

**NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG SCADA CHO NHÀ MÁY NƯỚC
LONG SƠN 5.000 m³ NGÀY/ ĐÊM THỊ XÃ TÂN CHÂU, TỈNH AN GIANG**
**PLANNING AND BUILDING SCADA SYSTEM FOR WATER PLANT 5000
M³ DAY/NIGHT IN LONG SON TAN CHAU TOWN, AN GIANG
PROVINCE**

Nguyễn Ngọc Châu
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP HCM

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu, xây dựng mô hình điều khiển và giám sát vận hành của nhà máy nước sử dụng phần mềm Scada WinCC và thiết bị điều khiển lập trình PLC. Trên cơ sở vận hành của hệ thống trong nhà máy, tác giả thiết kế chương trình điều khiển và giám sát vận hành các thiết bị trong phạm vi của nhà máy thông qua giao diện được thiết kế tương thích với cấu trúc của nhà máy. Qua đó đánh giá khả năng áp dụng các công nghệ mới vào cải tạo và nâng cấp, vận hành các nhà máy xử lý nước đang vận hành theo phương thức truyền thống. Từ đó đưa ra khả năng ứng dụng công nghệ điều khiển và giám sát trong quản lý vận hành trạm theo phương thức điều khiển và giám sát từ xa, không cần nhiều người vận hành nhà máy.

Từ khóa: Hệ thống điều khiển giám sát thu thập dữ liệu; Thiết bị điều khiển lập trình; Nhà máy xử lý nước.

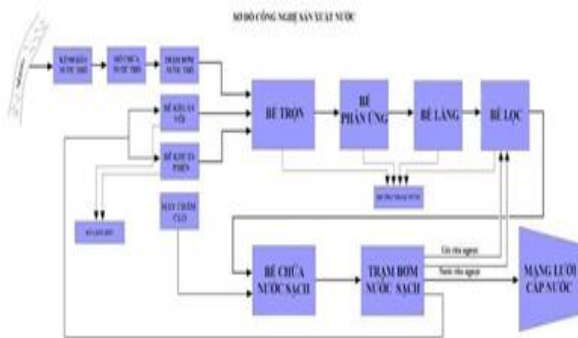
ABSTRACT

This article introduces the results of research on assembling the control model and supervising the operation of the water treatment plant using Scada WinCC software and PLC, to design the control program and monitor the operation of equipments within the water plant through the interface designed compatible with the plant structure. This research has helped to assess the renovation and upgrading possibility of water treatment system which are operated under the traditional method in the water supply. As a consequence, applications of substation monitoring and controlling technology are proposed to control unmanned substations remotely.

Key words: SCADA; PLC; Water treatment.

1. Giới thiệu:

Dự án Nhà máy nước Long Sơn 5000 m³/ngày đêm được xây dựng nhằm góp phần thúc đẩy sự phát triển kinh tế, nâng cao chất lượng sống cho người dân cung cấp đầy đủ nước sạch cho các nhu cầu của trung tâm thị xã Tân Châu, Tỉnh An Giang và các xã lân cận thuộc thị xã Tân Châu, Tỉnh An Giang đến năm 2018 và định hướng công tác mở rộng hệ thống cấp nước thị trấn đến năm 2025. Dự án sẽ tạo ra bộ mặt mới cho đô thị, nâng cao nhận thức của người dân về tác dụng của việc bảo vệ môi trường khu vực đang sinh sống.



Hình 1: Sơ đồ công nghệ sản xuất nước sạch.

Bài toán đặt ra đối với các doanh nghiệp chuyên sản xuất và cung cấp nước sạch đó là vấn đề nâng cao hiệu quả trong vận hành quản lý điều hành các nhà máy sản xuất nước sạch và hệ thống cung cấp nước sạch là một đòi hỏi cấp thiết nhằm đến các mục tiêu: ổn định chất lượng nước, ổn định áp lực nước, quản lý lượng nước khai

thác và lượng nước tiêu thụ, vận hành quản lý hệ thống máy móc thiết bị, quản lý mạng ống và trong tương lai quản lý đến chỉ số của khách hàng sử dụng nước nhằm mục tiêu giảm chi phí, tiết kiệm năng lượng, nâng cao hiệu quả cho doanh nghiệp trong hoạt động kinh doanh đồng thời góp phần vào việc bảo vệ môi trường sống. Phương pháp đáp ứng tốt cho mục tiêu quản lý hiệu quả là thiết lập hệ thống tự động hóa quản lý và giám sát SCADA.

