ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
CAPSTONE PROJECT

NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA

ĐỀ TÀI:

THIẾT KẾ HỆ THỐNG GIÁM SÁT TỪ XA CHẤT LƯỢNG NƯỚC THẢI NHÀ MÁY LUXCASE VIETNAM

Người hướng dẫn: **TS. NGÔ ĐÌNH THANH**
Đồng hướng dẫn: **KS. CHẾ NAM HOÀNG**
Sinh viên thực hiện:
NGUYỄN ĐÌNH VƯƠNG – MSSV: 105200525 – LỚP: 20TDHCLC4

Đà Nẵng, 06/2025

TÓM TẮT

Tên đề tài: Thiết kế hệ thống giám sát từ xa chất lượng nước thải nhà máy Luxcase Vietnam.

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Đình Vương

Số thẻ SV: 105200525 Lớp: 20TDHCLC4

Mô tả đề tài:

- Thiết kế hệ thống giám sát chất lượng nước thải đầu ra tại nhà máy Luxcase Vietnam, tích hợp trực tiếp vào hệ thống xử lý nước thải của công ty.
- Thu thập dữ liệu từ các cảm biến đo pH, COD, các tủ phân tích,… và truyền về PLC để xử lý, hiển thị và lưu trữ tại phòng điều khiển.
- Hiển thị dữ liệu giám sát trên HMI để tiện theo dõi thông số theo thời gian thực, cảnh báo khi vượt ngưỡng cho phép.

Mục đích:

- Tự động hóa công tác giám sát chất lượng nước thải, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật trong vận hành hệ thống xử lý.
- Tăng cường khả năng kiểm soát, phát hiện và cảnh báo kịp thời các thông số vượt ngưỡng, đảm bảo nước thải đầu ra đạt quy chuẩn.
- Giảm sự phụ thuộc vào kiểm tra thủ công, giúp tối ưu nguồn nhân lực và nâng cao hiệu quả quản lý vận hành.

Kết quả đạt được:

- Hệ thống đã thu thập thành công các thông số đầu ra như pH, COD, TP, TN,… và hiển thị đầy đủ trên màn hình tại phòng điều khiển.
- Cho phép cảnh báo tức thời khi có sự cố vượt ngưỡng, giúp nhân viên vận hành xử lý kịp thời, tránh rủi ro phát thải sai quy định.
- Dữ liệu được lưu trữ cục bộ theo thời gian, hỗ trợ việc truy xuất và báo cáo nhanh chóng, phục vụ kiểm tra nội bộ và đối chiếu với bên giám sát môi trường của KCN.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIETNAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ tên sinh viên: Nguyễn Đình Vương. Số thẻ sinh viên: 105200525

Lớp: 20TDHCLC4. Khoa: Điện Ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hoá.

1. *Tên đề tài đồ án:*

Thiết kế hệ thống giám sát từ xa chất lượng nước thải nhà máy Luxcase Vietnam.

2. *Đề tài thuộc diện: ☐Có ký kết thỏa thuận sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện*
3. *Các số liệu và dữ liệu ban đầu:*

……..…….…….....

……..

……..…..……..……..

Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

TT	Tên sinh viên	Nội dung
1	Nguyễn Đình Vương	- Tìm hiểu đặc điểm, đặc trưng các loại nước thải của nhà máy. - Tìm hiểu các chỉ tiêu đánh giá chất lượng nước thải được quy định. - Khảo sát vị trí bể nước thải tập trung tới phòng phân tích nước thải và phòng điều khiển. - Tính toán lựa chọn các thiết bị bơm, dây dẫn, cảm biến, các tủ phân tích chất lượng nước. - Vẽ sơ đồ mạch động lực, sơ đồ nối dây từ các thiết bị quan trắc. - Thiết kế kiến trúc hệ thống giám sát và điều khiển. - Thiết kế lưu đồ thuật toán cho hệ thống. - Viết chương trình PLC cho hệ thống. - Thiết kế giao diện điều khiển và giám sát hệ thống trên phần mềm Simatic WinCC Explorer. - Thiết kế giao diện cảnh báo cho hệ thống, tạo cơ sở dữ liệu.

		- Thực hiện mô phỏng hệ thống. - Tổng hợp nội dung viết thuyết minh, làm slide báo cáo.

4. Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Nguyễn Đình Vương	

5. Họ tên người hướng dẫn:	*Phần/ Nội dung:*
TS. Ngô Đình Thanh	- Giám sát tiến độ hoàn thành. - Kiểm tra và cho ý kiến về công việc. - Hỗ trợ đưa ra giải pháp thực hiện - Hỗ trợ nhận xét, chỉnh sửa báo cáo

6. Ngày giao nhiệm vụ đồ án: /03/2025

7. Ngày hoàn thành đồ án: /06/2025

Đà Nẵng, ngày tháng 06 năm 2025

Trưởng Bộ môn Tự động hóa	**Người hướng dẫn**
TS. Giáp Quang Huy	TS. Ngô Đình Thanh

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIETNAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU KIỂM SOÁT TIẾN ĐỘ LÀM ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

(Phiếu dành cho người hướng dẫn/sinh viên)

Họ tên sinh viên: Nguyễn Đình Vương Số thẻ SV : 105200525

Tên đề tài ĐATN:

Thiết kế hệ thống giám sát từ xa chất lượng nước thải nhà máy Luxcase Vietnam

Họ tên người HD: TS. Ngô Đình Thanh

Đơn vị: Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng

Tuần	Ngày	Khối lượng		GVHD ký tên
		Đã thực hiện (%)	Tiếp tục thực hiện (%)	
1	19/02/2025	Liên hệ nhận đề tài từ doanh nghiệp	Tiếp tục chọn đề tài phù hợp	
2	26/02/2025	Đề Cương chi tiết Đồ án tốt nghiệp	Nghiên cứu tổng quan đề tài, quy trình công nghệ của trạm xử lý	
3	05/03/2025	Tham quan thực tế và đồng thời tìm hiểu tổng quan đề tài	Viết báo cáo chương 1	
4	12/03/2025	Duyệt lần 1: Đánh giá khối lượng hoàn thành 100 % : Được tiếp tục làm ĐATN □ Không tiếp tục thực hiện ĐATN □		
5	19/03/2025	Hiểu rõ về hệ thống, quy trình công nghệ	Tiếp thục tham quan thực tế hiện trường	
6	26/03/2025	Hiểu rõ về hệ thống, quy trình công nghệ	Tiếp thục tham quan thực tế hiện trường	
7	02/04/2025	Tham gia vận hành chạy thử hệ thống	Tiếp tục vận hành chạy thử hệ thống	
8	09/04/2025	Duyệt lần 2: Đánh giá khối lượng hoàn thành 100 % : Được tiếp tục làm ĐATN □ Không tiếp tục thực hiện ĐATN □		
9	16/04/2025	Tìm hiểu, phân tích nguồn gốc nước thải	Đánh giá chất lượng nước thải. Viết báo cáo chương 2	
10	23/04/2025	Xây dựng phương án giám sát cho hệ thống	Tìm hiểu các phương án giám sát đã có trên thị trường Hoàn thành báo cáo chương 2	

11	30/04/2025	Phân tích lựa chọn các thiết bị đo, cảm biến, phân tích	Lựa chọn các thiết bị tủ phân tích cho hệ thống. Viết báo cáo chương 3	
12	07/05/2025	Duyệt lần 3: Đánh giá khối lượng hoàn thành 100 % : Được tiếp tục làm ĐATN □ Không tiếp tục thực hiện ĐATN □		
13	14/05/2025	Hoàn thành báo cáo chương 3 Thiết kế giao diện hệ thống bằng phần mềm SIMATIC WinCC	Tiếp tục hoàn thiện giao diện điều khiển và giám sát. Viết báo cáo chương 4	
14	21/05/2025	Lập trình chương trình PLC Viết báo cáo chương 4	Hoàn thiện chương trình, chạy thử mô phỏng với phần mềm SIMATIC WinCC	
15	28/05/2025	Chạy thử mô phỏng hệ thống	Chỉnh sửa báo cáo chương 4	
16	10/06/2025	Viết báo cáo chương 5 và kết luận	Hoàn thiện đồ án	

LỜI NÓI ĐẦU VÀ CẢM ƠN

Sau bốn năm học tập và rèn luyện tại trường Đại học Bách Khoa – Đại học Đà Nẵng, đồ án tốt nghiệp là một cột mốc quan trọng, đánh dấu sự kết thúc quá trình học tập tại giảng đường đại học, đồng thời cũng là dịp để em tổng hợp và vận dụng những kiến thức đã được trang bị vào một đề tài mang tính thực tiễn cao.

Trong suốt quá trình thực hiện đồ án tốt nghiệp với đề tài *"**Thiết kế hệ thống giám sát từ xa chất lượng nước thải nhà máy Luxcase Vietnam**"*, em đã nhận được rất nhiều sự hướng dẫn tận tình, sự hỗ trợ quý báu và những lời khuyên chân thành từ quý thầy cô, bạn bè và gia đình.

Em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến thầy Ngô Đình Thanh – người đã trực tiếp hướng dẫn em trong suốt quá trình thực hiện đồ án. Thầy không chỉ tận tình chỉ dạy về chuyên môn mà còn truyền cảm hứng và định hướng giúp em tiếp cận vấn đề một cách khoa học, thực tế và hiệu quả hơn. Những góp ý, động viên và sự tận tụy của thầy chính là nền tảng giúp em hoàn thành đồ án này.

Em cũng xin gửi lời cảm ơn chân thành đến các thầy cô trong Khoa Điện – Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Đà Nẵng, đặc biệt là các thầy cô bộ môn Kỹ thuật điều khiển – Tự động hóa, đã truyền đạt cho em những kiến thức quý báu xuyên suốt quá trình học. Chính những bài giảng, sự tận tâm và nghiêm khắc của quý thầy cô đã giúp em có được nền tảng kiến thức vững chắc để tự tin bước vào giai đoạn làm đồ án cũng như hành trình nghề nghiệp sau này.

Bên cạnh đó, em cũng xin chân thành cảm ơn công ty TNHH công nghệ chính xác Luxcase Vietnam cùng các đồng nghiệp trong bộ phận đã tạo điều kiện cho em được tiếp cận với thực tế sản xuất, cung cấp thông tin, chia sẻ kinh nghiệm và hỗ trợ tận tình trong quá trình khảo sát và hoàn thiện đề tài.

Dù đã nỗ lực hết mình trong quá trình thực hiện, do giới hạn về thời gian, kinh nghiệm và kiến thức thực tế, đồ án chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong nhận được sự góp ý và chỉ dẫn thêm từ quý thầy cô để hoàn thiện hơn trong tương lai và phục vụ tốt hơn cho công việc sau này.

Em xin chân thành cảm ơn!

Đà Nẵng, ngày 20 tháng 06 năm 2025

LỜI CAM ĐOAN LIÊM CHÍNH HỌC THUẬT

Xin cam đoan:

- Đồ án tốt nghiệp là thành quả từ sự nghiên cứu hoàn toàn thực tế trên cơ sở các số liệu thực tế và được thực hiện theo hướng dẫn của giáo viên hướng dẫn và người hướng dẫn doanh nghiệp.

- Các nội dung lý thuyết trình bày trong luận văn này là do chúng em tham khảo các tài liệu và biên soạn lại.

- Chương trình vận hành và tất cả các kết quả kiểm tra đánh giá thực nghiệm đều do bản thân tự làm ra, hoàn toàn không phải sao chép từ bất kỳ một tài liệu hoặc công trình nghiên cứu nào khác.

Nếu không thực hiện đúng các cam đoan nêu trên, chúng em xin hoàn toàn chịu trách nhiệm trước kỷ luật của nhà trường.

Đà Nẵng, ngày 20 tháng 06 năm 2025

Sinh viên thực hiện

MỤC LỤC

TÓM TẮT ..... **i**
NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ..... **ii**
PHIẾU KIỂM SOÁT TIẾN ĐỘ LÀM ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ..... **iv**
LỜI CAM ĐOAN LIÊM CHÍNH HỌC THUẬT ..... **vii**
DANH SÁCH CÁC BẢNG, HÌNH VẼ ..... **xi**
DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT ..... **xiv**
MỞ ĐẦU **1**
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI **2**
1.1 Lý do chọn đề tài 2
1.2 Mục đích của đề tài 2
1.3 Giới hạn của đề tài 2
1.4 Kết luận chương 1 3
CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN HỆ THỐNG GIÁM SÁT TỪ XA CHẤT LƯỢNG NƯỚC THẢI **4**
2.1 Đối tượng giám sát 4
2.1.1 Nguồn tiếp nhận nước thải của hệ thống 4
2.1.2 Đặc điểm, tính chất của nước thải 5
2.2 Các chỉ tiêu cần giám sát của hệ thống 6
2.2.1 Tiêu chuẩn tiếp nhận nước thải của KCN VSIP Nghệ An 6
2.2.2 Các chỉ tiêu cần giám sát của hệ thống 7
2.3 Các giải pháp phổ biến trong công nghiệp 8
2.4 Đề xuất giải pháp thiết kế 10
2.4.1 Yêu cầu về tính năng của hệ thống 11
2.4.2 Yêu cầu về tính kỹ thuật của hệ thống 12
2.5 Kết luận chương 2 13
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG GIÁM SÁT TỪ XA **14**

3.1 Kiến trúc hệ thống 14
3.2 Lớp thiết bị - cấp trường 14
3.2.1 Cảm biến 14
3.2.2 Tủ phân tích trực tuyến 19
3.2.3 Máy bơm lấy mẫu 29
3.3 Lớp điều khiển 32
3.3.1 Bộ điều khiển Siemens PLC SIMATIC S7-1500 33
3.3.2 Bộ điều khiển phân tán Siemens SIMATIC ET 200SP 34
3.4 Kết luận chương 3 38
CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ GIAO DIỆN VÀ LẬP TRÌNH HỆ THỐNG 39
4.1 Chương trình PLC SIMATIC S7-1500 39
4.1.1 Lưu đồ thuật toán 39
4.1.2 Cấu hình phần cứng 46
4.1.3 Khai báo và quản lý biến 47
4.1.4 Chương trình PLC 49
4.2 Liên kết các Tag giữa phần mềm TIA Portal với WinCC Explorer 52
4.3 Thiết kế giao diện trên phần mềm Simatic WinCC Explorer 53
4.3.1 Giao diện tích hợp hệ thống xử lý nước thải 54
4.3.2 Giao diện PopUp Screen 57
4.3.3 Giao diện cảnh báo 59
4.4 Kết luận chương 4 60
CHƯƠNG 5: KẾT QUẢ THỰC HIỆN 61
5.1 Kết quả đọc giá trị cảm biến, tủ phân tích 61
5.2 Kết quả chương trình chế độ bằng tay 62
5.3 Kết quả chương trình chế độ tự động 63
5.4 Hệ thống cảnh báo 64
5.5 Tạo báo cáo, lưu trữ dữ liệu 65
5.6 Kết luận chương 5 66

KẾT LUẬN **67**
TÀI LIỆU THAM KHẢO **68**
PHỤ LỤC 1 ..... **69**
PHỤ LỤC 2 ..... **71**
PHỤ LỤC 3 ..... **73**
PHỤ LỤC 4 ..... **75**

DANH SÁCH CÁC BẢNG, HÌNH VẼ

Bảng 1. Danh sách nước thải nhà máy Luxcase Vietnam 5
Bảng 2. Tiêu chuẩn tiếp nhận nước thải của VSIP Nghệ An 7
Bảng 3. So sánh giữa giải pháp đề xuất và giải pháp có sẵn trên thị trường 11
Bảng 4. Thông số kỹ thuật cảm biến lưu lượng 16
Bảng 5. Thông số kỹ thuật cảm biến mức Endress Hauser 17
Bảng 6. Thông số kỹ thuật cảm biến pH/ORP Suntex 18
Bảng 7. Thông số kỹ thuật máy phân tích COD 20
Bảng 8. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Nickel 21
Bảng 9. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Nitrogen 23
Bảng 10. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng NH3-N 24
Bảng 11. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Cr3 26
Bảng 12. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Phospho 27
Bảng 13. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Cr6 28
Bảng 14. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Cr6 29
Bảng 15. Phân nhóm các chỉ tiêu nước thải 30
Bảng 16. Thông số kỹ thuật bơm lấy mẫu nước thải 31
Bảng 17. Thông số kỹ thuật bơm chìm hoàn nước thải sau lấy mẫu 32
Bảng 18. Liệt kê tín hiệu Input của PLC 33
Bảng 19. Thông số kỹ thuật PLC S7-1500 34
Bảng 20. Phân địa chỉ cho các thiết bị trường 35
Bảng 21. Số liệu kỹ thuật của module mở rộng tín hiệu Analog 35
Bảng 22. Thông số kỹ thuật bộ điều khiển phân tán SIMATIC ET 200SP 37
Bảng 23. File cảnh báo được xuất từ giao diện cảnh báo 65
Bảng 24. File dữ liệu được xuất từ giao diện các chỉ tiêu đánh giá chất lượng 66
Bảng 25. Bảng chỉ tiêu tiếp nhận nước thải của KCN VSIP 66
Hình 2.1 Bể thoát nước thải T713 4
Hình 2.2 Mô hình giám sát của công ty Phan Lê 9
Hình 2.3 Mô hình giám sát của công ty Minh Thanh 9

Hình 3.1 Kiến trúc hệ thống giám sát....14
Hình 3.2 Cảm biến lưu lượng....15
Hình 3.3 Cảm biến mức Endress Hauser....16
Hình 3.4 Cảm biến đo pH/ORP Suntex....18
Hình 3.5 Tủ phân tích trực tuyến chất lượng nước thải....19
Hình 3.6 Sơ đồ lấy mẫu nước thải từ bể T713....30
Hình 3.7 Bơm lấy mẫu nước thải....30
Hình 3.8 Lưu đồ thuật toán của bơm chìm....31
Hình 3.9 Bơm chìm hoàn nước thải sau lấy mẫu....32
Hình 3.10 PLC SIMATIC S7-1500....33
Hình 3.11 Bộ điều khiển phân tán SIMATIC ET 200SP....34
Hình 3.12 Module mở rộng tín hiệu Analog....35
Hình 4.1 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T707-Bằng tay....40
Hình 4.2 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T707-Tự động....40
Hình 4. 3 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T710-Bằng tay....41
Hình 4.4 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T710-Tự động....41
Hình 4.5 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T713-Bằng tay....42
Hình 4.6 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T713-Tự động....42
Hình 4.7 Lưu đồ thuật toán bơm và van hoá chất-Bằng tay....43
Hình 4.8 Lưu đồ thuật toán bơm và van hoá chất-Tự động....43
Hình 4.9 Lưu đồ thuật toán máy khuấy-Bằng tay....44
Hình 4.10 Lưu đồ thuật toán máy khuấy-Tự động....44
Hình 4.11 Lưu đồ thuật toán quạt DO và quạt sục khí-Bằng tay....45
Hình 4.12 Lưu đồ thuật toán quạt DO và quạt sục khí-Tự động....45
Hình 4.13 SIMATIC S7-1500 1513-1 PN....46
Hình 4.14 IO Device ET 200SP....46
Hình 4.15 Kết nối giữa PLC S7-1500 và IO Device ET200 SP....47
Hình 4.16 Khai báo các biến trong phần PLC Tags....47
Hình 4.17 Khai báo các biến trung gian trong phần PLC Tags....48
Hình 4.18 Tạo các biến hiển thị, nhập giá trị....48

Hình 4.19 Tạo các biến cảnh báo của hệ thống giám sát 49
Hình 4.20 Tạo các biến cảnh báo về mức chất lỏng.....49
Hình 4.21 Đồ thị mô tả hàm NORM_X 50
Hình 4.22 Đồ thị mô tả hàm SCALE_X 50
Hình 4.23 Function Block đọc giá trị cảm biến 50
Hình 4.24 Chương trình đọc giá trị cảm biến, tủ phân tích.....51
Hình 4.25 Chương trình điều khiển bơm nâng T713-Bằng tay 51
Hình 4.26 Chương trình điều khiển bơm nâng T713-Tự động 52
Hình 4.27 Cấu hình kết nối giữa PLC và WinCC Explorer 53
Hình 4.28 Các tags đã tạo ở chương trình PLC đã được liên kết.....53
Hình 4.29 Chức năng Graphic Designer trong WinCC.....54
Hình 4.30 Giao diện đơn vị xử lý nước thải T707 55
Hình 4.31 Giao diện điều khiển đơn vị xử lý nước thải T707 55
Hình 4.32 Giao diện giám sát chất lượng nước thải.....56
Hình 4.33 Giao diện cảnh báo của hệ thống 56
Hình 4.34 Giao diện hoàn chỉnh đơn vị xử lý nước thải T707.....57
Hình 4.35 Các giao diện PopUp trong hệ thống 57
Hình 4.36 Cấu hình PopUp bằng VBS-Script.....58
Hình 4.37 Cấu hình PopUp bằng Direct Connection 58
Hình 4.38 Cấu hình giao diện PopUp.....59
Hình 4.39 Các cảnh báo được tạo ở chương trình PLC 59
Hình 4.40 Cấu hình giao diện cảnh báo 60
Hình 5.1 Kết quả đọc giá trị các cảm biến, tủ phân tích 61
Hình 5.2 Giao diện giám sát chỉ tiêu chất lượng nước thải được tích hợp.....62
Hình 5.3 Giao diện điều khiển bằng tay của bơm nâng T707.....62
Hình 5.4 Giao diện điều khiển bằng tay của bơm và van hoá chất 63
Hình 5.5 Chế độ hoạt động tự động của hệ thống.....64
Hình 5.6 Giao diện cảnh báo của hệ thống.....64
Hình 5.7 Giao diện hiển thị các chỉ tiêu của hệ thống theo thời gian thực 65

DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

CHỮ VIẾT TẮT:

PLC:	Programmable Logic Controller (Bộ điều khiển logic lập trình)
IO:	Input/Output (Ngõ vào/Ngõ ra)
AI:	Analog Input (Ngõ vào tín hiệu tương tự)
SCADA:	Supervisory Control and Data Acquisition (Hệ thống giám sát và thu thập dữ liệu)

MỞ ĐẦU

Đề tài "Thiết kế hệ thống giám sát chất lượng nước thải đầu ra tại nhà máy Luxcase Vietnam" nhằm xây dựng một hệ thống giám sát tự động, tích hợp trực tiếp vào hệ thống xử lý nước thải hiện hữu. Hệ thống thu thập dữ liệu từ các cảm biến và tủ phân tích trực tuyến, truyền về PLC để xử lý, hiển thị tại phòng điều khiển trung tâm và lưu trữ trên máy chủ. Dữ liệu được cập nhật theo thời gian thực, đồng thời hệ thống có khả năng cảnh báo khi các thông số vượt ngưỡng, giúp người vận hành theo dõi và xử lý kịp thời.

