xử lý và giải pháp truyền tin tiên tiến. Những kết quả thử nghiệm cho thấy, hệ thống có khả năng tương thích với hệ thống quan trắc sẵn có, thu thập thông tin đầy đủ, kịp thời và chính xác... Nhờ đó có thể nâng cao chất lượng dự báo của hoạt động quan trắc, góp phần hiện đại hóa mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia.

Từ khóa: hệ thống quan trắc tự động, lượng mưa, lưu lượng dòng chảy, mức nước.

Chỉ số phân loại 2.2

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF DISCHARGE AND RAINFALL MONITORING SYSTEM TO SUPPORT THE SAFETY OF HOA BINH HYDROPOWER RESERVOIR

Summary

In this work, an automatic discharge and rainfall monitoring system has been developed for Da river basin. The system meets the urgent demand for automatic monitoring solution for hydrology in Vietnam. It also serves as a reference model for dam safety monitoring stations with a better performance and higher reliability.

Keywords: automatic monitoring system, discharge, level, rain fall.

Classification number 2.2

Đặt vấn đề

Công trình thủy điện Hoà Bình là nơi điều tiết, chống lũ cho lưu vực sông Hồng, thực hiện các nhiệm vụ phát điện, chống lũ, tưới tiêu, phục vụ sản xuất nông nghiệp và các nhu cầu khác của đời sống - xã hội. Để đảm bảo an toàn và hiệu quả trong các nhiệm vụ trên, chất lượng của công tác quan trắc, dự báo đóng vai trò quan trọng trong việc vận hành công trình.

Hiện nay, một số đài khí tượng thủy văn ở nước ta đã bước đầu được quan tâm nâng cấp trang thiết bị hiện đại. Tuy nhiên, đa phần các đài hiện nay đều ở trong tình trạng thiết bị quan trắc lạc hậu, thiếu đồng bộ, chưa thành hệ thống và phương thức truyền tin còn thủ công... Chính vì vậy, công tác dự báo và vận hành điều tiết hồ chứa đa phần đều dựa trên các bản tin được cập nhật thủ công, thông tin cung cấp chưa kịp thời. Để phục vụ vận hành hệ thống hồ chứa an toàn và hiệu quả (trữ và xả nước hợp lý), cần thiết phải nâng cao chất lượng công tác quan trắc, hiện đại hóa, đồng bộ trang thiết bị phục vụ quan trắc, tăng mật độ mạng lưới quan trắc và tự động hóa quá trình thu thập, cập nhật dữ liệu trên cơ sở một hệ thống quan trắc tự động.

Trước yêu cầu này, Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa (Bộ Công thương) đã nghiên cứu thiết kế và xây dựng thành công một hệ thống quan trắc, cung cấp số liệu về lưu lượng, lượng mưa và mực nước một cách chính xác, kịp

*Tác giả chính: Tel: 0912897790; Email: vtuan72@gmail.com

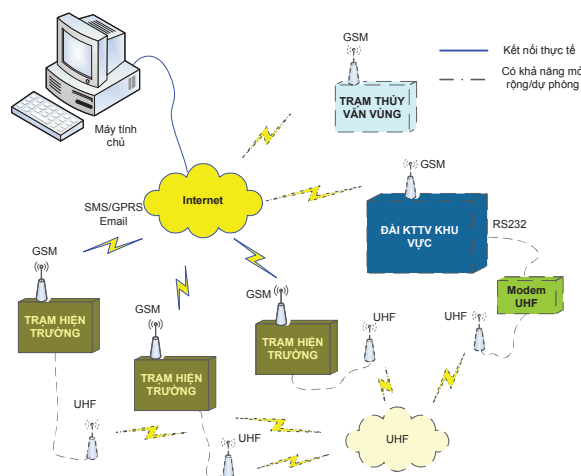
thời hỗ trợ công tác điều tiết an toàn hồ chứa thủy điện Hòa Bình; góp phần nâng cấp, hiện đại hóa mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia.