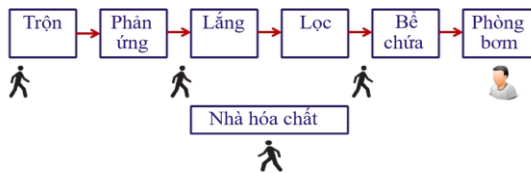
Thực tế trên thị trường có nhiều hệ SCADA phục vụ cho việc quản lý sản xuất và cung cấp nước sạch. Các hệ thống này rất chuyên nghiệp, nhiều tính năng mạnh tuy nhiên giá bản quyền và thiết bị rất đắt tiền. Bên cạnh đó, một số giải pháp quản lý giám sát, điều khiển và ghi nhận dữ liệu còn mang khuôn mẫu chung không đáp ứng hệ thống hiện tại.

2. Yêu cầu kỹ thuật điều khiển nhà máy nước Long Sơn:

2.1 Hiện trạng kỹ thuật điều khiển của nhà máy:

Các hệ thống điều khiển như trạm bơm nước thô, nhà hóa chất, cụm xử lý nước và trạm xử lý nước sạch được thiết kế vận hành bằng tay bằng nút nhấn trên tủ điều khiển tùy theo công suất động cơ các tủ điều khiển được khởi động trực tiếp hay khởi động sao tam giác, hệ thống điều khiển cũ khôn tin cậy, không giám sát được tình trạng thiết bị.

Vận hành nhà máy kiểu truyền thống



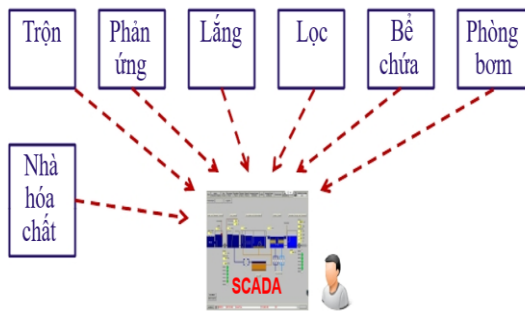
Hạn chế:

Cần nhiều nhân công để giám sát và vận hành nhà máy

2.2 Nâng cấp hệ thống điều khiển thiết bị và thu thập dữ liệu qua mạng scada:

Nhằm đảm bảo hệ thống cấp nước vận hành tiết kiệm, hiệu quả, hệ thống điều khiển hiện tại của hệ thống sẽ được nâng cấp để vận hành, điều khiển giám sát lưu trữ cơ sở dữ liệu qua hệ thống SCADA.

Vận hành nhà máy bằng SCADA



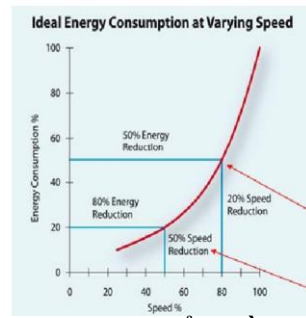
Hình 2: Vận hành hệ thống bằng Scada.

2.2.1 Điều khiển ngõ vào số (DOL):

Các thiết bị như các máy bơm cấp 1, bơm rửa lọc, bơm gió và thiết bị hoá chất sẽ vận hành bằng hệ thống SCADA qua việc đấu nối đến các ngõ vào và ngõ ra kiểu digital DI/DO, analog AI/AQ của bộ lập trình PLC.

2.2.2 Điều khiển các máy bơm theo áp suất vận hành:

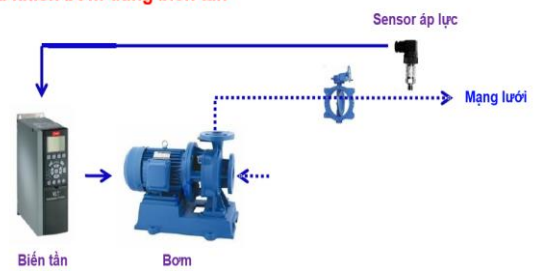
Hệ thống bơm cấp 2 được thiết kế 3 bơm trong đó gồm có 2 bơm chạy và 1 bơm dự phòng. Tốc độ các bơm được biểu thị như sau:



Hình 3: Biểu đồ % tốc độ và % năng lượng tiêu thụ.