Mục đích chính của đề tài là tự động hóa quá trình giám sát, tăng cường khả năng kiểm soát chất lượng nước thải, giảm sự phụ thuộc vào kiểm tra thủ công, tối ưu hóa nguồn nhân lực và nâng cao hiệu quả vận hành. Hệ thống được thiết kế nhằm đảm bảo nước thải đầu ra luôn đạt quy chuẩn môi trường một cách ổn định và chính xác.

Phương pháp nghiên cứu bao gồm khảo sát hệ thống xử lý nước thải hiện có, phân tích yêu cầu kỹ thuật, lựa chọn thiết bị phù hợp, thiết kế kết nối phần cứng và lập trình điều khiển. Sau khi hoàn thiện, hệ thống được mô phỏng, thử nghiệm và đánh giá trước khi triển khai thực tế.

Kết quả cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, thu thập và hiển thị đầy đủ các thông số như pH, COD, tổng phospho (TP), tổng nitơ (TN), nitơ tổng (Tni), crom (Cr). Chức năng cảnh báo hoạt động hiệu quả, hỗ trợ xử lý kịp thời các sự cố vượt ngưỡng. Dữ liệu thu thập được sử dụng cho quản lý nội bộ và làm cơ sở so sánh, đánh giá hiệu quả vận hành của doanh nghiệp trong lĩnh vực xử lý nước thải.

Đồ án gồm 5 chương: Giới thiệu đề tài; Tổng quan hệ thống; Thiết kế hệ thống giám sát; Kết quả thực hiện.

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI

1.1 Lý do chọn đề tài

Hiện nay, việc giám sát chất lượng nước thải đóng vai trò quan trọng trong công tác bảo vệ môi trường và tuân thủ các quy định của pháp luật. Tại nhà máy Luxcase Vietnam, hệ thống xử lý nước thải có quy mô lớn, tiếp nhận từ nhiều nguồn khác nhau với tổng công suất xử lý đạt 5.000 m^3/ngày. Tuy nhiên, hoạt động giám sát chất lượng nước đầu ra vẫn còn phụ thuộc nhiều vào quy trình thủ công, chưa được tự động hóa và quản lý tập trung, gây khó khăn trong việc phát hiện sớm sự cố và theo dõi liên tục các thông số nước thải.

Trước thực trạng đó, đề tài "**Thiết kế hệ thống giám sát chất lượng nước thải từ xa nhà máy Luxcase Vietnam**" được lựa chọn với mục tiêu xây dựng một hệ thống quan trắc tự động, cho phép theo dõi liên tục các chỉ tiêu đặc trưng như pH, COD, TSS,... thông qua cảm biến và các tủ phân tích chuyên dụng. Dữ liệu được tự động thu thập, lưu trữ và hiển thị thời gian thực trên giao diện giám sát trung tâm, hỗ trợ cảnh báo sớm khi các chỉ tiêu vượt ngưỡng, giúp xử lý sự cố kịp thời, đảm bảo việc xả thải luôn tuân thủ các tiêu chuẩn môi trường hiện hành.

Việc triển khai hệ thống không chỉ nâng cao hiệu quả quản lý và tính minh bạch trong hoạt động bảo vệ môi trường của doanh nghiệp, mà còn tạo nền tảng để kết nối với hệ thống giám sát môi trường của cơ quan chức năng khi cần thiết. Từ những ý nghĩa thực tiễn và tính ứng dụng cao đó, em quyết định lựa chọn đề tài này cho đồ án tốt nghiệp.

1.2 Mục đích của đề tài

Mục đích của đề tài:

- Theo dõi liên tục các chỉ tiêu đặc trưng của nước thải như pH, COD, NH3-N, Cr, Ni,... thông qua cảm biến và các tủ phân tích.
- Tự động thu thập, lưu trữ và hiển thị dữ liệu thời gian thực trên giao diện giám sát trung tâm.
- Cảnh báo kịp thời khi chỉ tiêu vượt ngưỡng, hỗ trợ xử lý sự cố nhanh chóng.
- Góp phần nâng cao hiệu quả quản lý, giảm rủi ro vi phạm quy chuẩn xả thải và tăng tính minh bạch trong hoạt động bảo vệ môi trường của doanh nghiệp.
- Tạo nền tảng tích hợp dữ liệu phục vụ báo cáo định kỳ và kết nối với hệ thống giám sát môi trường của cơ quan chức năng (nếu cần).

1.3 Giới hạn của đề tài

Đề tài tập trung vào việc thiết kế hệ thống giám sát chất lượng nước thải với mục tiêu theo dõi liên tục các chỉ tiêu môi trường quan trọng như pH, COD, TP, TN, Ni,… tại các đầu ra xử lý nước thải trong phạm vi nhà máy Luxcase Vietnam.

Trong khuôn khổ đề tài, việc nghiên cứu chủ yếu xoay quanh các nội dung:

- Lựa chọn chỉ tiêu cần giám sát và vị trí đặt thiết bị quan trắc phù hợp với đặc điểm dòng thải.
- Tìm hiểu nguyên lý hoạt động, khả năng ứng dụng và đặc tính kỹ thuật của các thiết bị đo.
- Thiết kế sơ đồ kết nối hệ thống thu thập dữ liệu và trình chiếu lên màn hình giám sát trung tâm.
- Lập trình PLC Siemens S7-1500 điều khiển, thu nhận tín hiệu và giao tiếp với hệ thống giám sát.

Tuy nhiên, trong quá trình thực hiện, đề tài gặp phải một số hạn chế và khó khăn nhất định, cụ thể:

- Do hệ thống xử lý nước thải đang hoạt động ổn định, nên các thao tác tiếp cận thực tế như đo thử, mô phỏng sự cố hoặc can thiệp phần cứng đều phải được thực hiện cẩn trọng, tránh ảnh hưởng đến vận hành chung.
- Một số thiết bị và phần mềm trong hệ thống là tài sản của nhà cung cấp tích hợp, nên việc truy cập chi tiết cấu hình hoặc sửa đổi cũng gặp hạn chế.
- Quá trình kiểm chứng hoạt động của hệ thống chủ yếu dựa trên các ca vận hành thực tế, không có điều kiện tạo lập môi trường giả lập hoặc thử nghiệm mở rộng.

1.4 Kết luận chương 1

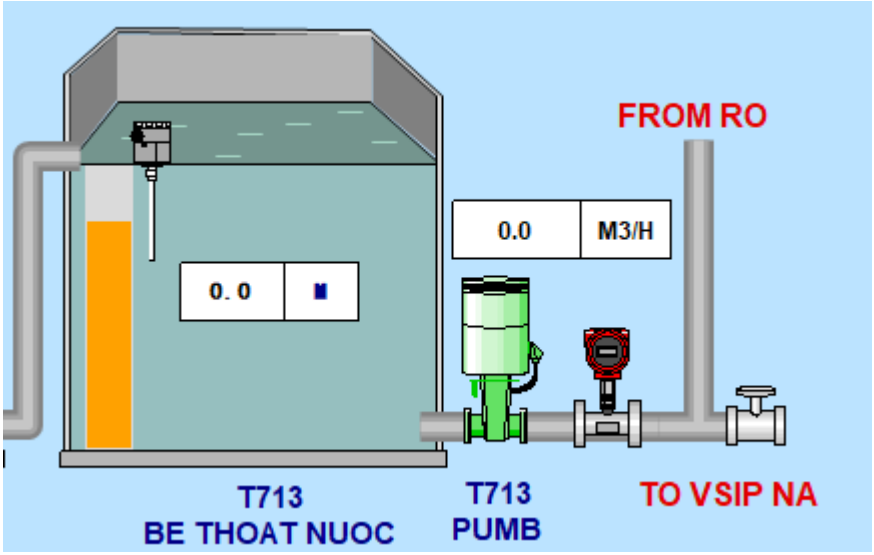
Chương 1 đã trình bày tổng quan về lý do lựa chọn đề tài, mục đích thực hiện và phạm vi nghiên cứu. Trong bối cảnh yêu cầu ngày càng cao về công tác bảo vệ môi trường và tuân thủ các quy định pháp luật, việc thiết kế một hệ thống giám sát chất lượng nước thải từ xa là rất cần thiết và mang tính ứng dụng thực tiễn cao. Đề tài tập trung giải quyết những hạn chế của phương pháp giám sát thủ công hiện tại bằng cách ứng dụng các thiết bị phân tích hiện đại, tích hợp hệ thống tự động hóa và kết nối dữ liệu tập trung.

Những nội dung trình bày ở chương này là cơ sở để xây dựng giải pháp kỹ thuật chi tiết trong các chương tiếp theo, bao gồm việc lựa chọn thiết bị, thiết kế hệ thống phần cứng – phần mềm, lập trình điều khiển, cũng như đánh giá khả năng vận hành thực tế của hệ thống giám sát tại nhà máy Luxcase Vietnam.

CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN HỆ THỐNG GIÁM SÁT TỪ XA CHẤT LƯỢNG NƯỚC THẢI

2.1 Đối tượng giám sát

Hệ thống sẽ giám sát chất lượng nước thải bên trong bể T713 - bể xả thải cuối cùng trong hệ thống xử lý nước thải của nhà máy. Bể T713 có vai trò thu gom toàn bộ lượng nước sau xử lý từ các hệ thống xử lý cục bộ và tập trung, trước khi được bơm hoặc xả ra hệ thống xử lý nước thải chung của Khu công nghiệp VSIP Nghệ An. Đây là điểm cuối cùng trong quy trình xử lý, nơi chất lượng nước đầu ra cần được đảm bảo tuân thủ đầy đủ các quy chuẩn xả thải theo quy định.



Hình 2.1 Bể thoát nước thải T713

2.1.1 Nguồn tiếp nhận nước thải của hệ thống

Nguồn phát sinh nước thải:

- Nguồn phát sinh nước thải sinh hoạt:
  - Nguồn số 01: Nước thải sinh hoạt từ khu vực nhà vệ sinh
  - Nguồn số 02: Nước thải sinh hoạt phát sinh từ nhà bếp, bồn rửa
- Nguồn phát sinh nước thải sản xuất:

  Nguồn số 03: Nước thải sản xuất phát sinh từ công đoạn Anode hoá
  Nguồn số 04: Nước thải sản xuất phát sinh từ công đoạn CNC
  Nguồn số 05: Nước thải sản xuất phát sinh từ công đoạn nghiền, mài
  Nguồn số 06: Nước thải sản xuất phát sinh từ dây chuyền tẩy rửa
  Nguồn số 07: Nước thải sản xuất phát sinh từ dây chuyền đánh bóng

Phân loại nước thải của phân xưởng BU1 và BU3:

越南立铠废水清单

Danh sách nước thải của Luxcase (VIỆT NAM)

序号 STT	废水类型 Loại nước thải	废水量（m³/d） Lượng nước thải	主要污染物 Chất ô nhiễm chủ yếu	回用量（m³/d） Lượng tái sử dụng
1	含油废水 nước thải chứa dầu	480	COD、BOD_5、SS	
2	含磷废水 nước thải phốt pho	500	TP、NH_3-N、COD、BOD_5、SS	
3	染色废水 nước thải nhuộm màu	400	Độ màu、COD、BOD_5、SS	
4	含镍母液 nước thải niken đậm đặc	10	Ni^{2+}、COD、PH	
5	含镍废水 nước thải Niken	350	Ni^{2+}、COD、BOD_5、SS	
6	研磨废水 nước thải mài	200	SS、COD	
7	酸性母液 nước thải axit đậm đặc	5	PH<2、COD	
8	清洗废水 nước thải tẩy rửa	2000	COD、BOD_5、SS、chất hoạt tính	1200
9	含磷母液 nước thải phốt pho đậm đặc	3	TP、COD	
10	碱性母液 nước thải kiềm đậm đặc	5	PH>10、COD	
11	乳化废水 nước thải nhũ hóa	140	Nhũ tương、COD、BOD_5、SS	
12	含氮废水 nước thải ni tơ	600	NH_3-N、COD、BOD_5	
13	染色废液 nước thải nhuộm màu đậm đặc	10	Độ màu、NH_3-N、COD、BOD_5	

Bảng 1. Danh sách nước thải nhà máy Luxcase Vietnam

2.1.2 Đặc điểm, tính chất của nước thải

- Nước thải chứa dầu: Có nguồn gốc từ dầu máy, dầu cắt gọt trong quá trình gia công – gây ô nhiễm hữu cơ cao, khó phân hủy sinh học.
- Nước thải chứa Phốt pho: Do dùng chất làm sạch, xử lý bề mặt – nguy cơ gây phú dưỡng nếu xả ra môi trường.
- Nước thải nhuộm màu: Có màu đậm, chứa chất nhuộm và phụ gia – khó xử lý bằng phương pháp sinh học thông thường.
- Nước thải Niken đậm đặc: Dễ thấy trong các bể điện hóa, nếu không xử lý sẽ gây ô nhiễm kim loại nặng.
- Nước thải chứa Niken: Đây là kim loại nặng độc hại, khó xử lý sinh học, có khả năng gây dị ứng, tổn thương hô hấp và độc với vi sinh vật.
- Nước thải mài: Có hàm lượng chất rắn cao do mạt nhôm và tạp chất từ công đoạn mài.

- Nước thải Axit đậm đặc: Có tính ăn mòn cao, yêu cầu trung hoà trước khi đưa vào xử lý chung.
- Nước thải tẩy rửa: Là dòng nước thải dễ tạo bọt, gây cản trở nhất.
- Nước thải Phốt Pho đậm đặc: Hàm lượng phốt pho cao, cần tạo kết tủa hoá học để loại bỏ.
- Nước thải kiềm đậm đặc: Có tính ăn mòn, độc hại.
- Nước thải nhuộm màu đậm đặc: Nồng độ chất ô nhiễm cao, có màu nên khó xử lý.
- Nước thải nhũ hoá: Nhũ tương khó tách khỏi nước, cần xử lý bằng keo tụ, tuyển nổi.
- Nước thải chứa Nito: Chứa nồng độ Amoni cao.

2.2 Các chỉ tiêu cần giám sát của hệ thống

Hệ thống xử lý nước thải chứa nhiều chỉ tiêu hóa học tiềm ẩn nguy cơ gây hại cho môi trường. Do đó, việc lựa chọn chỉ tiêu cần giám sát phải căn cứ theo các quy định pháp lý hiện hành, bao gồm các nghị định, thông tư của Bộ Tài nguyên và Môi trường và hướng dẫn từ Ban quản lý Khu công nghiệp.

Mục tiêu là vừa đảm bảo yêu cầu kiểm soát môi trường, vừa tạo điều kiện thuận lợi cho doanh nghiệp duy trì hoạt động sản xuất bền vững, tuân thủ pháp luật tại Vietnam.

2.2.1 Tiêu chuẩn tiếp nhận nước thải của KCN VSIP Nghệ An

Nhà máy xử lý nước thải Khu công nghiệp VSIP Nghệ An tiếp nhận xử lý nước thải với các chỉ tiêu được trình bày ở bảng sau:

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Giới hạn cho phép
1	Nhiệt độ	℃	40
2	pH		6-9
3	Màu sắc	Pt/Co	50
4	BOD (20 độ C)	mg/l	400
5	COD	mg/l	600
6	Chất rắn lơ lửng	mg/l	400
7	Asen	mg/l	0.05
8	Thuỷ ngân	mg/l	0.005
9	Chì	mg/l	0.1
10	Cadimi	mg/l	0.05
11	Crom (VI)	mg/l	0.05
12	Crom (III)	mg/l	0.2
13	Đồng	mg/l	2
14	Kẽm	mg/l	3
15	Niken	mg/l	0.2

16	Mangan	mg/l	0.5
17	Sắt	mg/l	1
18	Xyanua	mg/l	0.07
19	Phenol	mg/l	0.1
20	Dầu khoáng	mg/l	5
21	Mỡ động vật và thực vật	mg/l	16
22	Clo dư	mg/l	1
23	PCB	mg/l	0.003
24	Photpho hữu cơ	mg/l	0.3
25	Cloride hữu cơ	mg/l	0.05
26	Sunfua	mg/l	0.2
27	Florua	mg/l	5
28	Clorua	mg/l	500
29	Amoniac	mg/l	8
30	Tổng Nito	mg/l	20
31	Tổng Photpho	mg/l	5
32	Coliform	MPN/100ml	5000
33	Gross Alpha Active	Bg/l	0.1
34	Gross Beta Active	Bg/l	1

Bảng 2. Tiêu chuẩn tiếp nhận nước thải của VSIP Nghệ An

2.2.2 Các chỉ tiêu cần giám sát của hệ thống

Việc lựa chọn các chỉ tiêu giám sát trong hệ thống xử lý nước thải nhà máy Luxcase Vietnam được xác định dựa trên ba cơ sở chính: quy định pháp luật, đặc điểm nguồn thải và yêu cầu quản lý từ khu công nghiệp.

Các thông số như pH, COD, tổng nitơ (TN), tổng phospho (TP), amoni (NH_3-N), niken (Ni), crom hóa trị III (Cr^{3+}) và Crom VI (Cr^{6+}) đều là các chỉ tiêu môi trường được quy định bắt buộc trong QCVN 40:2011/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp. Việc giám sát các thông số này nhằm đảm bảo nước thải sau xử lý đạt quy chuẩn trước khi xả thải ra hệ thống xử lý nước thải chung của Khu công nghiệp VSIP Nghệ An.