Nội dung và kết quả nghiên cứu

Hệ thống quan trắc dòng chảy và lượng mưa thực hiện quan trắc tự động các thông số: lưu lượng dòng chảy, lượng mưa và mức nước. Cấu hình của hệ thống được lựa chọn dựa trên việc tham khảo cấu trúc của những hệ thống quan trắc khí tượng thủy văn hiện đại của một số hãng trên thế giới, điển hình là hệ thống của Vaisala [1] và tham khảo thiết kế các hệ thống quan trắc khí tượng thủy văn tự động, thay thế các phương pháp đo đạc thủ công truyền thống [2, 3].

Thiết kế của hệ thống tập trung vào việc tự động hóa quá trình quan trắc các thông số, tối ưu hóa và giám sát năng lượng tiêu thụ, sử dụng pin mặt trời, đặc biệt thiết kế tập trung tích hợp các giải pháp truyền thông, nhằm đảm bảo hệ thống có thể hoạt động độc lập trong mọi điều kiện cơ sở hạ tầng. Đồng thời, thiết kế cũng đảm bảo hệ thống có thể tương thích với mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia, đảm bảo có thể ghép nối, hỗ trợ và góp phần nâng cấp quá trình thu thập dữ liệu và truyền tin của hệ thống sẵn có.

Sơ đồ thiết kế tổng thể và hoạt động của hệ thống quan trắc được thể hiện trên hình 1.



Hình 1: sơ đồ thiết kế tổng thể hệ thống

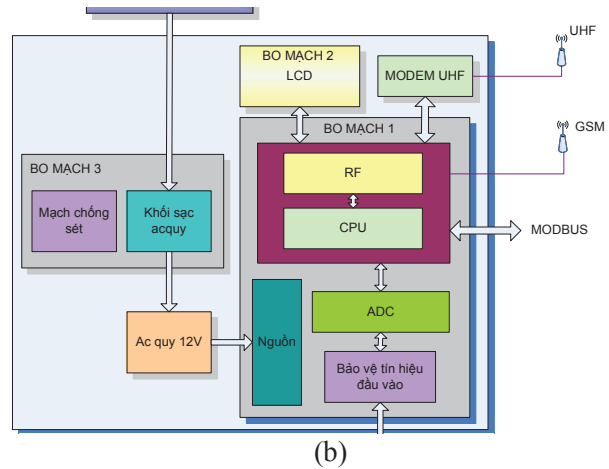
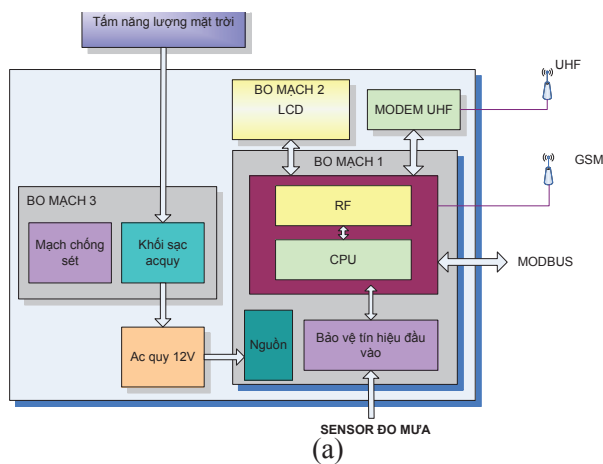
Hệ thống được xây dựng dưới dạng một hệ rút gọn, chứa đầy đủ các tính năng của hệ thống hoàn chỉnh, có tính mở để khi cần thiết trang bị thêm thiết bị khác. Khi đó chỉ việc điều chỉnh phần mềm để tích hợp thành hệ

thống đầy đủ theo yêu cầu. Các thành phần chính của hệ thống quan trắc tự động gồm:

- Trung tâm quản lý, điều khiển hoạt động của toàn hệ thống (máy chủ), tích hợp phần mềm thu nhận và chiết xuất dữ liệu cung cấp cho hệ thống điều hành và quản lý hồ thủy điện Hoà Bình. Trung tâm quản lý trao đổi dữ liệu với các trạm hiện trường qua SMS/GPRS/UHF, chuyển đổi dữ liệu thành định dạng phù hợp, sẵn sàng giao tiếp với hệ thống điều hành của Nhà máy thủy điện Hòa Bình và đài khí tượng thủy văn vùng. Phần mềm cho phép quản lý hoạt động của toàn hệ thống với nhiều chức năng như quản lý và cấu hình địa điểm đo, các thông số đo, báo cáo thống kê theo thời gian, hiển thị trực tuyến các dữ liệu và tích hợp bản đồ số.

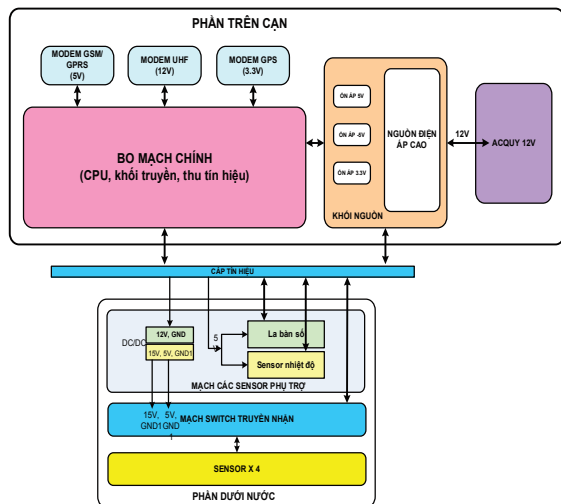
- Các trạm hiện trường gồm thiết bị đo lưu lượng dòng chảy, trạm đo mưa và trạm đo mức nước tự động, thực hiện thu thập một cách tự động liên tục các thông số như mức nước, lượng mưa tại lưu vực hồ Hòa Bình, lưu lượng dòng chảy vào hồ chứa; truyền dữ liệu tới trung tâm quản lý theo chu kỳ được thiết lập bằng các bản tin thư điện tử, tin nhắn hoặc các gói tin qua đường truyền UHF (tùy vào điều kiện cơ sở hạ tầng tại vị trí lắp đặt trạm mà sử dụng các giải pháp truyền tin phù hợp). Các trạm được sử dụng giải pháp tối ưu về năng lượng, sử dụng pin mặt trời.

Trạm đo mức nước và trạm đo lượng mưa được thiết kế và chế tạo nhỏ gọn, các tính năng đo lường, truyền tin, quản lý năng lượng thông minh đều được thực hiện trên một dòng CPU tích hợp chức năng truyền tin Q-series của Sierra. Chức năng giám sát điện áp acquy và nạp thông minh cho pin mặt trời của trạm đo cũng được thực hiện thông qua IC chuyên dụng của “Texas Instrumen”. Trạm đo mưa và trạm đo mức nước sử dụng cấu hình tương tự nhau, bao gồm các thành phần chính là: tủ trạm chứa các bo mạch nguồn, bo mạch CPU tích hợp truyền thông, bo mạch hiển thị, modem truyền UHF, khối module chức năng thực giao tiếp với cảm biến đo mưa, cảm biến đo mức nước và bảo vệ tín hiệu đầu vào cho trạm đo. Tấm pin mặt trời và các anten UHF, GSM được lắp đặt bên ngoài trạm đo. Sơ đồ thiết kế trạm đo mưa và trạm đo mức nước được trình bày ở hình 2.