Do đó tốc độ của các bơm sẽ được điều khiển bằng biến tần tại hai chế độ bằng tay hoặc tự động, ở chế độ bằng tay tốc độ của biến tần sẽ điều khiển ở phòng điều khiển trạm bơm hoặc ở phòng điều khiển SCADA trung tâm trong nhà máy. Sơ đồ kết nối máy bơm và biến tần như sau:

Điều khiển bơm dùng biến tần



Hình 4: Sơ đồ kết nối máy bơm và biến tần.

Ở chế độ vận hành tự động theo tín hiệu áp lực đầu vào mạng phân phối. Các thiết bị biến tần và PLC vận hành theo thuật toán PID để điều chỉnh lưu lượng bơm theo nhu cầu tiêu thụ nước nhằm ổn định áp lực đầu ra mạng phân phối. Khi nhu cầu tiêu thụ nước tăng, áp lực mạng có xu hướng giảm xuống, thiết bị biến tần sẽ tăng tốc độ bơm nhằm tăng lưu lượng nước cấp vào mạng nhờ đó áp lực mạng không bị suy giảm. Khi tốc độ bơm đạt cực đại mà áp lực mạng vẫn có xu hướng

giảm thì thiết bị điều khiển sẽ gọi thêm bơm vào vận hành. Ngược lại khi nhu cầu tiêu thụ nước giảm, áp lực mạng phân phối có xu hướng tăng lên. Thiết bị biến tần sẽ điều chỉnh giảm tốc độ bơm, giảm lưu lượng nước cấp vào mạng làm cho áp lực mạng không tăng. Khi tốc độ bơm đạt cực tiểu mà áp lực vẫn tăng thì thiết bị điều khiển sẽ sa thải bớt bơm. Nhờ vậy mà trong bất kỳ thời gian nào, áp lực mạng phân phối luôn được duy trì ổn định ở áp lực mong muốn được cài đặt bởi nhân viên vận hành.

2.2.3 Chế độ giám sát và thu thập dữ liệu và báo cáo của hệ thống:

a) Đối với trạm bơm cấp 1 :
 Các thông số kỹ thuật cần giám sát: Lượng nước thô khai thác, mức nước trong hồ nước thô...

- Tình trạng kỹ thuật các thiết bị, máy móc trong nhà máy, gồm: điện áp, công suất, dòng điện, nhiệt độ của các bơm và hệ thống.

b) Đối với trạm bơm cấp 2 và khu xử lý nước :

Các thông số đo lường cần giám sát: lưu lượng, mức nước bể nước sạch, hàm lượng clo dư, các áp lực nước trên các đường ống, độ PH, độ đục, độ lắng cặn, tốc độ bơm, tình trạng đóng mở các van điện, điện áp, công suất, dòng điện, của các bơm và hệ thống.

c) Chế độ báo cáo, thu thập dữ liệu, báo lỗi :

Các biểu đồ (TREND) sẽ cập nhật các thông số và tình trạng hệ thống theo thời gian cài đặt trước, dữ liệu được lưu trữ và xuất báo cáo qua việc truy vấn dữ liệu SQL và xuất ra file Excel dạng .csv hay xls.

3. Mô hình toán học của hệ thống điều khiển bơm theo áp suất vận hành.

Để đáp ứng được những yêu cầu về cấp nước với áp suất ổn định. Tính năng điều khiển theo thuật toán PID có thể ứng dụng vào trong các hệ thống điều khiển theo vòng kín và việc ứng dụng giải pháp này vào trong các hệ thống cấp nước sẽ đem lại nhiều lợi thế như có chi phí thấp, mức độ tự động hoá cao, đầy đủ các chức năng bảo vệ, dễ dàng vận hành và mang lại hiệu quả rõ ràng về tiết kiệm nước và năng lượng tiêu thụ.

3.1 Tổng quan bộ điều khiển PID:

Bộ điều khiển PID (A proportional integral derivative controller) [1] là bộ điều khiển sử dụng kỹ thuật điều khiển theo vòng lặp có hồi tiếp sử dụng rộng rãi trong các hệ thống điều khiển tự động. Một bộ điều khiển PID thực hiện hiệu chỉnh sai lệch giữa tín hiệu ngõ ra và ngõ vào sau đó đưa ra một tín hiệu điều khiển để điều chỉnh quá trình cho phù hợp.