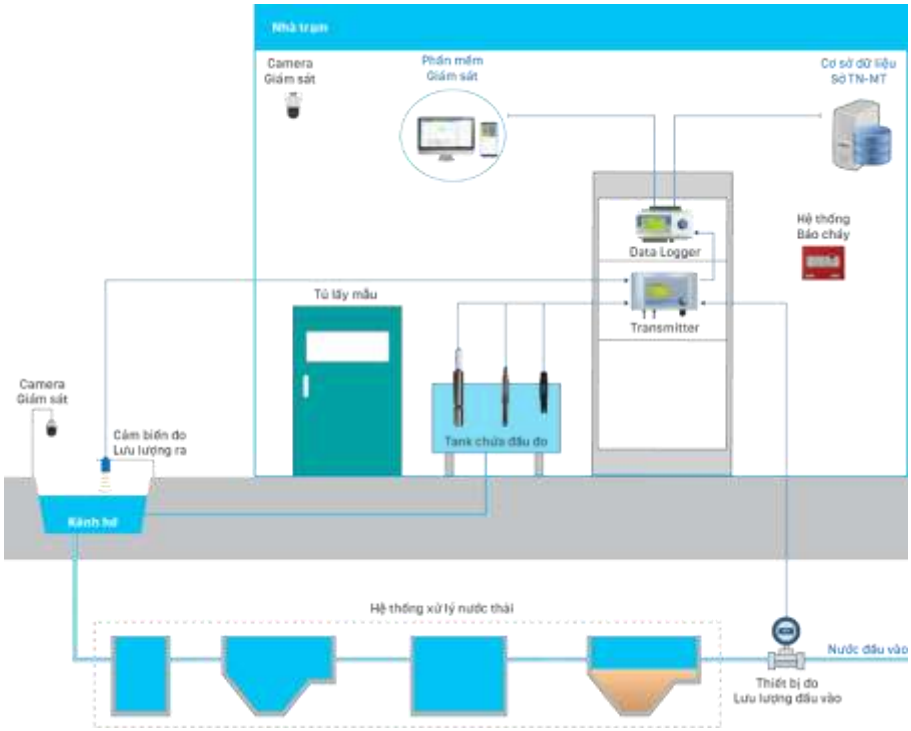
Bên cạnh đó, đặc điểm công nghệ sản xuất của Luxcase – bao gồm các công đoạn xử lý bề mặt kim loại như anode hóa, mài, đánh bóng, tẩy rửa – là nguồn phát sinh ra nhiều hợp chất hữu cơ, hợp chất chứa nitơ và kim loại nặng. Điều này đòi hỏi hệ thống phải giám sát các thông số có khả năng gây độc cao, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả xử lý sinh học và tính ổn định của toàn bộ hệ thống. Do đó, các thông số được lựa chọn đều nằm trong danh mục yêu cầu giám sát tự động nhằm đáp ứng tiêu chí vận hành minh bạch, an toàn và bền vững. Các chỉ tiêu giám sát được đề xuất là:

- Độ pH: đại lượng đặc trưng để thể hiện tính acid hoặc kiềm của nước thải. Độ pH có liên quan đến sự ăn mòn, hoà tan hay ảnh hưởng đến quá trình xử lý nước. Trong xử lý nước thải độ pH quá cao hoặc quá thấp đều không tốt.
- Chemical Oxygen Demand (COD): lượng oxy cần thiết để thực hiện oxy hoá các hợp chất hoá học trong nước, bao gồm cả chất vô cơ và hữu cơ. COD trong nước có ý nghĩa rất quan trọng đặc biệt là nước thải.
- Tổng Phốt-pho (TP): nguồn cung cấp dưỡng chất (chủ yếu là orthophosphate) cho tảo và các loài thủy sinh thực vật, dẫn đến hiện tượng phú dưỡng trong nguồn tiếp nhận như ao, hồ, sông, suối. Phú dưỡng gây ra sự bùng phát của tảo lục và tảo lam, làm giảm lượng oxy hòa tan trong nước, gây thiếu oxy nghiêm trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến sự sống của cá và các loài sinh vật thủy sinh khác.
- Tổng Ni-tơ (TN): gồm các hợp chất nitơ vô cơ (amoni, nitrit, nitrat) và hữu cơ. Nếu vượt ngưỡng, TN cũng góp phần vào quá trình phú dưỡng nguồn nước, tương tự như phốt pho. Ngoài ra, nitrit và nitrat khi tích tụ trong nước sinh hoạt hoặc nước ngầm có thể gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người, với nguy cơ gây methemoglobinemia (hội chứng thiếu oxy máu). Trong hệ sinh thái nước, nitơ dư thừa gây mất cân bằng dinh dưỡng, ảnh hưởng đến chuỗi thức ăn.
- Ammonia Nitrogen (NH3-N): giúp đánh giá mức độ ảnh hưởng đến môi trường. Nếu nồng độ quá cao có thể gây cản trở quá trình khử trùng nước do giảm tác dụng của Clo, bên cạnh đó nếu nồng độ ammonia trong nước thải cao sẽ gây hiện tượng phú dưỡng do sự phát triển quá mức của tảo và vi khuẩn, ản hưởng đến hệ sinh thái nước. Ngoài ra còn có nguy cơ ô nhiễm Nitrat và Nitri trong nước ngầm do lượng ammonia có thể chuyển hoá thành Nitrat và Nitrit gây nguy hiểm cho sức khoẻ của con người khi nhiễm phải.
- Tổng Crom: Crom cực kỳ độc hại đối với cả người và sinh vật. Khi vượt quy chuẩn, crom có thể gây ngộ độc cấp tính cho sinh vật thủy sinh, làm rối loạn chức năng enzyme, giảm khả năng sinh sản và tăng tỷ lệ tử vong. Đối với con người, crom là chất gây ung thư đã được xác nhận, đặc biệt khi tiếp xúc lâu dài qua nước uống hoặc hít phải bụi có chứa Cr.
- Tổng Niken (Ni2+): Niken là kim loại nặng có độc tính cao nếu tích tụ trong môi trường nước. Khi niken vượt ngưỡng cho phép, nó có thể gây ức chế enzym và rối loạn trao đổi chất ở các sinh vật thủy sinh. Niken còn có thể tích lũy sinh học qua chuỗi thức ăn, ảnh hưởng đến động vật và con người. Tiếp xúc lâu dài với niken trong nước có thể gây dị ứng da, tổn thương gan – thận và được coi là chất có khả năng gây ung thư ở người.

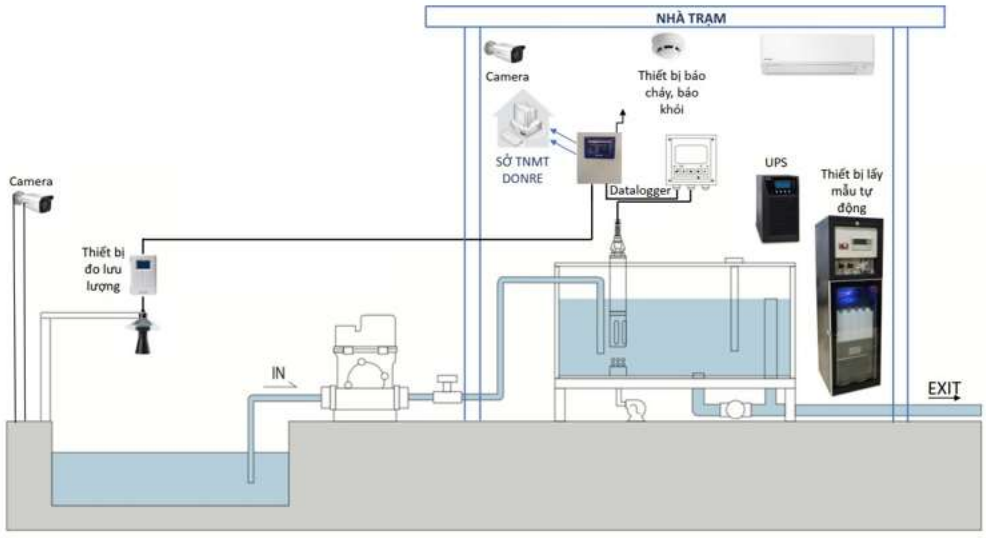
2.3 Các giải pháp phổ biến trong công nghiệp

Hệ thống giám sát chất lượng nước thải hiện tại được sử dụng phổ biến trong các nhà máy xử lý nước thải, bao gồm nhiều giải pháp tiên tiến và hiện đại nhằm theo dõi, đánh giá và quản lý hiệu quả các thông số môi trường. Các hệ thống này thường tích

hợp các cảm biến trực tuyến đo liên tục các chỉ tiêu đặc trưng như pH, nhiệt độ, DO, COD, TSS, kim loại nặng… Dữ liệu từ hiện trường được truyền về trung tâm thông qua các giao thức truyền thông như Modbus, Ethernet, cho phép quản lý tập trung và theo dõi thời gian thực trên nền tảng SCADA hoặc hệ thống IoT.



Hình 2.2 Mô hình giám sát của công ty Phan Lê



Hình 2.3 Mô hình giám sát của công ty Minh Thanh

Kiến trúc chung của hệ thống bao gồm 03 lớp: lớp thiết bị, lớp điều khiển và lớp giám sát quản lý.

- Lớp thiết bị: Bao gồm các thiết bị phần cứng như cảm biến, tủ phân tích trực tuyến; đầu đo; bộ chuyển đổi tín hiệu.
- Lớp điều khiển: Thu thập dữ liệu từ thiết bị đầu cuối, xử lý sơ bộ, sau đó truyền dữ liệu về trung tâm giám sát. Một số hệ còn tích hợp logic cảnh báo tại chỗ hoặc tự động điều khiển tạm thời khi sự cố xảy ra.
- Lớp giám sát quản lý: hiển thị, lưu trữ, phân tích dữ liệu, cảnh báo khi vượt ngưỡng, xuất báo cáo định kỳ hoặc kết nối với cơ quan quản lý (nếu cần).

Nhìn chung, các kiến trúc hệ thống giám sát chất lượng nước thải hiện nay thường mang tính trọn gói, tức là tích hợp đầy đủ từ thiết bị phần cứng (cảm biến, tủ phân tích, bộ điều khiển, cảnh báo…) đến chương trình phần mềm điều khiển và giao diện giám sát. Các giải pháp này thường được cung cấp đồng bộ bởi một nhà tích hợp hệ thống hoặc một hãng thiết bị, đảm bảo tính tương thích và vận hành ổn định ngay từ đầu.

Ưu điểm của kiến trúc trọn gói là:

- Tính đồng bộ cao, dễ triển khai và bảo trì do các thành phần đã được kiểm thử tương thích.
- Giảm rủi ro kỹ thuật trong giai đoạn tích hợp, nhất là khi doanh nghiệp không có đội ngũ kỹ thuật mạnh.
- Thời gian triển khai nhanh, phù hợp với các dự án cần đưa vào vận hành sớm.
- Hỗ trợ kỹ thuật và bảo hành tập trung, không phải làm việc với nhiều nhà cung cấp nhỏ lẻ.

Tuy nhiên, bên cạnh đó, kiến trúc trọn gói cũng tồn tại một số hạn chế:

- Chi phí đầu tư ban đầu cao, do phải mua toàn bộ hệ thống theo gói, kể cả các thành phần có thể chưa cần thiết. Thiếu tính linh hoạt mở rộng, vì việc tích hợp thêm thiết bị từ bên ngoài thường bị giới hạn bởi nền tảng đóng.
- Phụ thuộc vào nhà cung cấp, từ thiết bị đến phần mềm, gây khó khăn trong bảo trì – thay thế nếu nhà cung cấp ngừng hỗ trợ hoặc thay đổi chính sách.
- Khó tùy biến sâu về logic điều khiển, giao diện, hoặc tích hợp vào hệ thống tổng thể.

Từ những điểm trên, có thể thấy rằng mặc dù kiến trúc trọn gói mang lại nhiều tiện ích cho giai đoạn triển khai ban đầu, nhưng về lâu dài, các hệ thống mở – có khả năng tùy biến và tích hợp cao – sẽ là xu hướng phù hợp hơn với các nhà máy hiện đại và có nhu cầu số hóa sâu rộng.

2.4 Đề xuất giải pháp thiết kế

Sau khi nghiên cứu và phân tích các quy trình xử lý nước thải trong nhà máy, các tính chất của các dòng nước thải, công nghệ hiện có, cùng với ưu và nhược điểm của các giải pháp hiện tại, tiến hành xây dựng và phát triển một hệ thống mới và tận dụng các thiết bị của hệ thống nước thải sẵn có.

Hệ thống được thiết kế sẽ giải quyết các bất cập trong việc giám sát chất lượng nước thải hiện nay, bao gồm khả năng thu thập dữ liệu tự động, truyền thông ổn định, giám sát thời gian thực và tích hợp cảnh báo vượt ngưỡng. Bên cạnh đó, hệ thống cũng đảm bảo khả năng lưu trữ – truy xuất dữ liệu hiệu quả, có thể kết nối với cơ quan quản lý môi trường khi cần thiết, đồng thời giữ được tính linh hoạt trong việc tích hợp thiết bị từ nhiều hãng sản xuất khác nhau.

Mục tiêu không chỉ là cải thiện hiệu quả giám sát, mà còn tạo nền tảng cho việc số hóa và tự động hóa công tác quản lý môi trường, hướng đến mô hình nhà máy hiện đại, minh bạch và tuân thủ chặt chẽ các quy định về bảo vệ môi trường.

Tiêu chí	Giải pháp đề xuất	Giải pháp sử dụng Datalogger
Khả năng tích hợp vào hệ thống xử lý của nhà máy	★★★★★	★★
Khả năng xử lý dữ liệu	★★★★★	★★★★
Ứng dụng lâu dài	★★★★★	★★★
Giao diện giám sát	★★★★★	★★
Khả năng tương tác với hệ thống xử lý hiện hành	★★★★★	
Tính mở rộng	★★★★★	★★
Giá thành	★★★★	★★★
Chú thích: Tiêu chí có càng nhiều ★ là càng tốt.		

Bảng 3. So sánh giữa giải pháp đề xuất và giải pháp có sẵn trên thị trường

2.4.1 Yêu cầu về tính năng của hệ thống

Hệ thống giám sát chất lượng nước thải cần đảm bảo các chức năng sau:

- Giám sát liên tục các chỉ tiêu môi trường
  - + Đo lường tự động các chỉ tiêu quan trọng như pH, COD, NH_3-N, Cr, Ni, tổng P, tổng N.
  - + Tích hợp hiển thị dữ liệu liên tục ở màn hình giám sát trung tâm.
- Thu thập và lưu trữ dữ liệu tự động
  - + Ghi nhận dữ liệu định kỳ.
  - + Lưu trữ dữ liệu trên máy chủ trung tâm trong thời gian dài để phục vụ truy xuất – báo cáo.
- Cảnh báo sự cố – vượt ngưỡng kịp thời
  - + Tự động phát hiện khi chỉ tiêu vượt giới hạn cho phép.
- Hiển thị giao diện giám sát thân thiện, trực quan

+ Biểu đồ thời gian thực, bảng dữ liệu.
+ Có chức năng lọc – tìm kiếm – truy xuất dữ liệu theo ngày.

- Dễ dàng bảo trì, hiệu chuẩn và mở rộng
  + Giao diện cấu hình linh hoạt, hỗ trợ thay đổi thông số cảnh báo.
  + Có thể thêm mới cảm biến hoặc thay đổi thiết bị mà không cần lập trình lại toàn bộ hệ thống.

2.4.2 Yêu cầu về tính kỹ thuật của hệ thống

Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị đo và tủ phân tích:

- Độ chính xác cao, ổn định lâu dài
  + Các thiết bị đo (pH, COD, NH_3-N, Cr, Ni, TP, TN...) phải đạt sai số $\leq \pm 5\%$ giá trị đo.
  + Tủ phân tích phải có khả năng vận hành liên tục, không trôi tín hiệu, không sai lệch đáng kể sau thời gian dài sử dụng.
- Thời gian đáp ứng và chu kỳ phân tích tính toán
  + Thời gian phản hồi mỗi chỉ tiêu không vượt quá 15 phút.
  + Hỗ trợ cấu hình chu kỳ đo linh hoạt đáp ứng yêu cầu quản lý thực tế.
- Dải đo rộng, phù hợp với tính chất nước thải nhà máy

  Thiết bị phải có thang đo phù hợp với nồng độ thực tế tại đầu ra hệ thống xử lý. Ví dụ:
  + pH: 6.0 – 9.0
  + COD: 0 – 600 mg/L
- Tự động làm sạch, hiệu chuẩn và chống nghẹt mẫu
  + Ưu tiên các tủ phân tích có chức năng tự rửa, tự kiểm tra trạng thái cảm biến, giảm thiểu can thiệp thủ công.
  + Có hệ thống làm sạch mẫu hoặc chống nghẹt đường ống lấy mẫu (đặc biệt quan trọng với COD, Cr, tổng P).
- Tương thích truyền thông công nghiệp
  + Phải hỗ trợ xuất tín hiệu analog (4–20 mA) hoặc digital (Modbus RTU/TCP,…).
  + Có khả năng kết nối trực tiếp với PLC hoặc gateway mà không cần bộ chuyển đổi trung gian.
- Yêu cầu về cơ học và bảo vệ môi trường
  + Cảm biến phải đạt chuẩn IP68 nếu lắp ngập trong nước; tủ phân tích đạt chuẩn IP54 trở lên.
  + Chịu được nhiệt độ môi trường 0–50°C, độ ẩm lên tới 90%.
- Dễ bảo trì – thay thế vật tư tiêu hao
  + Các thành phần như đầu đo, thuốc thử, lọc mẫu... phải dễ thay thế, có hướng dẫn cụ thể, và có sẵn trên thị trường.

+ Thời gian thay thuốc thử hoặc hiệu chuẩn lại ≥ 30 ngày/lần.

Yêu cầu đối với tính tương thích của hệ thống xử lý nước thải:

+ Giao diện hiển thị trực quan, dễ dàng quan sát từ đó có thể đưa ra các quyết định đối với hệ thống xử lý nước thải.

Yêu cầu kỹ thuật của hệ thống cung cấp điện:

+ Nguồn điện sử dụng là AC 220V/50Hz theo tiêu chuẩn Việt Nam, đồng thời có mạch hạ áp và chuyển đổi thành DC 24V để cung cấp cho các thiết bị cảm biến và cơ cấu bơm trong các tủ phân tích.
+ Tích hợp các thiết bị bảo vệ để phòng tránh các sự cố điện gây hư hỏng thiết bị.

2.5 Kết luận chương 2

Chương 2 đã trình bày tổng quan về hệ thống giám sát chất lượng nước thải từ xa, bao gồm việc xác định rõ đối tượng cần giám sát, đặc điểm nguồn nước thải tại nhà máy Luxcase Vietnam, cùng với các tiêu chuẩn tiếp nhận nước thải áp dụng theo quy định của KCN VSIP Nghệ An. Trên cơ sở đó, các chỉ tiêu quan trọng như pH, COD, TSS, TN, TP, Ni,... đã được lựa chọn để đưa vào hệ thống giám sát.

Bên cạnh đó, chương này cũng giới thiệu các giải pháp giám sát đang được áp dụng phổ biến trong công nghiệp, làm nền tảng để đánh giá tính khả thi khi triển khai thực tế. Cuối cùng, các yêu cầu về chức năng và kỹ thuật đã được đề xuất, làm cơ sở cho quá trình thiết kế hệ thống chi tiết ở các chương tiếp theo.

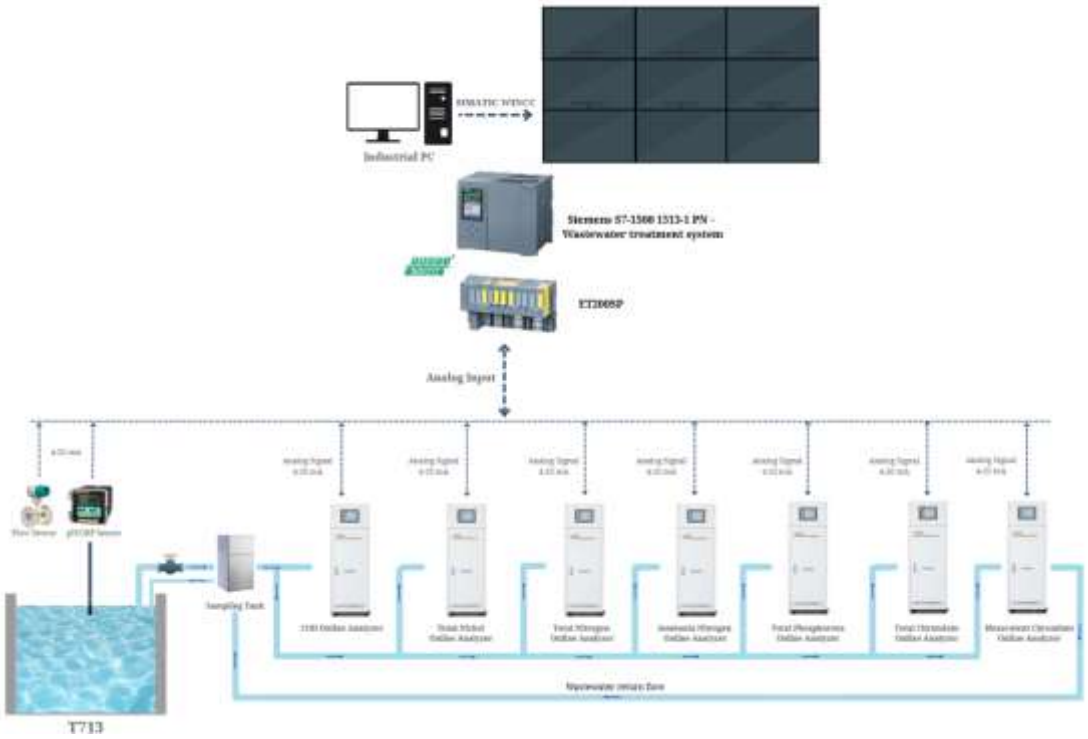
Nội dung chương 2 đóng vai trò quan trọng trong việc định hướng thiết kế một hệ thống giám sát phù hợp với điều kiện thực tế, đảm bảo khả năng vận hành hiệu quả và tuân thủ đầy đủ các yêu cầu quản lý môi trường hiện hành.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG GIÁM SÁT TỪ XA

3.1 Kiến trúc hệ thống

Hệ thống giám sát chất lượng nước thải sử dụng kiến trúc 3 lớp: lớp cấp trường, lớp điều khiển và lớp giám sát.