Hình 2: sơ đồ thiết kế trạm tự động đo mưa (a) và đo mức nước (b)

Thiết bị đo lưu lượng dòng chảy sử dụng phương pháp quét sóng siêu âm trên hiệu ứng Doppler, có thể tham khảo trong [4]. Thiết bị đo lưu lượng gồm có 2 phần, phần dưới nước và phần trên cạn. Phần dưới nước chứa các cảm biến siêu âm, chuyển mạch thu và phát các tín hiệu siêu âm, tiền xử lý tín hiệu siêu âm thu nhận được từ môi trường nước và truyền tín hiệu vi sai tới các lối vào tương tự của phần trên cạn. Phần trên cạn chứa các khối chức năng xử lý và điều khiển trung tâm, truyền tin và nguồn acquy cấp điện cho toàn bộ thiết bị. Cấu trúc của thiết bị đo lưu lượng được mô tả ở hình 3.



Hình 3: sơ đồ thiết kế thiết bị đo lưu lượng dòng chảy

Quy trình hoạt động của hệ thống trên bao gồm:

Trạm đo mức nước thực hiện quét tín hiệu từ sensor đo mức nước với chu kỳ 30 phút/lần. Dữ liệu đo mức

nước được truyền tới trạm trung tâm theo chu kỳ 1 giờ/lần (chu kỳ này được thiết lập bởi cán bộ quản lý).

Trạm đo mưa hoạt động không theo chu kỳ mà dựa theo tín hiệu đầu vào từ cảm biến đo mưa. Khi có mưa, tín hiệu xung từ sensor đo mưa sẽ kích hoạt chức năng đo của trạm đo mưa. Dữ liệu từ trạm đo mưa được tổng hợp thành các bản tin 1 giờ/lần. Các bản tin được truyền đến trạm trung tâm thực hiện theo chu kỳ do cán bộ quản lý cài đặt (1 giờ/lần hoặc theo ốp 12 giờ/lần vào 7 giờ và 19 giờ hàng ngày).

Thiết bị đo lưu lượng dòng chảy được cán bộ của trạm thủy văn vùng thực hiện, thường là 2 lần/ngày hoặc thường xuyên hơn tùy theo yêu cầu thực tế. Dữ liệu thu thập được từ thiết bị đo lưu lượng được tự động truyền tới trạm giám sát trung tâm theo chu kỳ được cài đặt từ xa.

Trạm trung tâm liên tục nhận dữ liệu từ các trạm hiện trường, thực hiện tổng hợp dữ liệu, thực hiện hiển thị online dạng bảng hoặc đồ thị, sao lưu và báo cáo thống kê theo thời gian... và đưa ra các cảnh báo (nếu có). Các dữ liệu này giúp cán bộ quản lý có thể dự báo mức nước đổ về hồ chứa và xây dựng phương án vận hành việc trữ/xả nước một cách hợp lý, đảm bảo an toàn chống lũ và nâng cao hiệu quả phát điện của công trình.

Trạm đo mưa và trạm đo mức nước tự động (hình 4) có các tính năng kỹ thuật chính sau:

- Tính năng đo lường: đo mưa (đường kính miệng hứng: 200 mm; độ phân giải: 0,1 mm; độ chính xác: $\pm 4\%$); đo mực nước (độ chính xác: ± 2 cm; độ phân

giải: 1 cm).

- Tính năng phần cứng: hiển thị: màn hình LCD đơn sắc; lưu trữ số liệu: bộ nhớ MMC 512 Mb; truyền tin: hỗ trợ GPRS/SMS, MODBUS, UHF; hỗ trợ truyền tin dự phòng; thời gian hoạt động bằng pin mặt trời: 14 ngày; nguồn điện: 12 VDC hoặc tấm pin năng lượng mặt trời.

- Tính năng phần mềm: hỗ trợ cấu hình tại chỗ; hỗ trợ cấu hình từ xa; hỗ trợ hiệu chỉnh tham số đầu đo và AI; gửi tin báo tự động; chức năng datalog; tiết kiệm năng lượng.

- Tính năng thiết bị: chống sét: cấp 2; công suất tiêu thụ: 0,3 W; vỏ thiết bị: đạt tiêu chuẩn IP67.