3.2 Hàm truyền đạt:

$$W(p) = K_p(1 + \frac{1}{T_I P} + T_D P) = K_p + \frac{K_I}{P} + K_D P$$

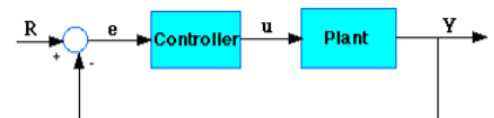
- Bộ điều khiển gồm có 3 thành phần:

+K_p: hệ số tỷ lệ

+K_I: hệ số tích phân

+K_D: hệ số vi phân

Xét hệ thống có sơ đồ khối như sau:



Trong đó:

+ Plant: đối tượng cần điều khiển

+ Controller: đưa tín hiệu điều khiển đối tượng, được thiết kế để hệ thống đạt đáp ứng mong muốn .

Biến e là thành phần sai lệch, là hiệu giữa giá trị tín hiệu vào mong muốn và tín hiệu ra thực tế. Tín hiệu sai lệch (e) sẽ đưa tới bộ PID, và bộ điều khiển tính toán cả thành phần tích phân lẫn vi phân của (e). Tín hiệu ra (u) của bộ điều khiển bằng:

$$u = K_p e + K_I \int e dt + K_D \frac{de}{dt}$$

*** Đặc tính các hệ số bộ điều khiển PID:**

- Thành phần tỉ lệ (K_p) có tác dụng làm tăng tốc độ đáp ứng của hệ, và làm giảm, chứ không triệt tiêu sai số xác lập của hệ (steady-state error)

- Thành phần tích phân (K_i) có tác dụng triệt tiêu sai số xác lập nhưng có thể làm giảm tốc độ đáp ứng của hệ thống.

- Thành phần vi phân (K_d) làm tăng độ ổn định hệ thống, giảm độ vọt lố và cải thiện tốc độ đáp ứng của hệ.

3.3 Lựa chọn luật điều khiển:

Theo Astrom và Hangglund [1] đưa ra một số nguyên tắc sau:

- Chọn luật điều khiển PI là đủ nếu quá trình có đặc tính của một khâu quán tính bậc nhất và không có thời gian trễ, hoặc yêu cầu chính là chất lượng điều khiển ở trạng thái xác lập, còn đặc tính bán tín hiệu chủ đạo trong quá trình quá độ không đặt ra hàng đầu. Thành phần I có thể bỏ qua nếu đối tượng đã có đặc tính tích phân hoặc sai lệch tĩnh không nhất thiết phải triệt tiêu.

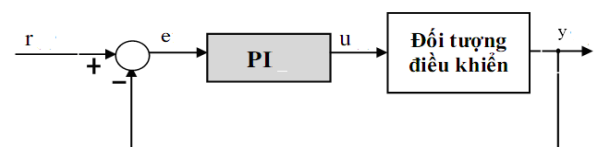
- Chọn luật điều khiển PID nếu như quá trình có đặc tính của khâu bậc 2 và thời gian trễ tương đối nhỏ.

- Đối với các quá trình có thời gian trễ lớn cần sử dụng các khâu bù trễ.

- Sử dụng các khâu bù nhiều nếu khả năng thực hiện cho phép để cải thiện chất lượng điều khiển.

- Các luật điều khiển P, PI, PD có thể chưa đáp ứng được yêu cầu đặt ra về chất lượng điều khiển đối với các quá trình bậc cao, thời gian trễ lớn hoặc giao động mạnh. Khi đó cần sử dụng các thuật toán điều khiển tiên tiến hoặc các sách lược điều khiển đặc biệt hơn.

Qua đó Với nhu cầu đáp ứng theo hệ thống trong luận văn có đối tượng đáp ứng là bậc nhất chúng ta đưa ra kết luận sử dụng luật điều khiển PI. Tùy theo ứng dụng thực tế có thể bỏ bớt thành phần trong bộ điều khiển không nhất thiết phải bao gồm đủ 3 thành phần, chẳng hạn có thể tạo bộ điều khiển tỉ lệ (P) hay bộ điều khiển chỉ chứa các thành phần tỉ lệ và tích phân (PI).



Trong đó:

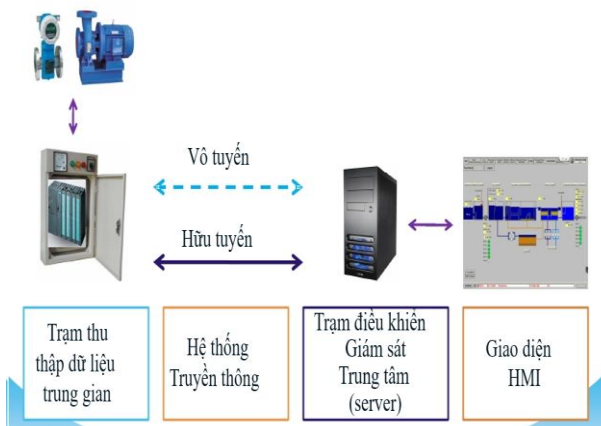
r : là tín hiệu đặt

y : tín hiệu đáp ứng đầu ra(Process value)

e : tín hiệu sai lệch, sai số ($e=SP-PV$)

u : là tín hiệu đầu ra bộ điều khiển.