Lớp thiết bị cấp trường bao gồm các cảm biến và các tủ phân tích trực tuyến; lớp điều khiển là PLC của hệ thống xử lý nước thải, kết nối với các thiết bị cấp trường qua Remote IO ET 200SP; lớp giám sát bao gồm máy tính công nghiệp chạy phần mềm điều khiển và giám sát hệ thống, hiển thị thông qua một màn hình điều khiển trung tâm.



Hình 3.1 Kiến trúc hệ thống giám sát

Ở phần tiếp theo, hệ thống sẽ được trình bày chi tiết theo từng lớp trong kiến trúc trên, với nội dung tập trung vào việc lựa chọn thiết bị, nguyên lý kết nối và chức năng của từng thành phần nhằm đảm bảo tính kỹ thuật và hiệu quả vận hành.

3.2 Lớp thiết bị - cấp trường

3.2.1 Cảm biến

Trong hệ thống giám sát từ xa chất lượng nước thải, các cảm biến đóng vai trò rất quan trọng đối với các hoạt động của cơ cấu chấp hành trong việc tự động hoá và tối

ưu hoá quy trình làm việc, ngoài ra còn các yêu cầu về thu thập dữ liệu liên tục và chính xác theo thời gian thực.

3.2.1.1 Cảm biến lưu lượng

Trong hệ thống xử lý nước thải, việc giám sát chính xác lưu lượng xả thải là yêu cầu quan trọng nhằm đảm bảo khả năng kiểm soát và tuân thủ các quy định về môi trường. Để thực hiện mục tiêu này, hệ thống cần được trang bị cảm biến lưu lượng có độ chính xác và độ ổn định cao tại vị trí đầu ra – cụ thể là tuyến ống xả thải từ bể T713 trước khi nước thải được dẫn vào hệ thống xử lý chung của khu công nghiệp VSIP.

Việc lắp đặt cảm biến lưu lượng không chỉ giúp doanh nghiệp chủ động theo dõi khối lượng nước thải đầu ra theo thời gian thực, mà còn hỗ trợ ghi nhận lưu lượng theo từng giờ, từng ngày. Dữ liệu này là cơ sở quan trọng để đánh giá hiệu quả vận hành của hệ thống xử lý nước thải, đồng thời phục vụ công tác kiểm tra, truy xuất khi có yêu cầu từ cơ quan quản lý môi trường.

Xét về đặc thù của lưu chất (nước thải chứa tạp chất, lơ lửng, bọt, độ dẫn điện nhất định), loại cảm biến phù hợp nhất là cảm biến lưu lượng điện từ (Electromagnetic Flowmeter). Loại cảm biến này hoạt động hiệu quả với các chất lỏng dẫn điện, có khả năng đo chính xác lưu lượng trong đường ống kín mà không bị ảnh hưởng bởi cặn bẩn, tạp chất hay độ nhớt. Ngoài ra, cảm biến điện từ không gây tổn thất áp suất, dễ lắp đặt và bảo trì, rất phù hợp với điều kiện vận hành liên tục trong hệ thống xử lý nước thải.

Hình 3.2 Cảm biến lưu lượng

Thông tin thiết bị:

Tên sản phẩm	Big pipe large size electromagnetic flow meter
Kích cỡ	DN10~DN1200

Độ dẫn diện	$\geq 2\ \mu S/cm$
Nhiệt độ vận hành	-40~60 ℃
Nhiệu độ hoạt động	-20~80 ℃, Neoprene -40~130 ℃, PTFE -40~180 ℃, PFA high temperature
Điện áp cung cấp	85~265 VAC 45~63 Hz
Sai số	$\pm$ 0.2~0.5%
Hiển thị	LCD
Phạm vi đo	0.05 m/s~12 m/s
Tín hiệu đầu ra	4-20 mA/RS485
Tiêu chuẩn bảo vệ	IP68

Bảng 4. Thông số kỹ thuật cảm biến lưu lượng

3.2.1.2 Cảm biến mức

Nhằm giám sát độ cao chất lỏng trong bể T713, hệ thống sử dụng một cảm biến mức siêu âm không tiếp xúc của hãng Endress Hauser.

Hình 3.3 Cảm biến mức Endress Hauser

Đặc điểm thiết bị:

– Phạm vi đo linh hoạt: FMU30 có thể đo mức chất lỏng lên đến 5m (với cảm biến 1½") hoặc 8m (với cảm biến 2").

- Đo không tiếp xúc: Sử dụng công nghệ siêu âm không tiếp xúc trực tiếp với chất lỏng, tránh hiện tượng đầu dò bị ăn mòn hoặc phá huỷ.
- Hiển thị trực quan: Trang bị màn hình hiển thị, có thể quan sát tại hiện trường.
- Chức năng tuyến tính hóa: Hỗ trợ tuyến tính hóa lên đến 32 điểm, cho phép chuyển đổi giá trị đo thành bất kỳ đơn vị chiều dài, thể tích hoặc lưu lượng nào.
- Dễ dàng lắp đặt, chịu được môi trường khắc nghiệt mà vẫn đảm bảo độ bền và độ tin cậy trong suốt thời gian hoạt động dài hạn.

Thông tin thiết bị:

Tên sản phẩm	Prosonic FMU30-1020/0
Nhiệt độ vận hành	-20~60 ℃
Điện áp cung cấp	14~35 VDC
Sai số	± 0.2%
Hiển thị	LCD
Tín hiệu đầu ra	4-20 mA/RS485
Áp suất hoạt động	0.7~3 bar

Bảng 5. Thông số kỹ thuật cảm biến mức Endress Hauser

3.2.1.3 Cảm biến pH/ORP

Trong các thông số giám sát chất lượng nước thải, pH là chỉ tiêu đặc biệt quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả xử lý, vì vậy hệ thống cần được trang bị một cảm biến pH có độ chính xác cao, độ tin cậy ổn định và khả năng hoạt động lâu dài trong môi trường nước thải có tính ăn mòn và độ ẩm cao.

Đối với hệ thống xử lý hiện tại, dải pH cần giám sát tập trung trong khoảng từ 5 đến 10, phù hợp với điều kiện dao động của nước thải đầu vào và sau xử lý. Cảm biến được lựa chọn cần có độ sai số nhỏ (≤ 0.02 pH), thời gian đáp ứng nhanh, đảm bảo cung cấp dữ liệu liên tục và chính xác cho hệ thống điều khiển cũng như cảnh báo tức thời khi vượt ngưỡng.

Dựa trên các yêu cầu kỹ thuật và điều kiện vận hành thực tế, dòng cảm biến pH của hãng Suntex được lựa chọn nhờ các ưu điểm vượt trội

Hình 3.4 Cảm biến đo pH/ORP Suntex

Đặc điểm thiết bị:

- Chức năng đo pH/ORP.
- Màn hình hiển thị LCD rộng, dễ điều khiển.
- Lựa chọn kiểm soát mức cao và mức thấp.
- Hiển thị hai số thập phân sau dấu phẩy, nhanh, ổn định và chính xác.
- Được thiết kế với vỏ bọc trong suốt, chống thấm nước.
- Thích hợp cho công nghiệp và phòng thí nghiệm.

Thông tin thiết bị:

Mã sản phẩm	PC 310
Kích cỡ	144x144 mm
Phạm vi đo	0~14 pH
Nhiệt độ vận hành	5~40 ℃
Nguồn điện cung cấp	110/220V ± 155; 50/60 Hz
Sai số	± 0.01 pH ± digit; ± 0.1% ORP ± digit
Hiển thị	0.8 inch LCD
Độ ẩm vận hành	≤90%
Tín hiệu đầu ra	4-20 mA

Bảng 6. Thông số kỹ thuật cảm biến pH/ORP Suntex

3.2.2 Tủ phân tích trực tuyến

Các tủ phân tích trực tuyến đóng vai trò quan trọng trong việc giám sát liên tục chất lượng nước thải đầu ra tại nhà máy. Thông qua việc đo lường các thông số như COD, Amoni, Tổng Nitơ, Tổng Phốtpho,… giúp phát hiện sớm các dấu hiệu bất thường, từ đó cảnh báo và hỗ trợ kịp thời công tác vận hành, điều chỉnh quy trình xử lý.

Không chỉ phục vụ cho mục tiêu tuân thủ quy định môi trường, các tủ phân tích còn góp phần nâng cao tính minh bạch và tự động hóa trong hệ thống, giúp doanh nghiệp chủ động kiểm soát chất lượng nước thải, hạn chế tối đa các rủi ro vi phạm về xả thải.

Hình 3.5 Tủ phân tích trực tuyến chất lượng nước thải

3.2.2.1 Tủ phân tích COD và phương pháp đo

Để đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của hệ thống, tủ phân tích COD (Chemical Oxy Demand) cần thoả mãn các tiêu chí sau:

- Độ chính xác cao: tối thiểu <10%.
- Dải đo rộng: ít nhất là 600 mg/L.
- Mức độ tự động cao: làm sạch đầu dò tự động, tự động lấy mẫu và tính toán.
- Tín hiệu đầu ra: analog hoặc số Modbus RTU (RS 232, RS 485).
- Thiết kế chuẩn chống nước, hoạt động nơi độ ẩm cao.

Với các yêu cầu đó, lựa chọn tủ phân tích COD đến từ hãng Create.

Thông tin thiết bị:

Mã sản phẩm	CE-1001
Mã số	240701007

Phạm vi đo	5~1000 mg/L
Nhiệt độ vận hành	5~40 ℃
Độ ẩm vận hành	≤90%
Điện áp cung cấp	220V ± 22V 50 Hz ± 1 Hz
Sai số phép đo	± 5%
Giới hạn định lượng	≤ 15 mg/L
Tín hiệu đầu ra	4-20 mA/RS232/RS485

Bảng 7. Thông số kỹ thuật máy phân tích COD

Đặc điểm thiết bị:

- Thiết kế tích hợp, vận hành tự động hoàn toàn, phù hợp cho quan trắc trực tuyến liên tục chất lượng nước.
- Sử dụng phương pháp quang phổ hấp thụ kết hợp phản ứng hóa học đặc hiệu để phân tích COD với độ chính xác cao.
- Màn hình cảm ứng màu TFT 7 inch.
- Hỗ trợ truyền thông Modbus RTU với 2 cổng RS485 và RS232.
- Hệ thống lấy mẫu và chuẩn bị mẫu tự động.
- Cơ chế tự động làm sạch và tự phục hồi sau sự cố, giúp tăng độ bền và giảm thời gian bảo trì.
- Thời gian đo nhanh, có thể tùy chỉnh để phù hợp với đặc điểm mẫu và yêu cầu thực tế.
- Thiết kế chắc chắn, chống chịu tốt với các điều kiện môi trường khắc nghiệt.
- Hỗ trợ cảnh báo và ngắt tín hiệu khi nồng độ vượt ngưỡng cho phép, đảm bảo an toàn vận hành.

Phương pháp đo: Phương pháp tiêu huỷ nhanh bằng axit Perchloric chì, phương pháp quang phổ đo độ hấp thụ. Trong quá trình sử dụng axit Perchloric chì làm chất oxy hoá, bạc Sulfat làm chất xúc tác và Ammoni sulfat làm chấ rạo phức với ion Clo. Sau khi mẫu được tiêu huỷ ở nhiệt độ và áp suất cao, độ hấp thụ của ion Cr^{3+}được đo ở bước sóng 600 nm và quy đổi thành giá trị nồng độ tương ứng.

3.2.2.2 Tủ phân tích tổng Nickel và phương pháp đo

Để đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của hệ thống, tủ phân tích tổng Nickel cần thoả mãn các tiêu chí sau:

- Độ chính xác cao: tối thiểu <10%.
- Dải đo rộng: ít nhất là 0.2 mg/L.
- Mức độ tự động cao: làm sạch đầu dò tự động, tự động lấy mẫu và tính toán.
- Tín hiệu đầu ra: analog hoặc số Modbus RTU (RS 232, RS 485).
- Thiết kế chuẩn chống nước, hoạt động nơi độ ẩm cao.

Với các yêu cầu đó, lựa chọn tủ phân tích Nickel của hãng Create.

Thông tin thiết bị:

Mã sản phẩm	CE-1205
Mã số	240405010
Phạm vi đo	0.01~0.5 mg/L
Nhiệt độ vận hành	5~40 ℃
Độ ẩm vận hành	≤90%
Điện áp cung cấp	220V ± 22V 50 Hz ± 1 Hz
Sai số phép đo	± 5%
Giới hạn định lượng	≤ 0.02 mg/L
Tín hiệu đầu ra	4-20 mA/RS232/RS485

Bảng 8. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Nickel

Đặc điểm thiết bị:

- Thiết kế tích hợp, vận hành tự động hoàn toàn, phù hợp cho quan trắc trực tuyến liên tục chất lượng nước.
- Màn hình cảm ứng màu TFT 7 inch.

- Hỗ trợ truyền thông Modbus RTU với 2 cổng RS485 và RS232.
- Hệ thống lấy mẫu và chuẩn bị mẫu tự động.
- Cơ chế tự động làm sạch và tự phục hồi sau sự cố, giúp tăng độ bền và giảm thời gian bảo trì.
- Thời gian đo nhanh, có thể tùy chỉnh để phù hợp với đặc điểm mẫu và yêu cầu thực tế.
- Thiết kế chắc chắn, chống chịu tốt với các điều kiện môi trường khắc nghiệt.
- Hỗ trợ cảnh báo và ngắt tín hiệu khi nồng độ vượt ngưỡng cho phép, đảm bảo an toàn vận hành.

Phương pháp đo: Tổng Nickel trong nước thải được xác định thông qua phương pháp quang phổ đo độ hấp thụ. Mẫu nước được xử lý để chuyển tất cả các dạng nickel về dạng ion Ni^{2+}, sau đó phản ứng với thuốc thử tạo thành phức màu. Độ hấp thụ ánh sáng của phức này tại bước sóng đặc trưng (thường là khoảng 470–560 nm) sẽ được đo để quy đổi nồng độ tương ứng.

3.2.2.3 Tủ phân tích tổng Nitrogen và phương pháp đo

Để đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của hệ thống, tủ phân tích tổng Nickel cần thoả mãn các tiêu chí sau:

- Độ chính xác cao: tối thiểu <10%.
- Dải đo rộng: ít nhất là 20 mg/L.
- Mức độ tự động cao: làm sạch đầu dò tự động, tự động lấy mẫu và tính toán.
- Tín hiệu đầu ra: analog hoặc số Modbus RTU (RS 232, RS 485).
- Thiết kế chuẩn chống nước, hoạt động nơi độ ẩm cao.

Với các yêu cầu đó, lựa chọn tủ phân tích Nitrogen của hãng Create.

Thông tin thiết bị:

Mã sản phẩm	CE-1319
Mã số	240519043
Phạm vi đo	0.1~50 mg/L
Nhiệt độ vận hành	5~40 ℃
Độ ẩm vận hành	≤90%

Điện áp cung cấp	220V ± 22V 50 Hz ± 1 Hz
Sai số phép đo	± 5%
Giới hạn định lượng	≤ 0.3 mg/L
Tín hiệu đầu ra	4-20 mA/RS232/RS485

Bảng 9. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Nitrogen

Đặc điểm thiết bị:

- Thiết kế tích hợp, vận hành tự động hoàn toàn, phù hợp cho quan trắc trực tuyến liên tục chất lượng nước.
- Màn hình cảm ứng màu TFT 7 inch.
- Hỗ trợ truyền thông Modbus RTU với 2 cổng RS485 và RS232.
- Hệ thống lấy mẫu và chuẩn bị mẫu tự động.
- Cơ chế tự động làm sạch và tự phục hồi sau sự cố, giúp tăng độ bền và giảm thời gian bảo trì.
- Thời gian đo nhanh, có thể tùy chỉnh để phù hợp với đặc điểm mẫu và yêu cầu thực tế.
- Thiết kế chắc chắn, chống chịu tốt với các điều kiện môi trường khắc nghiệt.
- Hỗ trợ cảnh báo và ngắt tín hiệu khi nồng độ vượt ngưỡng cho phép, đảm bảo an toàn vận hành.

Phương pháp đo: phương pháp oxy hóa hóa học kết hợp phương pháp quang phổ đo độ hấp thụ. Mẫu nước được xử lý bằng chất oxy hóa (thường là persulfate) dưới điều kiện nhiệt độ cao, nhằm chuyển toàn bộ các dạng Nitơ (Amoni, Nitrit, Nitrat, hợp chất hữu cơ) về dạng Nitrat.

Sau quá trình chuyển hóa, mẫu được đưa qua cảm biến quang học để đo độ hấp thụ tại bước sóng UV đặc trưng cho ion Nitrat.

3.2.2.4 Tủ phân tích tổng Ammonia Nitrogen và phương pháp đo

Để đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của hệ thống, tủ phân tích tổng Ammonia Nitrogen cần thoả mãn các tiêu chí sau:

- Độ chính xác cao: tối thiểu <10%.
- Dải đo rộng: ít nhất là 8.0 mg/L.
- Mức độ tự động cao: làm sạch đầu dò tự động, tự động lấy mẫu và tính toán.

- Tín hiệu đầu ra: analog hoặc số Modbus RTU (RS 232, RS 485).
- Thiết kế chuẩn chống nước, hoạt động nơi độ ẩm cao.

Với các yêu cầu đó, lựa chọn tủ phân tích Ammonia Nitrogen của hãng Create.

Thông tin thiết bị:

Mã sản phẩm	CE-1602
Mã số	241002010
Phạm vi đo	0.05~16 mg/L
Nhiệt độ vận hành	5~40 ℃
Độ ẩm vận hành	≤90%
Điện áp cung cấp	220V ± 22V 50 Hz ± 1 Hz
Sai số phép đo	± 10%
Giới hạn định lượng	≤ 0.1 mg/L
Tín hiệu đầu ra	4-20 mA/RS232/RS485

Bảng 10. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng NH3-N

Đặc điểm thiết bị:

- Thiết kế tích hợp, vận hành tự động hoàn toàn, phù hợp cho quan trắc trực tuyến liên tục chất lượng nước.
- Màn hình cảm ứng màu TFT 7 inch.
- Hỗ trợ truyền thông Modbus RTU với 2 cổng RS485 và RS232.
- Hệ thống lấy mẫu và chuẩn bị mẫu tự động.
- Cơ chế tự động làm sạch và tự phục hồi sau sự cố, giúp tăng độ bền và giảm thời gian bảo trì.
- Thời gian đo nhanh, có thể tùy chỉnh để phù hợp với đặc điểm mẫu và yêu cầu thực tế.
- Thiết kế chắc chắn, chống chịu tốt với các điều kiện môi trường khắc nghiệt.

- Hỗ trợ cảnh báo và ngắt tín hiệu khi nồng độ vượt ngưỡng cho phép, đảm bảo an toàn vận hành.

Phương pháp đo: Phương pháp indophenol xanh kết hợp đo quang phổ hấp thụ. Trong điều kiện kiềm, amoni phản ứng với hypochlorite và phenol dưới xúc tác của nitroprusside, tạo thành phức hợp màu xanh đặc trưng.

Mức độ hấp thụ ánh sáng của phức xanh tại bước sóng 640 nm được đo bằng phương pháp quang phổ và quy đổi ra nồng độ Ammonia Nitrogen trong mẫu nước.