Hình 4: hình ảnh trạm đo mưa và đo mức nước tự động

Các trạm đo của hệ thống đã được lắp đặt thử nghiệm song song với các thiết bị quan trắc tại các Trạm khí tượng Cò Nòi, Hát Lót và Sơn La. Qua đối chiếu và kiểm tra dữ liệu đưa về (trên cơ sở dữ liệu tại trạm trung tâm) và kết quả nhận được từ cán bộ kỹ thuật tại trạm đo, kết quả cho thấy: trạm đo hoạt động ổn định, chính xác, chất lượng truyền tin cao, ổn định và trạm đo có thể hoạt động độc lập, duy trì hoạt động tốt trong điều kiện thiếu sáng.

Hệ thống được thiết kế với các giải pháp kỹ thuật tối ưu nhất cho từng chức năng, áp dụng các công nghệ tiên tiến và phù hợp nhất trong điều kiện nghiên cứu, ứng dụng ở nước ta. Các giải pháp về truyền tin và tính

mở trong thiết kế của hệ thống đảm bảo cho hệ thống có khả năng ứng dụng cao, tương thích và sẵn sàng ghép nối với hệ thống khí tượng thủy văn quốc gia, hỗ trợ hiện đại hóa mạng lưới quan trắc hiện có. Tính năng truyền tin tự động, khả năng giám sát online của hệ thống là một hỗ trợ hữu ích, kịp thời cho công tác giám sát và vận hành an toàn hồ chứa thủy điện. Chức năng quan trắc tự động, chính xác của các trạm hiện trường có thể thay thế cho phương pháp quan trắc và thu thập dữ liệu thủ công hiện nay tại các trạm quan trắc. Các thiết bị do nhóm nghiên cứu chế tạo có thể thay thế cho các thiết bị quan trắc hiện đang phải nhập ngoại.

Kết luận

Hệ thống quan trắc lưu lượng dòng chảy và lượng mưa đã được thiết kế và chế tạo thành công dựa trên những phân tích, đánh giá thực trạng trang thiết bị của mạng lưới khí tượng thủy văn quốc gia và nhu cầu thực tế của công tác quan trắc và công tác dự báo, vận hành hồ thủy điện Hòa Bình. Hệ thống cho phép tự động quan trắc và truyền các dữ liệu quan trắc về các thông số lưu lượng dòng chảy, mức nước, lượng mưa đến trung tâm giám sát. Thông số kỹ thuật và chức năng hoạt động của các thiết bị trong hệ thống tương đương với các hệ thống quan trắc tương ứng hiện đại của các nước tiên tiến. Kết quả cho thấy, nhóm nghiên cứu có thể chế tạo các sản phẩm của hệ thống quan trắc lưu lượng dòng chảy và lượng mưa phục vụ hỗ trợ công tác điều tiết an toàn hồ chứa thủy điện. Qua đó, góp phần hiện đại hóa mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia, đảm bảo về chất lượng quan trắc, cũng như chất lượng truyền dữ liệu tự động, ổn định và tin cậy. Với việc thiết kế hiện đại và giá thành hạ, các sản phẩm do nhóm chế tạo có thể thay thế sản phẩm nhập ngoại.

Tài liệu tham khảo

- [1] Yi-Jiun Liao (2013), “Automatic hydrologic parameter measuring system for river flow and the method using the same”, US 20130333463 A1.
- [2] Weimin Li, Qian Gao (2005), “Method and system to flexibly calculate hydraulics and hydrology of watersheds automatically”, US6889141 B2.
- [3] Vaisala Oyj (2004), “MAWS HydroMet Systems for Meteorological and Hydrological Monitoring”, DOC211898-C, www.vaisala.com.
- [4] Trần Văn Tuấn, Hồ Anh Tuấn, Trần Mạnh Thắng (2014), “Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị đo lưu lượng dòng chảy ứng dụng công nghệ ADCP”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, số 15, trang 49-52.