4. Xây dựng mô hình thiết kế scada nhà máy nước Long Sơn.



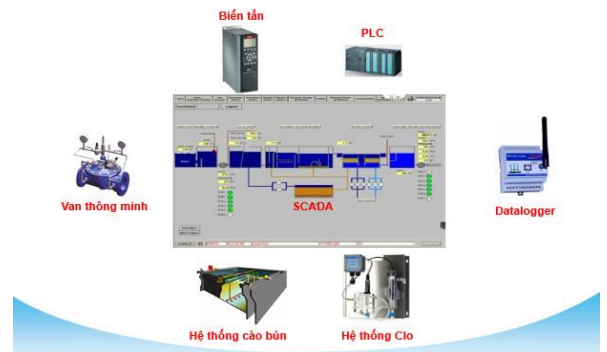
Hình 5: Mô hình thiết kế hệ thống scada nhà máy nước Long Sơn.

4.1 Trạm điều khiển giám sát trung tâm:

Gồm một hay nhiều máy chủ trung tâm (central host computer server) Trạm điều khiển giám sát trung tâm (SCADA center, masterStation, MTU) [5]. Hệ thống dựa vào máy tính PC (PC based systems), hay hệ thống trạm làm việc (Workstation systems), hay hệ thống dùng máy tính Mini đặt tại nhà máy.

4.2 Trạm thu thập dữ liệu trung gian:

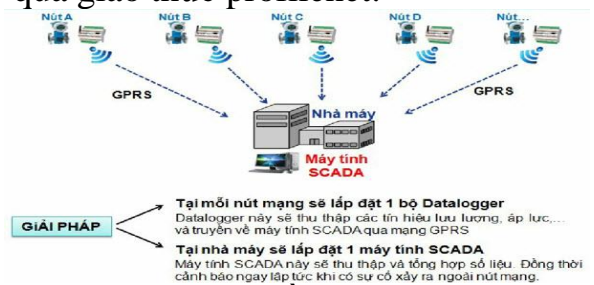
Là các khối thiết bị vào ra đầu cuối từ xa RTU (Remote Terminal Units) hoặc là các khối PLC (Programmable Logic Controllers)[5] có chức năng giao tiếp với các thiết bị chấp hành (cảm biến cấp trường, các hộp điều khiển đóng cắt và các van chấp hành...).



Hình 6: thiết bị đầu cuối RTU.

4.3 Hệ thống truyền thông:

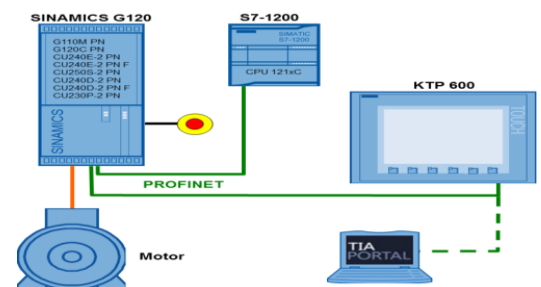
Bao gồm các mạng truyền thông công nghiệp, các thiết bị viễn thông và các thiết bị chuyển đổi dòng kênh có chức năng truyền dữ liệu cấp trường đến các khối điều khiển và máy chủ qua giao thức profilenet.



Hình 7: Truyền thông Scada.

4.4 Giao diện người - máy HMI (Human Machine Interface):

Gồm các màn hình HMI [5] biểu diễn thị quá trình xử lý dữ liệu để người vận hành điều khiển các quá trình hoạt động của hệ thống, các HMI này liên kết các PLC để vận hành.