3.2.2.5 Tủ phân tích tổng Chromium và phương pháp đo

Để đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của hệ thống, tủ phân tích tổng Chromium cần thoả mãn các tiêu chí sau:

- Độ chính xác cao: tối thiểu <10%.
- Dải đo rộng: ít nhất là 0.2 mg/L.
- Mức độ tự động cao: làm sạch đầu dò tự động, tự động lấy mẫu và tính toán.
- Tín hiệu đầu ra: analog hoặc số Modbus RTU (RS 232, RS 485).
- Thiết kế chuẩn chống nước, hoạt động nơi độ ẩm cao.

Với các yêu cầu đó, lựa chọn tủ phân tích Chromium của hãng Create.

Thông tin thiết bị:

Mã sản phẩm	CE-1306
Mã số	240306020
Phạm vi đo	0.01~4 mg/L
Nhiệt độ vận hành	5~40 ℃
Độ ẩm vận hành	≤90%
Điện áp cung cấp	220V ± 22V 50 Hz ± 1 Hz
Sai số phép đo	± 5%
Giới hạn định lượng	≤ 0.05 mg/L

Tín hiệu đầu ra	4-20 mA/RS232/RS485

Bảng 11. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Cr3

Đặc điểm thiết bị:

- Thiết kế tích hợp, vận hành tự động hoàn toàn, phù hợp cho quan trắc trực tuyến liên tục chất lượng nước.
- Màn hình cảm ứng màu TFT 7 inch.
- Hỗ trợ truyền thông Modbus RTU với 2 cổng RS485 và RS232.
- Hệ thống lấy mẫu và chuẩn bị mẫu tự động.
- Cơ chế tự động làm sạch và tự phục hồi sau sự cố, giúp tăng độ bền và giảm thời gian bảo trì.
- Thời gian đo nhanh, có thể tùy chỉnh để phù hợp với đặc điểm mẫu và yêu cầu thực tế.
- Thiết kế chắc chắn, chống chịu tốt với các điều kiện môi trường khắc nghiệt.
- Hỗ trợ cảnh báo và ngắt tín hiệu khi nồng độ vượt ngưỡng cho phép, đảm bảo an toàn vận hành.

Phương pháp đo: Phương pháp Diphenylcarbazide kết hợp phương pháp quang phổ đo độ hấp thụ. Trong môi trường axit, tất cả các dạng Chromium trong mẫu được khử về Cr^{3+}hoặc Cr^{6+}. Sau đó Cr^{6+}phản ứng với Diphenylcarbazide tạo thành phức màu đỏ tím. Độ hấp thụ quang tại bước sóng 470 nm được đo để tính toán nồng độ tương ứng.

3.2.2.6 Tủ phân tích tổng Phosphorus và phương pháp đo

Để đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của hệ thống, tủ phân tích tổng Phosphorus cần thoả mãn các tiêu chí sau:

- Độ chính xác cao: tối thiểu <10%.
- Dải đo rộng: ít nhất là 5 mg/L.
- Mức độ tự động cao: làm sạch đầu dò tự động, tự động lấy mẫu và tính toán.
- Tín hiệu đầu ra: analog hoặc số Modbus RTU (RS 232, RS 485).
- Thiết kế chuẩn chống nước, hoạt động nơi độ ẩm cao.

Với các yêu cầu đó, lựa chọn tủ phân tích Phosphorus của hãng Create.

Thông tin thiết bị:

Mã sản phẩm	CE-1233

Mã số	240603033
Phạm vi đo	0.01~10 mg/L
Nhiệt độ vận hành	5~40 ℃
Độ ẩm vận hành	≤90%
Điện áp cung cấp	220V ± 22V 50 Hz ± 1 Hz
Sai số phép đo	± 10%
Giới hạn định lượng	≤ 0.02 mg/L
Tín hiệu đầu ra	4-20 mA/RS232/RS485

Bảng 12. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Phospho

Đặc điểm thiết bị:

- Thiết kế tích hợp, vận hành tự động hoàn toàn, phù hợp cho quan trắc trực tuyến liên tục chất lượng nước.
- Màn hình cảm ứng màu TFT 7 inch.
- Hỗ trợ truyền thông Modbus RTU với 2 cổng RS485 và RS232.
- Hệ thống lấy mẫu và chuẩn bị mẫu tự động.
- Cơ chế tự động làm sạch và tự phục hồi sau sự cố, giúp tăng độ bền và giảm thời gian bảo trì.
- Thời gian đo nhanh, có thể tùy chỉnh để phù hợp với đặc điểm mẫu và yêu cầu thực tế.
- Thiết kế chắc chắn, chống chịu tốt với các điều kiện môi trường khắc nghiệt.
- Hỗ trợ cảnh báo và ngắt tín hiệu khi nồng độ vượt ngưỡng cho phép, đảm bảo an toàn vận hành.

Phương pháp đo: Phương pháp Molybdenum xanh kết hợp quang phổ đo độ hấp thụ. Trong điều kiện nhiệt độ cao, áp suất cao và môi trường axi, photpho trong mẫu nước bị phân huỷ bởi chất oxy hoá mạnh và chuyển thành ion photphat. Ion photphat sau đó phản ứng với Molybdate ammonium trong môi trường axit để tạo thành phức Molydenum xanh. Cường độ hấp thụ quang tại bước sóng 880 nm được đo để tính toán nồng độ tương ứng.

3.2.2.7 Tủ phân tích tổng Hexavalent Chromium và phương pháp đo

Để đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của hệ thống, tủ phân tích tổng Chromium cần thoả mãn các tiêu chí sau:

- Độ chính xác cao: tối thiểu <10%.
- Dải đo rộng: ít nhất là 0.05 mg/L.
- Mức độ tự động cao: làm sạch đầu dò tự động, tự động lấy mẫu và tính toán.
- Tín hiệu đầu ra: analog hoặc số Modbus RTU (RS 232, RS 485).
- Thiết kế chuẩn chống nước, hoạt động nơi độ ẩm cao.

Với các yêu cầu đó, lựa chọn tủ phân tích Chromium của hãng Create.

Thông tin thiết bị:

Mã sản phẩm	CE-1315
Mã số	23115042
Phạm vi đo	0.005~0.5 mg/L
Nhiệt độ vận hành	5~40 ℃
Độ ẩm vận hành	≤90%
Điện áp cung cấp	220V ± 22V 50 Hz ± 1 Hz
Sai số phép đo	± 10%
Giới hạn định lượng	≤ 0.02 mg/L
Tín hiệu đầu ra	4-20 mA/RS232/RS485

Bảng 13. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Cr6

Đặc điểm thiết bị:

- Thiết kế tích hợp, vận hành tự động hoàn toàn, phù hợp cho quan trắc trực tuyến liên tục chất lượng nước.
- Màn hình cảm ứng màu TFT 7 inch.

- Hỗ trợ truyền thông Modbus RTU với 2 cổng RS485 và RS232.
- Hệ thống lấy mẫu và chuẩn bị mẫu tự động.
- Cơ chế tự động làm sạch và tự phục hồi sau sự cố, giúp tăng độ bền và giảm thời gian bảo trì.
- Thời gian đo nhanh, có thể tùy chỉnh để phù hợp với đặc điểm mẫu và yêu cầu thực tế.
- Thiết kế chắc chắn, chống chịu tốt với các điều kiện môi trường khắc nghiệt.
- Hỗ trợ cảnh báo và ngắt tín hiệu khi nồng độ vượt ngưỡng cho phép, đảm bảo an toàn vận hành.

Phương pháp đo: Phương pháp Diphenylcarbazide kết hợp kỹ thuật quang phổ đo độ hấp thụ được sử dụng để xác định nồng độ Cr^{6+}. Trong môi trường axit, Cr^{6+} phản ứng đặc hiệu với Diphenylcarbazide tạo phức màu đỏ tím có khả năng hấp thụ ánh sáng ở bước sóng 470 nm. Độ hấp thụ quang phổ tại bước sóng này được đo để tính toán nồng độ Cr^{6+} trong mẫu. Phương pháp đảm bảo độ nhạy cao và độ chọn lọc tốt cho việc phân tích Cr^{6+} trong các mẫu nước.

3.2.3 Máy bơm lấy mẫu

Thời gian phân tích kết quả của các máy phân tích trực tuyến:

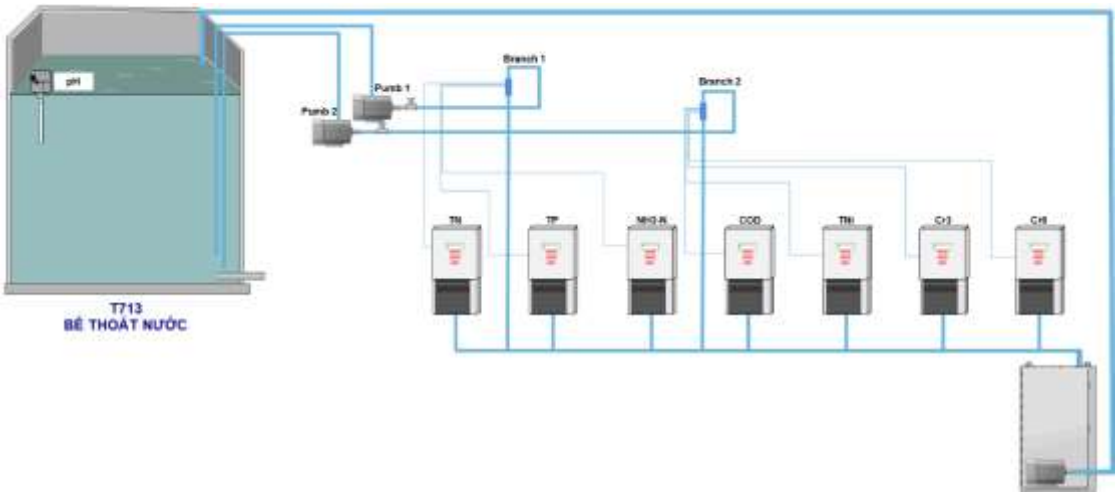
STT	Tên máy phân tích	Thời gian phân tích (gần đúng)
1	COD	15-30 phút
2	TP	30 phút
3	TN	30 phút
4	TNi	15 phút
5	NH3-N	10 phút
6	Cr3+	10 phút
7	Cr6+	10 phút

Bảng 14. Thông số kỹ thuật máy phân tích tổng Cr6

Dựa trên thời gian phân tích của các thiết bị phân tích, có thể chia thành hai nhóm chính: nhóm có thời gian phân tích nhanh và nhóm có thời gian phân tích lâu. Các máy như NH_3-N, TP, TN thường cho kết quả trong khoảng 10–15 phút, thuộc nhóm nhanh; trong khi đó, các thiết bị như máy phân tích COD sử dụng phương pháp oxy hóa hóa học có thời gian xử lý kéo dài từ 30 phút đến hơn một giờ, được xếp vào nhóm phân tích chậm. Trong mỗi máy phân tích đều được tích hợp chức năng phát tín hiệu điều khiển mức 24 V DC, cho phép truyền tín hiệu đến các thiết bị chấp hành như bơm lấy mẫu hoặc cảnh báo hệ thống. Vì vậy, hệ thống được trang bị hai bơm lấy mẫu được điều khiển lấy mẫu tự động ở 02 tủ COD và Amoniac Nitrogen. Hai bơm này được điều khiển độc lập và được cấu hình thời gian bơm hoạt động ở trên các tủ phân tích.

Nhóm/Nhánh lấy mẫu	Tên máy phân tích	Bơm lấy mẫu
1	Total Nitrogen	Pumb No.1
	Total Phosphorus	
	COD	
2	Total Amoni Nitrogen	Pumb No.2
	Total Chromium (3+)	
	Total Chromium (6+)	
	Total Nickel	

Bảng 15. Phân nhóm các chỉ tiêu nước thải



Hình 3.6 Sơ đồ lấy mẫu nước thải từ bể T713

Lựa chọn bơm lấy mẫu 24VDC cho hệ thống:

Hình 3.7 Bơm lấy mẫu nước thải

Thông tin thiết bị:

Công suất định mức	20W
Độ cao định mức	3 m
Độ cao tối đa	5.5 m

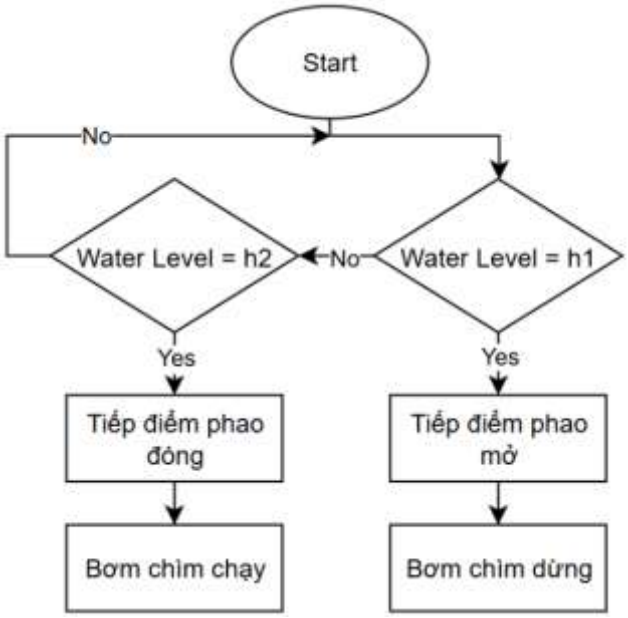
Lưu lượng định mức	12.5 L/min
Nguồn điện cung cấp	24 VDC
Đường ống (In/Out)	8/13 mm
Nhiệt độ chất lỏng	70°C
Tiêu chuẩn bảo vệ	IP68

Bảng 16. Thông số kỹ thuật bơm lấy mẫu nước thải

Ngoài ra, còn có bơm chìm dẫn nước từ bể lưu trữ đưa trở lại bể T713. Bơm này được điều khiển tự động thông qua 01 phao điện tích hợp sẵn bên trong nó.

Lưu đồ thuật toán:

Bơm chìm được điều khiển bật tắt tự động thông qua một phao điện tích hợp sẵn vào bơm. Hoạt động dựa trên nguyên lý, nếu mực nước đạt tới độ cao $h2$ thì bơm sẽ chạy và nếu đạt tới độ cao $h1$ ($h2 > h1$) bơm sẽ tự ngừng.



Hình 3.8 Lưu đồ thuật toán của bơm chìm

Hình 3.9 Bơm chìm hoàn nước thải sau lấy mẫu

Thông tin thiết bị:

Mã sản phẩm	QDX6.5-4.5-0.4HP115
Công suất định mức	0.4 kW
Độ cao định mức	4.5 m
Độ cao tối đa	8.5 m
Lưu lượng định mức	6.5 m^3/h
Nguồn điện cung cấp	220 V/50 Hz
Đường ống (In/Out)	25.32 mm
Trọng lượng	5.57 kg
Tiêu chuẩn bảo vệ	IP68

Bảng 17. Thông số kỹ thuật bơm chìm hoàn nước thải sau lấy mẫu

3.3 Lớp điều khiển

Hệ thống giám sát chất lượng nước thải được tích hợp vào hệ thống xử lý nước thải đã có của nhà máy, do đó hệ thống nãy sẽ sử dụng PLC S7-1500.

Thông qua giao thức truyền thông công nghiệp Profinet, PLC kết nối với hệ thống Remote I/O (ET 200SP), giúp mở rộng khả năng thu thập tín hiệu số và tương tự từ các

tủ phân tích và thiết bị tại hiện trường. Lớp điều khiển cũng được lập trình để thực hiện các tác vụ theo chu kỳ định kỳ như ghi log dữ liệu, cập nhật trạng thái thiết bị, và gửi dữ liệu lên lớp giám sát để hiển thị và lưu trữ tập trung.

Liệt kê tín hiệu Input của hệ thống:

STT	Tên tín hiệu	Loại tín hiệu
1	Máy phân tích COD	AI
2	Máy phân tích TN	AI
3	Máy phân tích TP	AI
4	Máy phân tích TNi	AI
5	Máy phân tích NH3-N	AI
6	Máy phân tích Cr3	AI
7	Máy phân tích Cr6	AI
8	Cảm biến pH	AI
9	Cảm biến mức chất lỏng	AI
10	Cảm biến lưu lượng	AI

Bảng 18. Liệt kê tín hiệu Input của PLC

3.3.1 Bộ điều khiển Siemens PLC SIMATIC S7-1500

Hình 3.10 PLC SIMATIC S7-1500

SIMATIC S7-1500 CPU 1513-1 PN là bộ điều khiển lập trình thuộc dòng cao cấp của Siemens, được thiết kế cho các ứng dụng tự động hóa yêu cầu hiệu suất cao, tính ổn định và độ tin cậy lâu dài. Bộ lập trình có khả năng quản lý lên đến 32 module mở rộng, có tính năng websever và cho phép chẩn đoán lỗi online, tích hợp truyền thông profibus, profinet và modbus.

Mã sản phẩm	6ES7513-1AL02-0AB0
Thông số kỹ thuật	– SIMATIC S7-1500, CPU 1513-1 PN – Kích thước màn hình: 3.45 cm – Nguồn cấp: 19.2~28.8 VDC

	– Bộ nhớ: 300 KB, Load memory 32 GB (yêu cầu có Memory card) – Tốc độ CPU: 40 ns – Khả năng tích hợp: 2048 IO module – Giao thức: 2 cổng Ethernet, hỗ trợ S7 Communication, Webserver, OPC UA, modbus,… – Ngôn ngữ lập trình: LAD, FBD, STL, SCL, GRAPH – Các tính năng khác: Access protection, PID, High-speed counter, Motion control,…
Kích thước	35x147x129 (mm)
Môi trường làm việc	Phạm vị nhiệt độ: -25~60 ℃ Độ cao tiêu chuẩn: 5.000 m
Khối lượng	405 g
Xuất xứ	Đức

Bảng 19. Thông số kỹ thuật PLC S7-1500

3.3.2 Bộ điều khiển phân tán Siemens SIMATIC ET 200SP

Hệ thống xử lý nước thải hiện tại của nhà máy đã được trang bị 02 module Remote IO ET 200SP, vì vậy hệ thống giám sát chất lượng nước thải cũng được tích hợp trực tiếp thông qua cùng dòng module này nhằm đảm bảo tính đồng bộ, dễ dàng kết nối và mở rộng. Việc sử dụng ET 200SP không chỉ giúp giảm thiểu chi phí đầu tư thiết bị mới mà còn tận dụng tối đa hạ tầng sẵn có, đồng thời đảm bảo khả năng giao tiếp tin cậy với PLC điều khiển trung tâm qua giao thức Profinet.

Hình 3.11 Bộ điều khiển phân tán SIMATIC ET 200SP

ET 200SP là thiết bị ngoại vi phân tán của Siemens, được xem là một hệ thống I/O module, linh hoạt cao với mức độ bảo vệ IP20. Thông qua các module giao diện, nó có thể trao đổi dữ liệu của các module I/O được kết nối với PLC cấp cao hơn. ET 200SP thường được sử dụng trong những hệ thống điều khiển phân tán có nhiều thiết bị và hạn chế về khoảng cách, không gian.

Tính chọn module AI:

STT	Tên tín hiệu	Loại	Địa chỉ
1	Máy phân tích COD	Int	%IW224
2	Máy phân tích TN	Int	%IW226
3	Máy phân tích TP	Int	%IW228
4	Máy phân tích TNi	Int	%IW230
5	Máy phân tích NH3-N	Int	%IW232
6	Máy phân tích Cr3	Int	%IW232
7	Máy phân tích Cr6	Int	%IW234
8	Cảm biến pH	Int	%IW236
9	Cảm biến mức chất lỏng	Int	%IW238
10	Cảm biến lưu lượng	Int	%IW240

Bảng 20. Phân địa chỉ cho các thiết bị trường

Với số lượng tín hiệu Analog là 10, lựa chọn 02 module AI 8xI 2-/4 wire 6ES7134-6GF00-0AA1:

Hình 3.12 Module mở rộng tín hiệu Analog

Thông tin thiết bị module mở rộng:

Số kênh	8 (Analog input)
Tín hiệu	4-20 mA, 0-20 mA, 0-10V
Độ phân giải	15-16 bits
Chu kỳ đo	10 ms
Nguồn	19.2-28.8 VDC
Chuẩn đoán và cấu hình	Hỗ trợ chẩn đoán lỗi, cấu hình khi chạy, LED trạng thái
Cổng đấu dây	Hỗ trợ 2 wire&4 wire

Bảng 21. Số liệu kỹ thuật của module mở rộng tín hiệu Analog

Thông tin thiết bị IO Device ET 200SP:

Thành phần	Chức năng	Hình ảnh
CPU	– Sử dụng làm bộ điều khiển IO, I-Device trên Profinet IO hoặc dưới dạng CPU độc lập. – Kết nối ET 200SP với thiết bị IO hoặc bộ điều khiển IO. – Trao đổi dữ liệu với các module IO thông qua bus bảng nối đa năng. – Truyền thông qua Profibus DP (kết hợp module truyền thông CM DP, CPU có thể sử dụng làm Master hoặc Slave). – Tích hợp Webserver. – Tích hợp chức năng theo dõi. – Tích hợp chuẩn đoán hệ thống. – Tích hợp an toàn.	
Open controller	Kết hợp các chức năng của một bộ điều khiển phần mềm dựa trên PC với tính năng trực quan hoá, các ứng dụng PC và IO trung tâm tổng một thiết bị đơn giản và nhỏ gọn. – Tính sẵn có hệ thống cao. – Gọn nhẹ và tính module hoá. – Hiệu quả khi thiết kế trong TIA Portal.	
MultiFieldbus interface	Giao thức: Ethernet Profinet IO, Ethernet IP và Modbus TCP. – Cấu hình qua MultiFieldbus (MFCT). – Kết nối ET 200SP với bộ điều khiển IO. – Trao đổi dữ liệu với module IO thông qua Bus backplane.	
Profinet IO	Module giao diện: – Sử dụng như thiết bị IO trên Profinet IO. – Kết nối ET 200SP với bộ điều khiển IO.	