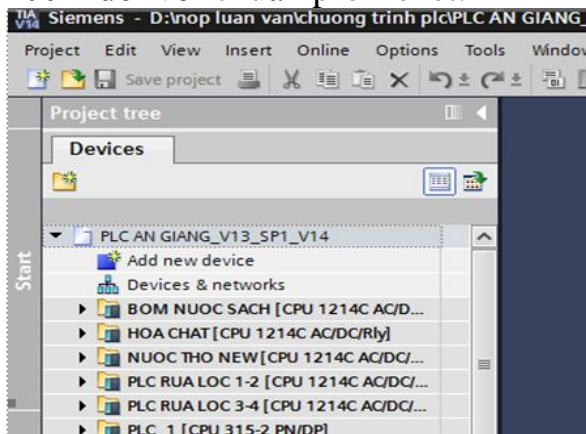


Hình 8: Giao diện HMI.

4.5 Làm việc với phần mềm TIA PORTAL V14 SP1:

Theo cấu trúc nhà máy một khu vực xử lý ta lập một trạm PLC để thực hiện lập trình điều khiển các thiết bị hoặc thực hiện việc đọc và phân tích tín hiệu...ta có các trạm PLC cần thực hiện gồm trạm bơm nước thô, trạm bơm nước sạch, hóa chất, rửa lọc, các HMI, mỗi trạm sử dụng 1 PLC S7 1200 CPU 1214C và được truyền thông nhau qua một Hub công nghiệp theo chuẩn giao tiếp profilenet và sử dụng phần mềm TIA PORTAL V14 để lập trình [2].

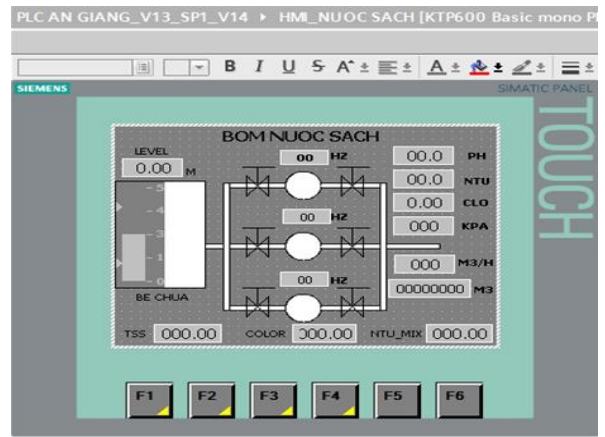
Dây cáp sử dụng nối từ PLC, HMI đến HUB sử dụng cáp loại RJ45 tiêu chuẩn CAT5E hay CAT6 hay cáp quang, độ dài truyền dẫn không quá 100m đối với chuẩn profilenet.



Hình 9: lập các trạm PLC.

4.6 Lập trình các HMI:

Các HMI là các màn hình loại KTP 600 basic mono của hãng Siemens đơn sắc được lắp trước các tủ điện nhằm mục đích điều khiển quản lý vận hành lưu trữ các thông số các máy bơm nước thô, bơm nước sạch, bơm rửa lọc, bơm hóa chất. Các HMI được kết nối truyền thông theo chuẩn profilenet kết nối chung 1 HUB công nghiệp với PLC theo mỗi trạm PLC đã được thiết kế nêu trên.



Hình 10: Lập trình HMI.

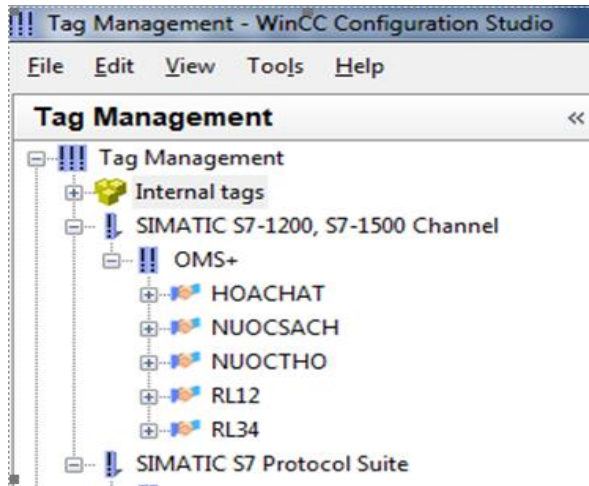
5. Làm việc với phần mềm lập trình Scada WinCC 7.4 SP1:

WinCC viết tắt của Windows Control Center, là một phần mềm của hãng Siemens dùng để điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu trong quá trình sản xuất. WinCC cung cấp các module chức năng thường dùng trong công nghiệp như: Hiển thị hình ảnh, tạo thông điệp, lưu trữ an toàn (bảo mật) của nó đảm bảo tính hữu dụng cao. Với WinCC, người dùng có thể trao đổi dữ liệu trực tiếp với nhiều PLC của các hãng khác nhau như Mitsubishi, Allen Braddly, Siemens v.v... thông qua cổng COM với chuẩn RS-232 của máy tính với chuẩn RS-485 của PLC [3].

Nguyên tắc để bắt cứ một hệ thống Scada vận hành đó là tạo driver kết nối giữa hệ thống lập trình của PLC và phần mềm Scada thông qua các tag được tạo [4].

Tạo tag (biến) đặt tên cho biến bên cạnh đó là đặt các thuộc tính dữ liệu cho biến. Để tạo biến (tag) ta phải tạo được driver kết nối giữa WinCC và PLC để thực hiện, sau đó mới tiến hành tạo các thuộc tính hình ảnh, tạo

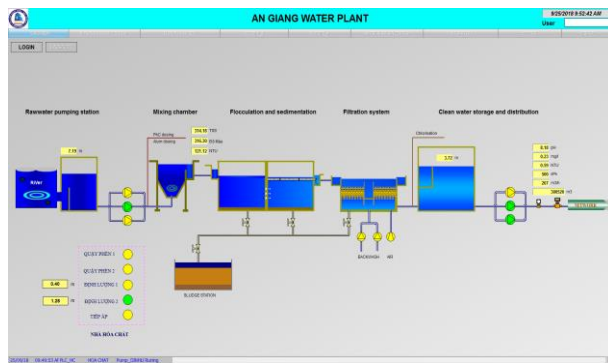
ảnh quá trình (giao diện) tạo thuộc tính cho hình ảnh, nút nhấn, các trường vào ra IO field.



Hình 11: tạo tag và tạo driver kết nối PLC và WinCC.

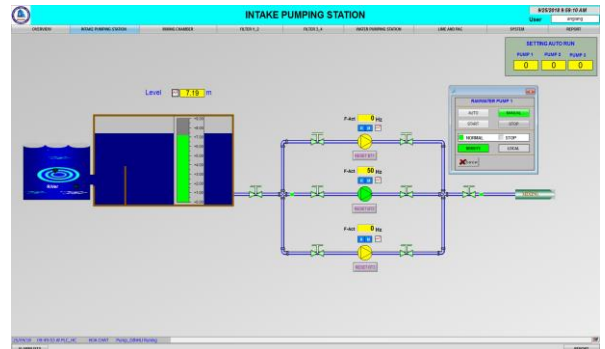
6. Tạo giao diện Win CC nhà máy nước Long Sơn:

6.1 Trang Overview: Cho phép giám sát tổng thể toàn bộ hệ thống



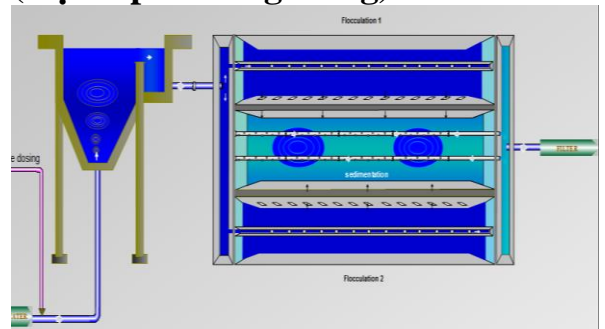
Hình 12: Trang Overview.

6.2 Trang Intake pumping station (bơm nước thô):



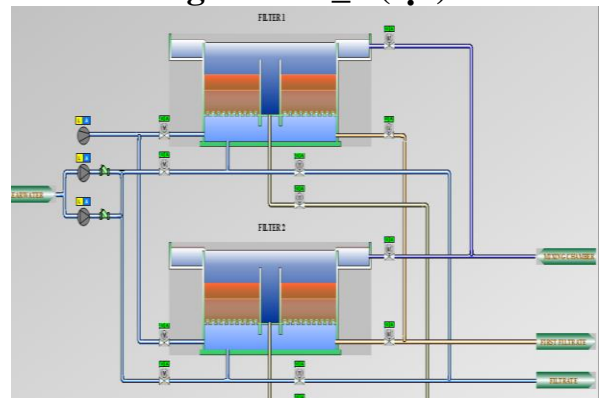
Hình 13: Trang Intake pumping Station.