	– Trao đổi dữ liệu với các module IO thông qua bus lưu trữ lại trên hệ thống.	
Profibus DP	Module giao diện: – Sử dụng như DP Slave trên Profibus DP. – Kết nối ET 200SP với DP Master. – Trao đổi dữ liệu với các module IO qua bus mặt sau.	
SMIATIC BA (BusAdapter)	– SIMATIC BusAdapters cho phép lựa chọn tự do hệ thống kết nối và kết nối vật lý cho các trạm đầu cuối với giao diện Profinet hoặc MultiFieldbus. – Độ dài cáp giữa 2 trạm: Tối đa 100m (đồng), tối đa 50m (POF), tối đa 100m (PCF), tối đa 3km (đa chế độ sợi quang thủy tinh). – Mở rộng trạm với hệ thống I/O ET 200AL thông qua kết nối ET, BusAdapter BA-Send có sẵn.	
BaseUnit (BU)	Các BU cung cấp kết nối điện và cơ khí cho các thành phần RT 200SP.	
IO modules, fail-safe IO modules	DI (digital input), DQ (digital output), AI (analog input), AQ (analog output), TM (technology modules), CM (communications modules), SM (special modules).	
Server module	Server module là bước cuối cùng trong việc thiết lập một trạm ET 200SP, được trang bị các kẹp giữ cho 3 cầu chì dự phòng (kích thước 5×20mm). Server module được bao gồm trong gói cung cấp của tất cả các trạm đầu cuối.	
Thành phần làm mát	– Phiên bản cơ khí. – Phiên bản điện.	

Bảng 22. Thông số kỹ thuật bộ điều khiển phân tán SIMATIC ET 200SP

3.4 Kết luận chương 3

Chương 3 đã tập trung trình bày quá trình thiết kế hệ thống giám sát chất lượng nước thải từ xa tại nhà máy Luxcase Vietnam, bao gồm việc xác lập kiến trúc tổng thể của hệ thống, lựa chọn các thiết bị chính ở từng lớp và giải thích lý do lựa chọn đó dựa trên yêu cầu kỹ thuật cũng như điều kiện thực tế.

Về kiến trúc tổng thể, hệ thống được xây dựng theo mô hình ba lớp: lớp thiết bị hiện trường (field level), lớp điều khiển (control level) và lớp giám sát (supervisory level). Mô hình này cho phép tổ chức hợp lý luồng tín hiệu và dữ liệu giữa các thành phần trong hệ thống, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho việc mở rộng hoặc bảo trì trong tương lai.

Ở lớp thiết bị cấp trường, các cảm biến chuyên dụng được lựa chọn để giám sát liên tục những thông số môi trường đặc trưng của nước thải.

Ngoài ra, tủ phân tích trực tuyến và máy bơm lấy mẫu được tích hợp nhằm nâng cao độ chính xác và độ tin cậy của dữ liệu, phục vụ cho việc báo cáo và kết nối với cơ quan quản lý môi trường khi cần thiết.

Tại lớp điều khiển, bộ điều khiển trung tâm Siemens PLC S7-1500 được sử dụng với ưu điểm xử lý nhanh, cấu trúc lập trình mạnh mẽ, hỗ trợ truyền thông đa dạng. Bên cạnh đó, bộ điều khiển phân tán Siemens SIMATIC ET 200SP đóng vai trò quan trọng trong việc thu thập tín hiệu tại các vị trí xa trung tâm, giúp giảm thiểu chi phí kéo dây, tăng tính linh hoạt trong bố trí hệ thống. Sự kết hợp này đảm bảo hệ thống vừa mạnh về xử lý trung tâm, vừa linh hoạt trong triển khai vùng.

Việc lựa chọn thiết bị và cấu trúc hệ thống trong chương này đã bám sát yêu cầu thực tế, đồng thời tuân thủ các nguyên tắc về an toàn, hiệu quả và khả năng mở rộng. Qua đó, hệ thống không chỉ phục vụ tốt mục tiêu giám sát chất lượng nước thải một cách tự động và liên tục, mà còn tạo điều kiện thuận lợi để tích hợp thêm các chức năng mở rộng như điều khiển từ xa, lưu trữ dữ liệu dài hạn hay kết nối lên nền tảng IoT phục vụ quản lý thông minh.

Những cơ sở kỹ thuật đã được trình bày trong chương này là tiền đề vững chắc để triển khai các nội dung tiếp theo như xây dựng phần mềm điều khiển, thiết kế giao diện giám sát trung tâm, lập trình điều kiện cảnh báo và thử nghiệm vận hành toàn hệ thống trong chương 4 và 5 của đồ án.

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ GIAO DIỆN VÀ LẬP TRÌNH HỆ THỐNG

Trong chương này, nội dung trọng tâm sẽ đi sâu vào thiết kế và phát triển giao diện giám sát chất lượng nước thải, được tích hợp trực tiếp vào giao diện điều khiển của hệ thống xử lý nước thải. Để đáp ứng yêu cầu này, giao diện vận hành hệ thống sẽ được thiết kế lại nhằm đảm bảo tính trực quan, dễ theo dõi và có khả năng phản ánh đầy đủ các thông số chất lượng nước. Song song đó, chương trình điều khiển cũng được xây dựng dựa trên quy trình vận hành thực tế của hệ thống, giúp mô phỏng sát nhất với hoạt động thực tiễn, từ đó đảm bảo tính ứng dụng và khả năng triển khai cao.

4.1 Chương trình PLC SIMATIC S7-1500

4.1.1 Lưu đồ thuật toán

Trong hệ thống, các thiết bị như máy bơm nâng, bơm hóa chất, máy khuấy, và quạt được điều khiển dựa trên các điều kiện vận hành cụ thể như: thời gian chạy luân phiên, mức nước trong bể, tín hiệu lỗi từ cảm biến áp suất/mức/pH, cũng như chế độ vận hành (bằng tay hoặc tự động).

Việc thiết kế lưu đồ thuật toán điều khiển cho từng thiết bị cho phép người lập trình dễ dàng hình dung mạch logic, xác định chính xác các điều kiện rẽ nhánh, trình tự thực thi, từ đó tăng tính ổn định, giảm thiểu lỗi trong quá trình lập trình và vận hành hệ thống.

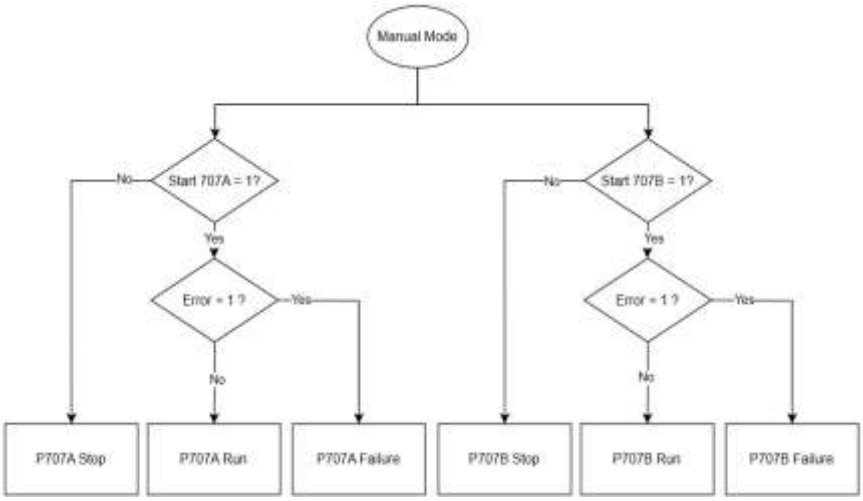
Trong chế độ vận hành tự động, các thiết bị sẽ tự khởi động hoặc dừng theo tín hiệu cảm biến (mức nước cao/thấp, pH vượt ngưỡng, thời gian hoạt động định kỳ...). Ngược lại, chế độ bằng tay cho phép người vận hành trực tiếp điều khiển từng thiết bị thông qua giao diện HMI, thường được sử dụng trong quá trình bảo trì, kiểm tra hệ thống hoặc trong trường hợp cần can thiệp thủ công.

Các chế độ hoạt động và thông số như ngưỡng mức nước, giá trị pH giới hạn, thời gian chạy từng chu kỳ, v.v... đều có thể được thiết lập trực tiếp trên màn hình điều khiển, giúp hệ thống linh hoạt và phù hợp với nhiều điều kiện vận hành thực tế khác nhau.

Ngoài ra, việc sử dụng lưu đồ trong quá trình thiết kế hệ thống cũng hỗ trợ rất nhiều cho công tác kiểm thử, bảo trì, huấn luyện vận hành và mở rộng chương trình trong tương lai, đặc biệt là khi hệ thống được nâng cấp hoặc tích hợp thêm các thành phần mới.

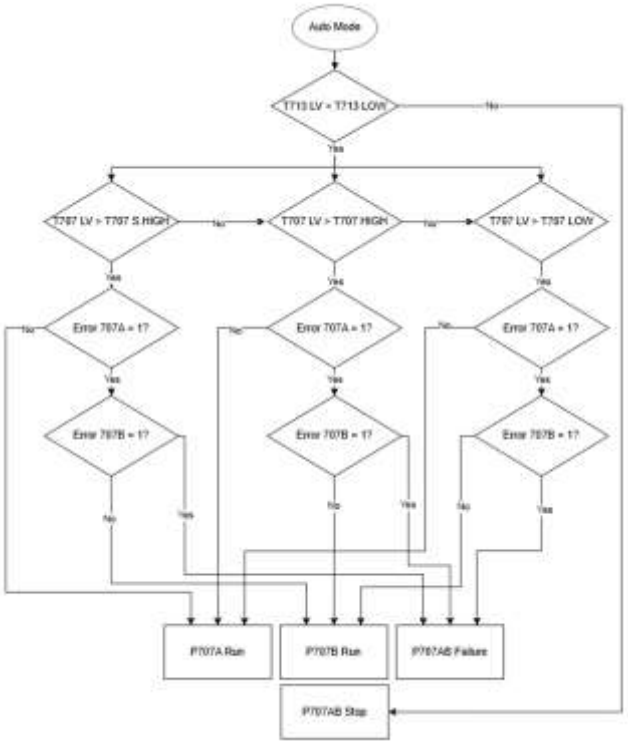
Lưu đồ thuật toán cho bơm nâng T707:

- Chế độ bằng tay: Bật/tắt bơm chính và dự phòng T707 bằng nút nhấn, nếu xảy ra sự cố ở bơm chính thì sẽ cảnh báo lỗi, tương tự đối với bơm dự phòng.



Hình 4.1 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T707-Bằng tay

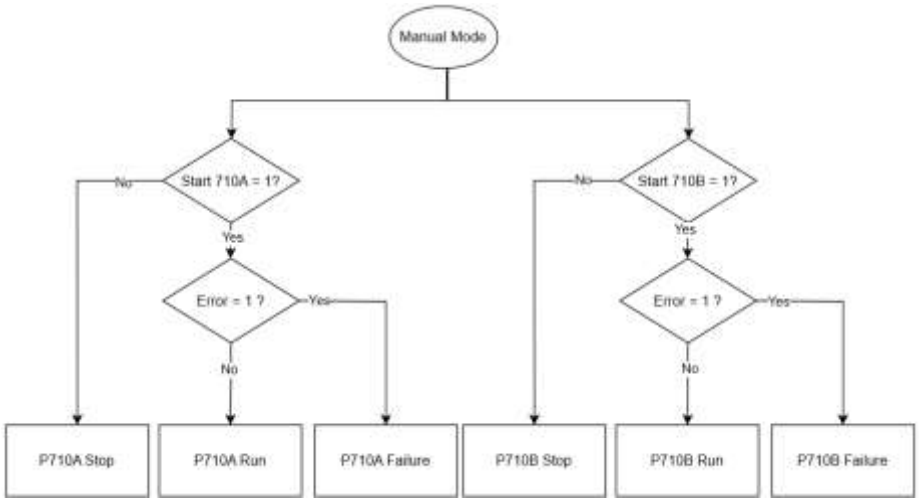
- Chế độ tự động: Bơm nâng T707 được bật/tắt tự động dựa trên độ cao mức chất lỏng hiện tại của bể T713 và các thang độ cao mức chất lỏng trong bể T707. Các thang độ cao mức chất lỏng gồm 4 mức: cực cao (S.High), cao (High), thấp (Low) và cực thấp (S.Low) có thể tuỳ chỉnh bằng cách thao tác ở trên màn hình điều khiển, đảm bảo tính linh hoạt khi vận hành hệ thống.



Hình 4.2 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T707-Tự động

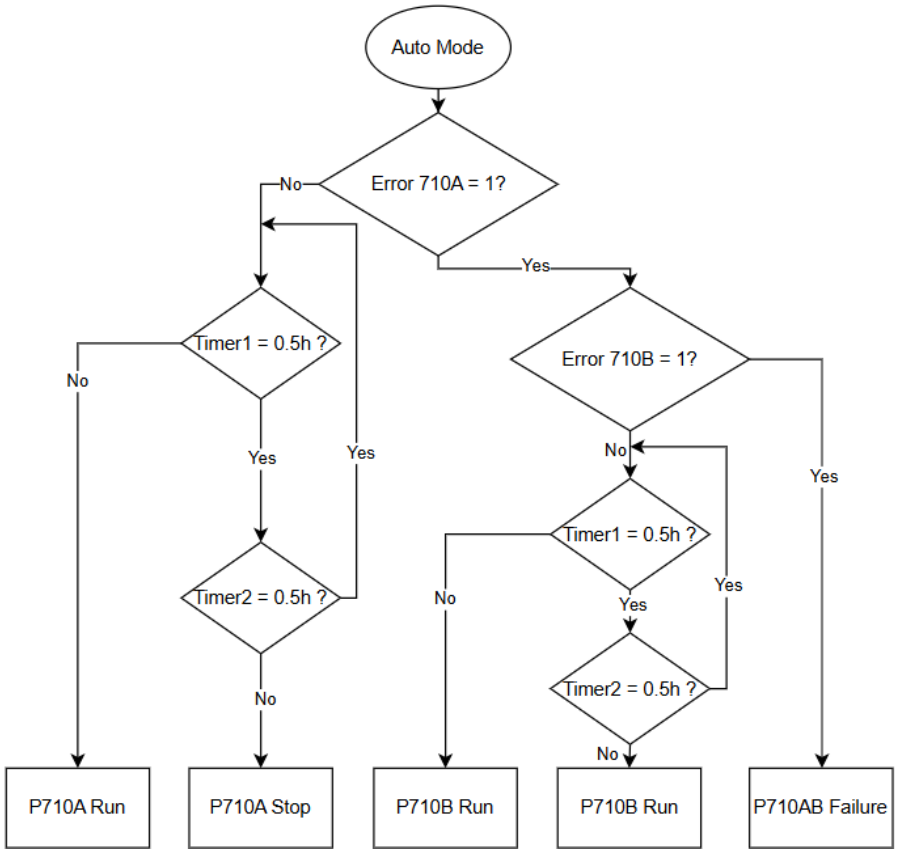
Lưu đồ thuật toán cho bơm nâng T710:

- Chế độ bằng tay: Bật tắt bơm chính và dự phòng T710 bằng nút nhấn, nếu xảy ra sự cố ở bơm chính thì sẽ cảnh báo lỗi, tương tự đối với bơm dự phòng.



Hình 4. 3 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T710-Bằng tay

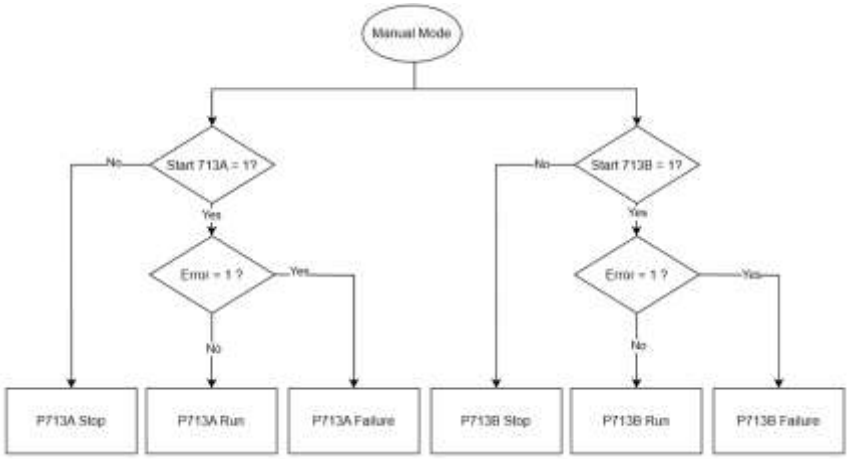
- Chế độ tự động: Bơm nâng T710 được bật/tắt tự động dựa theo thời gian hoạt động. Hoạt động theo nguyên lí 30 phút bật và 30 phút tắt, có thể thao tác điều chỉnh thời gian ở trên màn hình điều khiển, đảm bảo tính linh hoạt khi vận hành.



Hình 4.4 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T710-Tự động

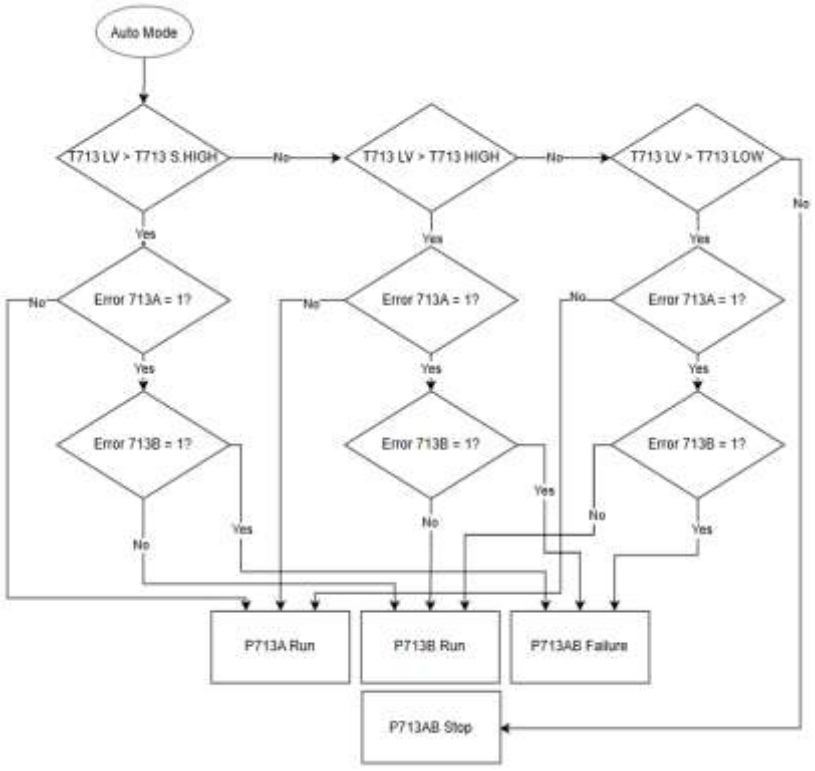
Lưu đồ thuật toán cho bơm nâng T713:

- Chế độ bằng tay: Bật/tắt bơm chính và dự phòng T713 bằng nút nhấn, nếu xảy ra sự cố ở bơm chính thì sẽ cảnh báo lỗi, tương tự đối với bơm dự phòng.



Hình 4.5 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T713-Bằng tay

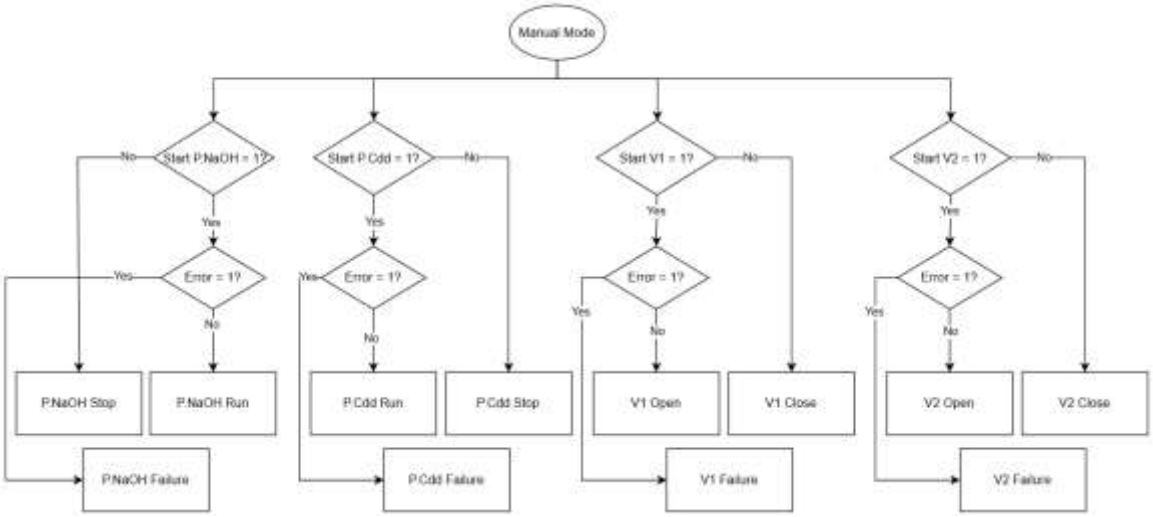
- Chế độ tự động: Bơm nâng T713 được bật/tắt tự động dựa trên các thang độ cao mức chất lỏng trong bể T713. Các thang độ cao mức chất lỏng gồm 4 mức: cực cao (S.High), cao (High), thấp (Low) và cực thấp (S.Low) có thể tuỳ chỉnh bằng cách thao tác ở trên màn hình điều khiển, đảm bảo tính linh hoạt khi vận hành hệ thống.



Hình 4.6 Lưu đồ thuật toán bơm nâng T713-Tự động

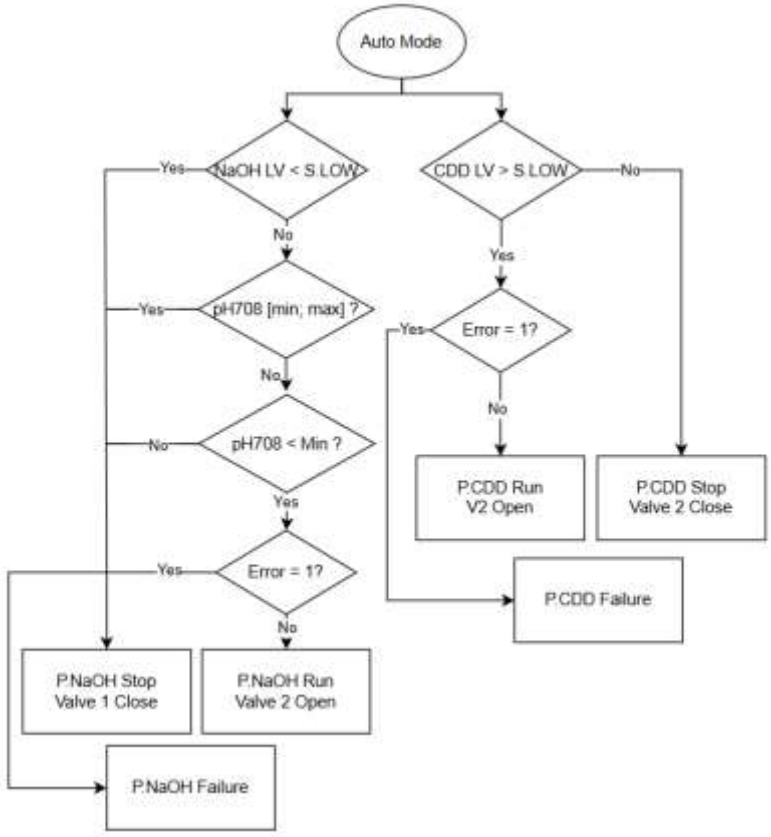
Lưu đồ thuật toán cho bơm và van hoá chất:

- Chế độ bằng tay: Bật/tắt bơm và van hoá chất bằng nút nhấn, nếu xảy ra sự cố ở bơm hoá chất hoặc van thì sẽ có cảnh báo lỗi.



Hình 4.7 Lưu đồ thuật toán bơm và van hoá chất-Bằng tay

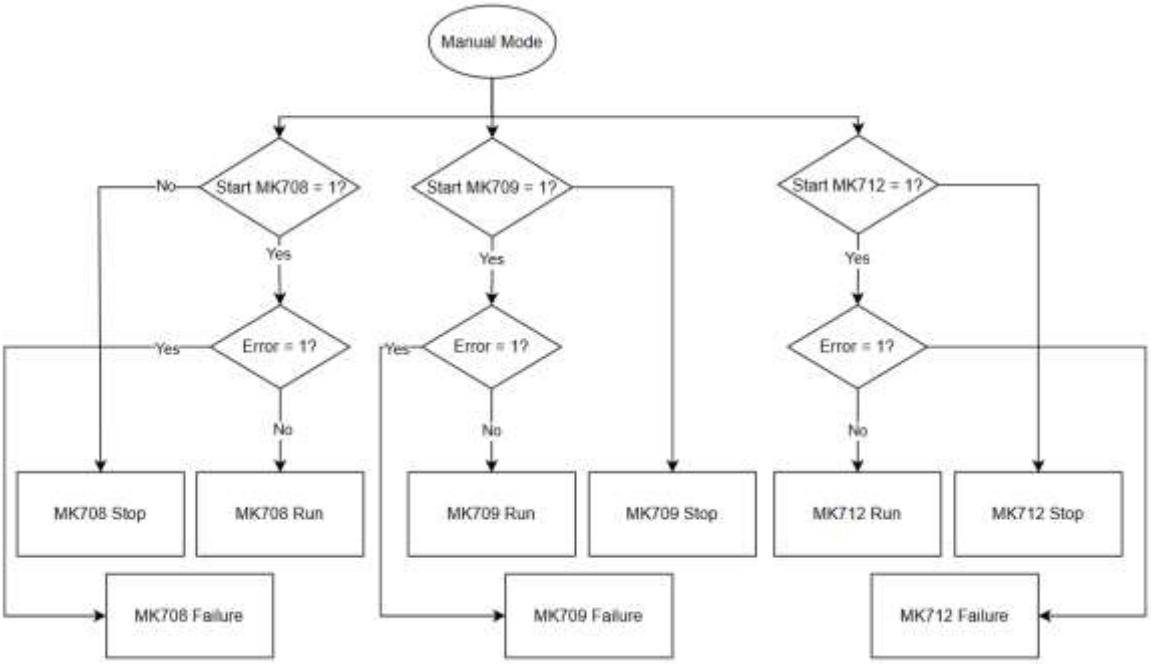
- Chế độ tự động: Hoạt động dựa trên nồng độ pH của bể T708, mục đích để giữ nồng độ pH của hệ thống nằm ở mức cho phép.



Hình 4.8 Lưu đồ thuật toán bơm và van hoá chất-Tự động

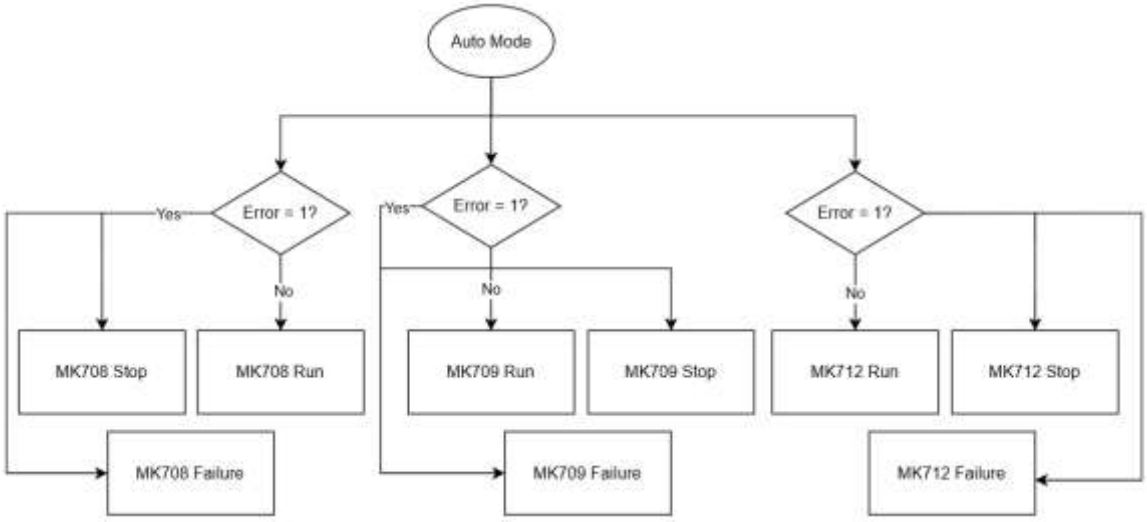
Lưu đồ thuật toán của máy khuấy:

- Chế độ bằng tay: Bật/tắt máy khuấy bằng nút nhấn, nếu xảy ra sự cố thì sẽ có cảnh báo.



Hình 4.9 Lưu đồ thuật toán máy khuấy-Bằng tay

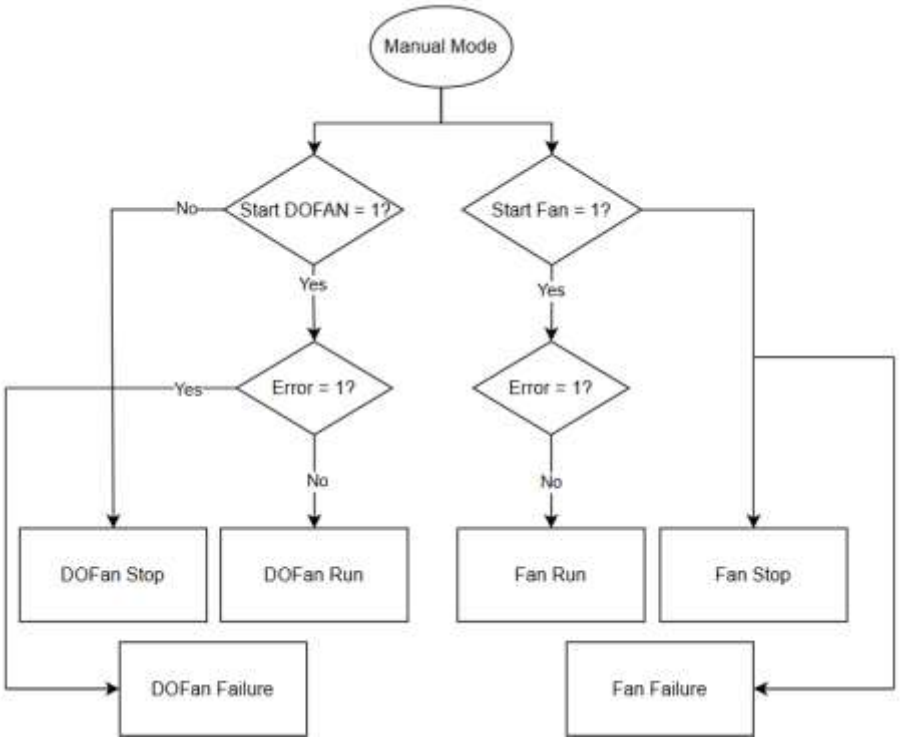
- Chế độ tự động: Các máy khuấy đồng thời hoạt động, nếu có sự cố thì sẽ có cảnh báo.



Hình 4.10 Lưu đồ thuật toán máy khuấy-Tự động

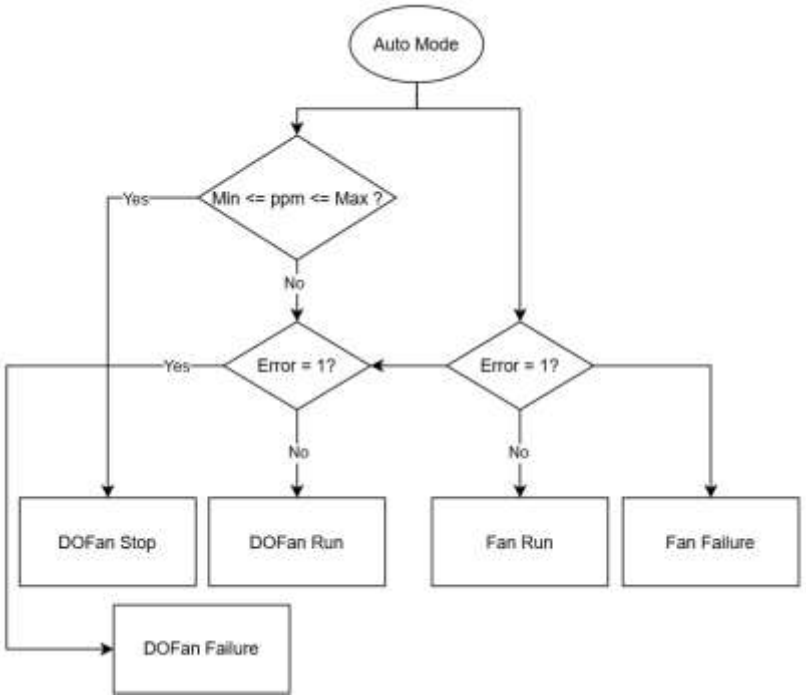
Lưu đồ thuật toán quạt DO và quạt sục khí:

– Chế độ bằng tay: Bật/tắt quạt bằng nút nhấn, nếu xảy ra sự cố thì sẽ có cảnh báo.



Hình 4.11 Lưu đồ thuật toán quạt DO và quạt sục khí-Bằng tay

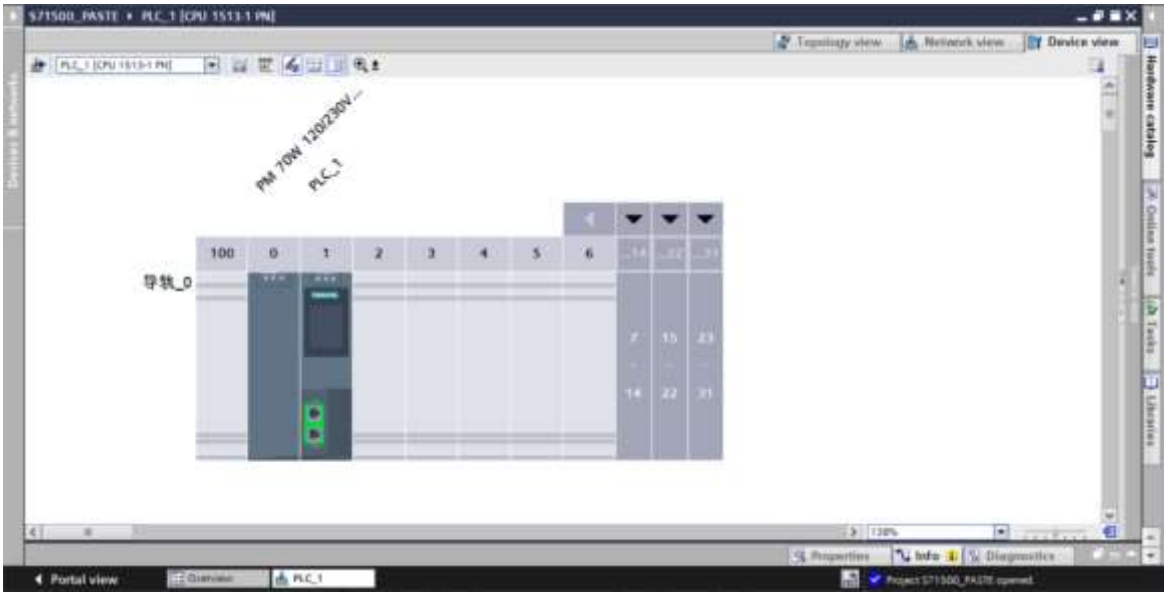
– Chế độ tự động: Hoạt động dựa trên chỉ số PPM (Part Per Million) của bể T710, mục đích để giữ chỉ số PPM trong bể nằm ở mức cho phép.



Hình 4.12 Lưu đồ thuật toán quạt DO và quạt sục khí-Tự động

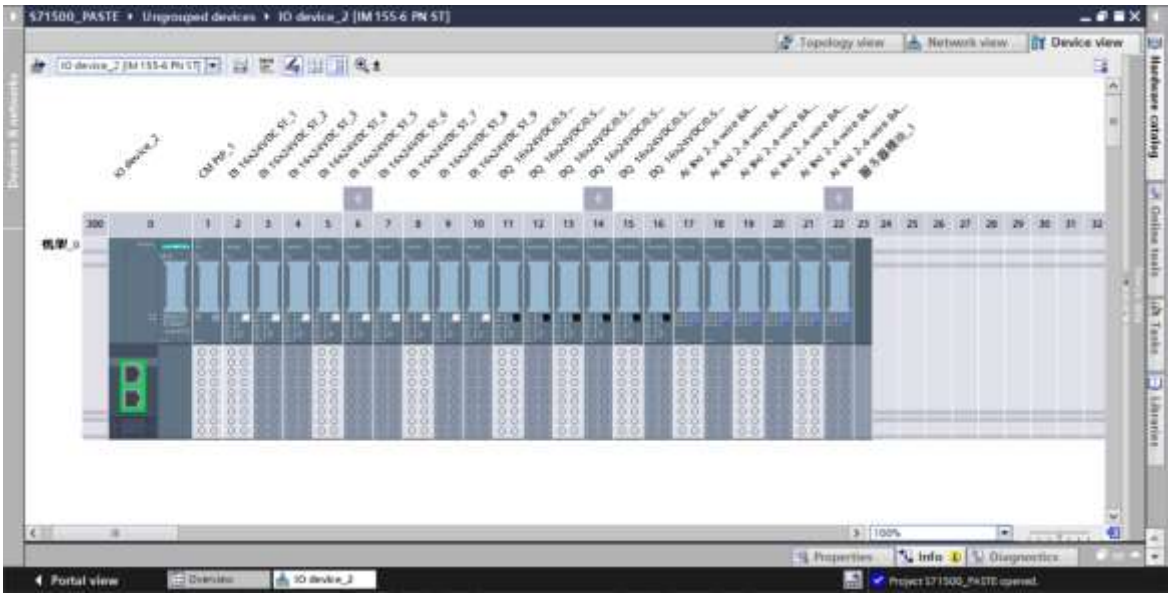
4.1.2 Cấu hình phần cứng

Lựa chọn phần cứng PLC là SIMATIC S7-1500 6ES7 513-1AL02-0AB0:



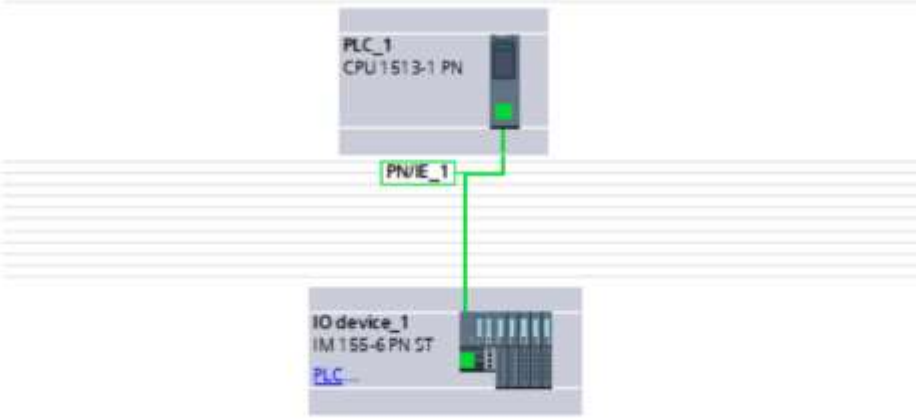
Hình 4.13 SIMATIC S7-1500 1513-1 PN

Lựa chọn IO Device ET200SP IM 155-6 PN ST 6ES7 155-6AU01-0BN0 và các module mở rộng cần thiết cho hệ thống:



Hình 4.14 IO Device ET 200SP

Cấu hình kết nối PLC với Remote IO bằng chuẩn truyền thông PROFINET.