6.3 Trang Mixing and chamber (trộn – phản ứng – lắng):



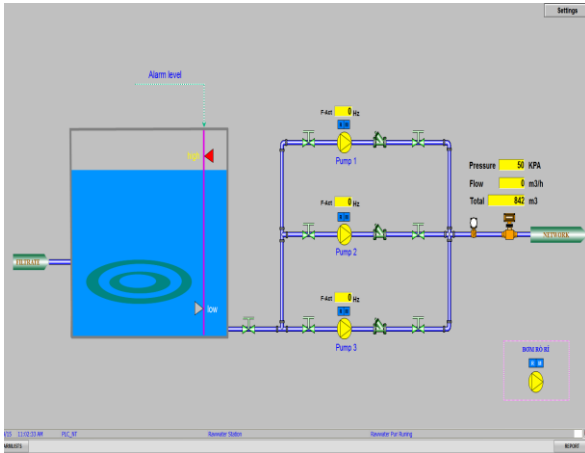
Hình 14: Trang Mixing chamber.

6.4 Trang Filter 1_2 (lọc):



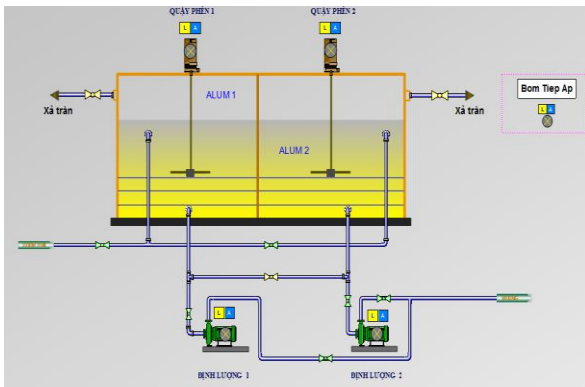
Hình 15: Trang Filter.

6.5 Trang water pump station (trạm bơm nước sạch):



Hình 16: trạm bơm nước sạch.

6.6 Trang Trang LIME AND PAC (nhà hóa chất) :



Hình 17: trạm bơm nước sạch.

6.7 Trang Report:



Hình 18: trạm bơm nước sạch.

7. Kết luận:

Mục đích bài báo này đã trình bày hướng nghiên cứu xây dựng một hệ thống SCADA hoàn chỉnh đầy đủ các chức năng từ điều khiển, giám sát, cảnh báo sự cố, thu thập dữ liệu vận hành...

Sau quá trình nghiên cứu, hệ thống Scada đã được thực hiện các bước đầu tư xây dựng tiến hành thi công và hiện nay đã đưa vào vận hành.

Việc ứng dụng công nghệ SCADA cho nhà máy đã bước đầu việc nâng cao hiệu quả trong vận hành nhà máy sản xuất và hệ thống cung cấp nước sạch.

Hệ thống scada hiện tại của nhà máy nước sẽ tiếp tục nghiên cứu đi sâu vào vấn đề kỹ thuật truyền thông xa mạng và xây dựng được mô hình truy vấn và lưu trữ dữ liệu nhanh hơn và dung lượng dữ trữ nhiều hơn trên nền cơ sở dữ liệu kiểu SQL để xây dựng chế độ báo cáo chính xác hơn.

Hướng phát triển mới của dự án đó là xây dựng biểu đồ áp lực trên bản đồ GIS của địa phương nhúng vào trang web của Công ty để thực hiện công tác giám sát. Đồng thời gửi tín hiệu áp lực về trung tâm điều khiển biến tần vận hành theo áp lực ngoài mạng. Thiết kế các bộ điều khiển đảm bảo tính ổn định hệ thống hơn thông qua nghiên cứu bộ điều khiển fuzzy logic.



TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Thị Phương Hà, Huỳnh Thái Hoàng (2005), Lý thuyết điều khiển tự động, NXB ĐH Quốc Gia.
- [2]. Trần Đức Hiếu (2005), Tự động hóa PLC S7 1200 với TIA PORTAL.
- [3]. PGS-TS. Phạm Văn Hòa (2005), Hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu Scada trong hệ thống điện, NXB Bách khoa, Hà Nội.
- [4]. Stuart A. Boyer ISA (2004), SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition-The Instrumentation, Systems, and Automation Society.
- [5]. Water Supply Operations: SCADA and Instrumentation – nhà xuất bản American Water Works Association, 2005.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên: Nguyễn Ngọc Châu

Đơn vị:

Điện thoại: 0913712464

Email: chau.greentech79@gmail.com

XÁC NHẬN CỦA GV HƯỚNG DẪN

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SĨ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn



Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.