Hình 4.15 Kết nối giữa PLC S7-1500 và IO Device ET200 SP

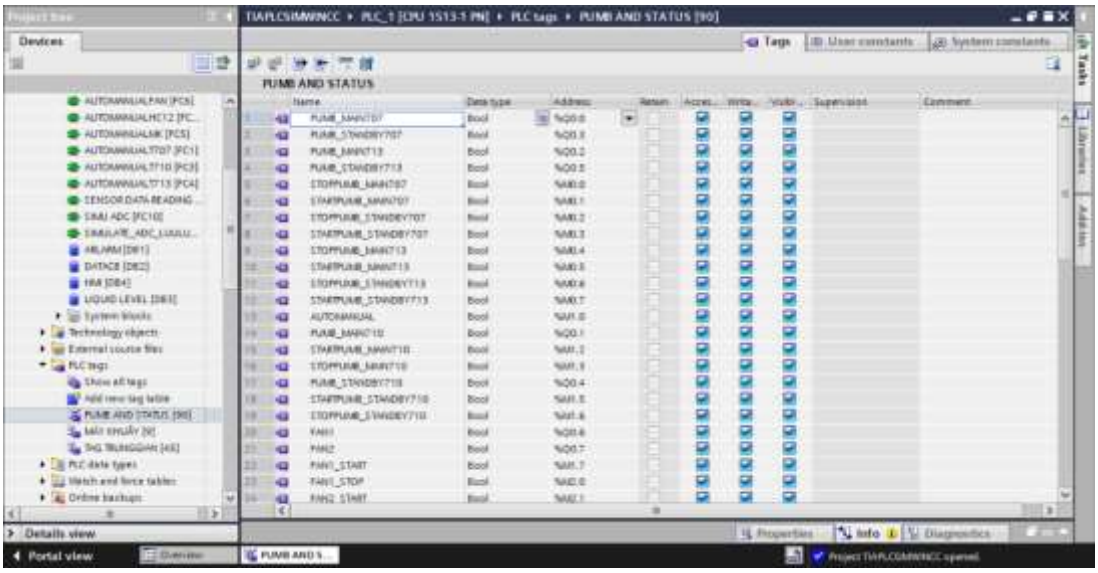
4.1.3 Khai báo và quản lý biến

Trước khi tiến hành viết chương trình điều khiển cho hệ thống, một trong những bước không thể thiếu đó là khai báo biến. Biến là thành phần cốt lõi trong bất kỳ chương trình PLC nào, vì nó đại diện cho tất cả tín hiệu vào/ra vật lý, cũng như các trạng thái trung gian, cờ điều kiện, giá trị đặt trước,... mà chương trình cần xử lý.

Các biến này có thể thuộc nhiều kiểu khác nhau như Bool, Int, Real, Timer,... và được phân theo chức năng: tín hiệu từ cảm biến, điều khiển bơm, cờ điều kiện chạy/tắt, tín hiệu chuyển trạng thái,... Ngoài ra, trong các dự án có tích hợp WinCC, mỗi biến trong PLC sau khi được khai báo còn cần được liên kết (mapping) với các Tag trong WinCC, nhằm đảm bảo dữ liệu được truyền đúng và đầy đủ giữa phần điều khiển và phần giao diện vận hành. Do đó, việc đặt tên biến rõ ràng, có quy ước chung sẽ giúp thuận tiện hơn trong quá trình lập trình, vận hành, nâng cấp cũng như bảo trì hệ thống.

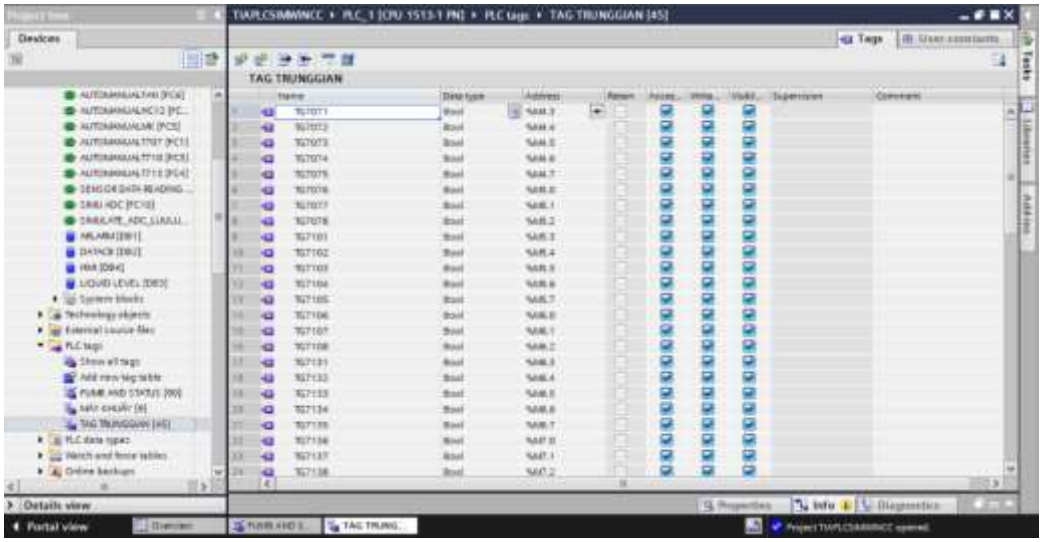
Khai báo các biến trong PLC Tags được chia thành các Data Block.

– Bao gồm các tags đối tượng, bật/tắt đối tượng như là bơm, van điện,…



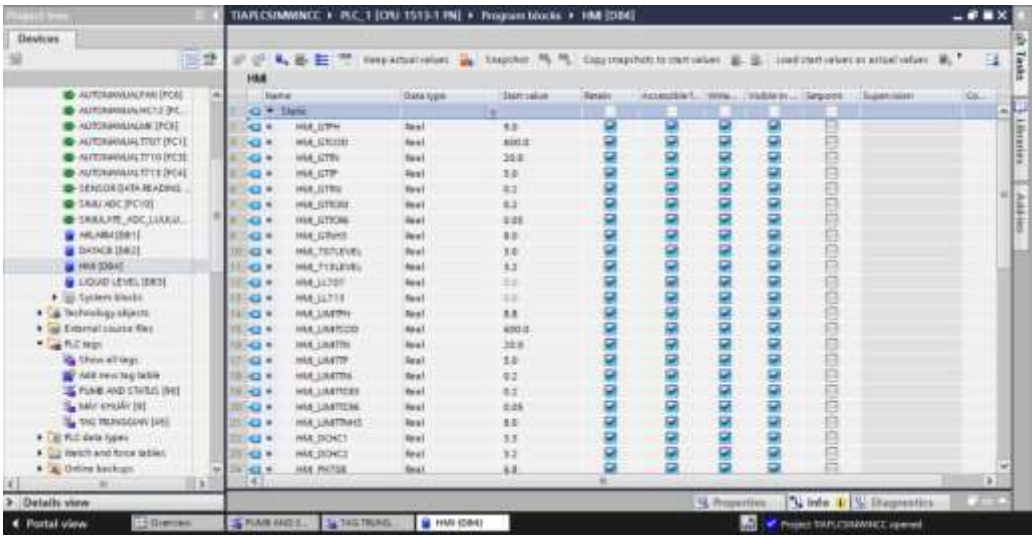
Hình 4.16 Khai báo các biến trong phần PLC Tags

– Bao gồm các tags trung gian, bổ trợ cho việc viết các chương trình:



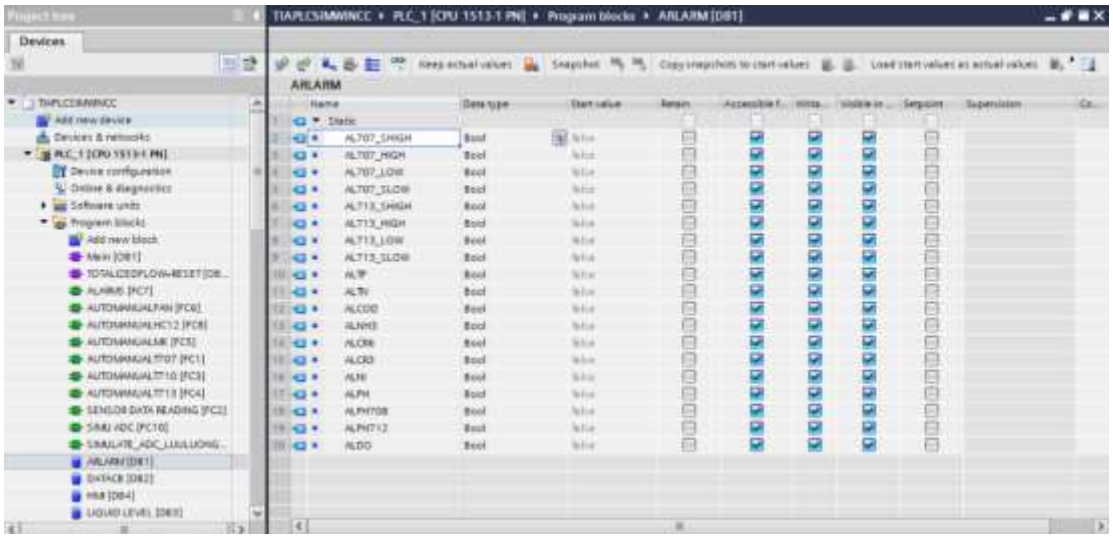
Hình 4.17 Khai báo các biến trung gian trong phần PLC Tags

– HMI: bao gồm các tags hiển thị, nhập giá trị,… trên giao diện HMI. Các tags này được sử dụng nhiều trong chương trình WinCC Explorer:

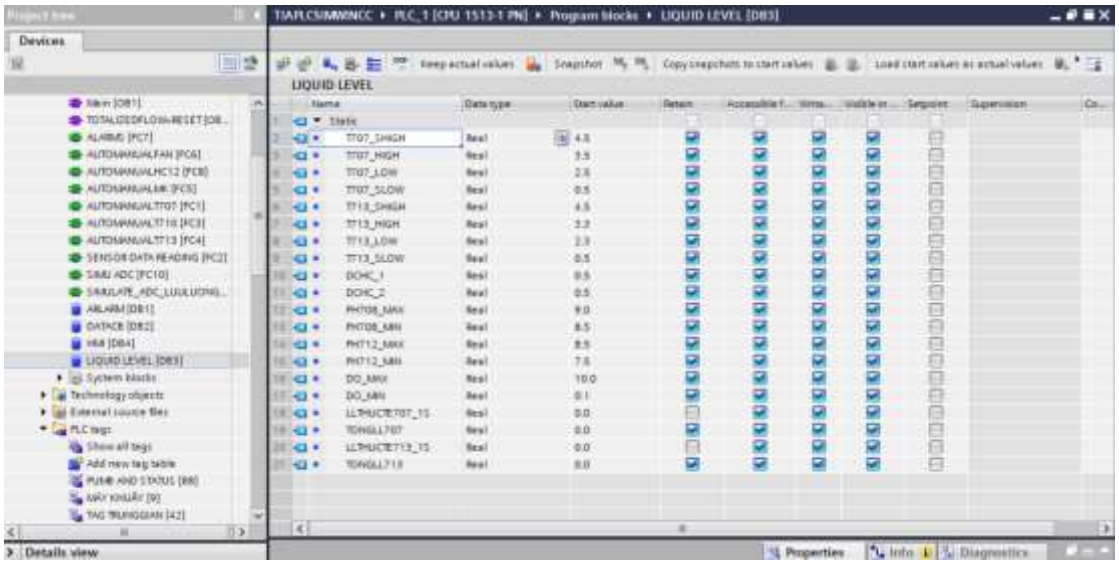


Hình 4.18 Tạo các biến hiển thị, nhập giá trị

– Alarm: các tags cảnh báo được kích hoạt bằng chương trình PLC, được liên kết qua phần mềm WinCC Explorer để đưa vào các giao diện cảnh báo.
– Các tags liên quan tới cảnh báo mức nước trong hệ thống, cũng được liên kết qua phần mềm WinCC Explorer để đưa vào giao diện PopUp.



Hình 4.19 Tạo các biến cảnh báo của hệ thống giám sát



Hình 4.20 Tạo các biến cảnh báo về mức chất lỏng

4.1.4 Chương trình PLC

4.1.4.1 Chương trình đọc giá trị cảm biến

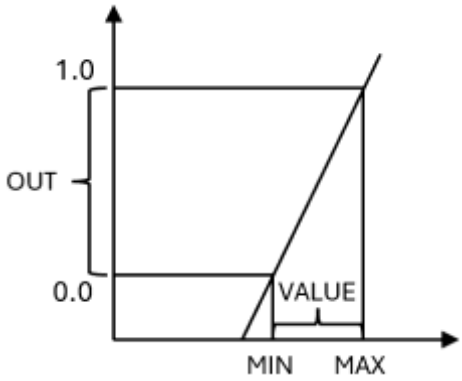
Analog Input là giá trị biểu thị các tham số cơ bản như nhiệt độ, áp suất, dòng điện hoặc mức nước dưới dạng tín hiệu analog theo dòng điện (0-20mA / 4-20mA) hoặc điện áp (0-10V). Dữ liệu này được đưa vào hệ thống PLC thông qua các chân analog và sau đó được xử lý và chuyển đổi thành giá trị tương ứng của cảm biến.

Giới thiệu về 02 lệnh sử dụng khi đọc dữ liệu cảm biến Analog:

- Lệnh NORM_X làm chuẩn hoá thông số VALUE bên trong phạm vi giá trị được xác định, bởi các thông số MIN và MAX. Lệnh NORM_X được mô tả bằng công thức sau:

$$OUT = (VALUE - MIN) / (MAX - MIN)$$

Đối với lệnh NORM_X, các thông số MIN, MAX và VALUE phải là kiểu dữ liệu giống nhau.

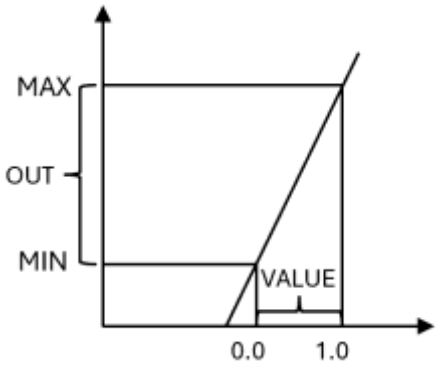


Hình 4.21 Đồ thị mô tả hàm NORM_X

- Lệnh SCALE_X dùng để chuyển đổi một giá trị thực đã được chuẩn hoá (VALUE) thành kiểu dữ liệu và phạm vi giá trị được xác định bởi các thông số MIN và MAX. Lệnh SCALE_X được mô tả bằng công thức sau:

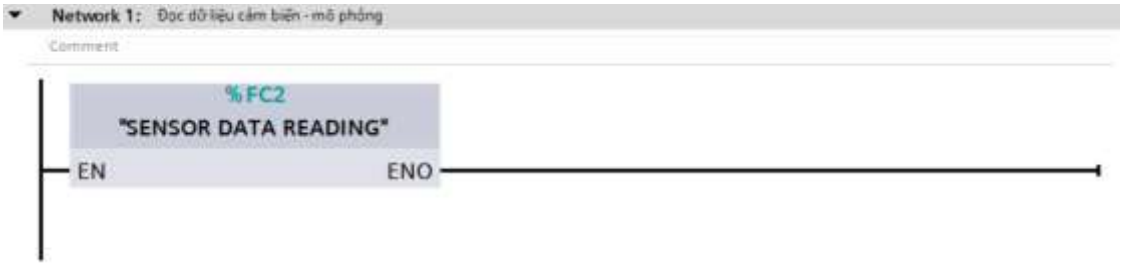
$$OUT = (VALUE * (MAX - MIN)) + MIN$$

Đối với lệnh SCALE_X, các thông số MIN, MAX và OUT phải là kiểu dữ liệu giống nhau.



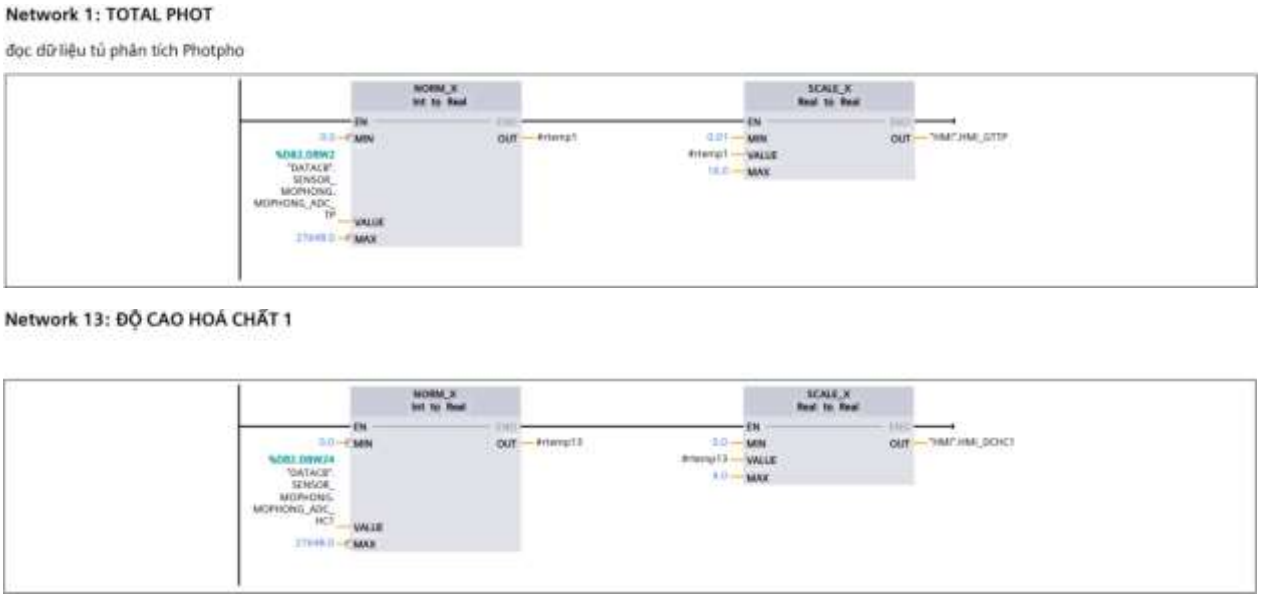
Hình 4.22 Đồ thị mô tả hàm SCALE_X

Tạo 01 chương trình con ở trong Main[OB1] để đọc dữ liệu từ các cảm biến có trong hệ thống. Ở đây các cảm biến và máy phân tích có tín hiệu đầu vào ở dạng Analog.



Hình 4.23 Function Block đọc giá trị cảm biến

Bên trong chương trình con chứa tất cả các lệnh đọc giá trị cảm biến, tủ phân tích:



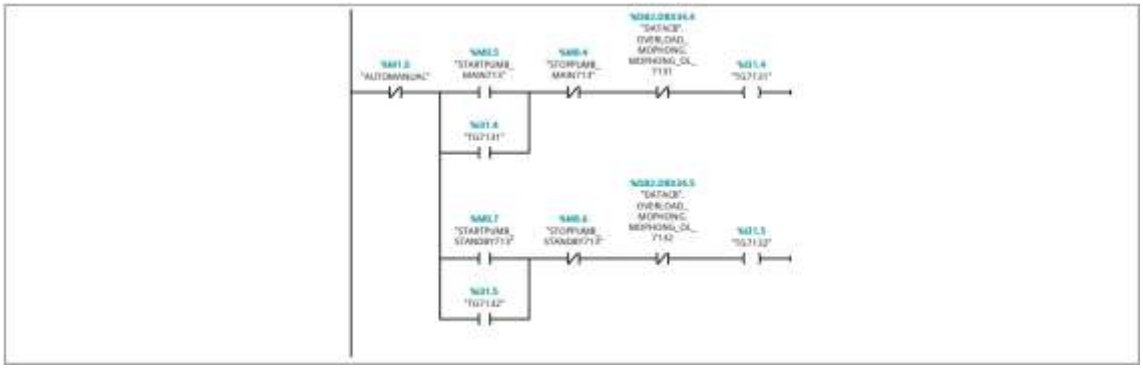
Hình 4.24 Chương trình đọc giá trị cảm biến, tủ phân tích

Cấu hình chân đọc tín hiệu, đặt địa chỉ, tạo tags ở PLC, chương trình và sơ đồ đấu nối sẽ được trình bày ở phụ lục.

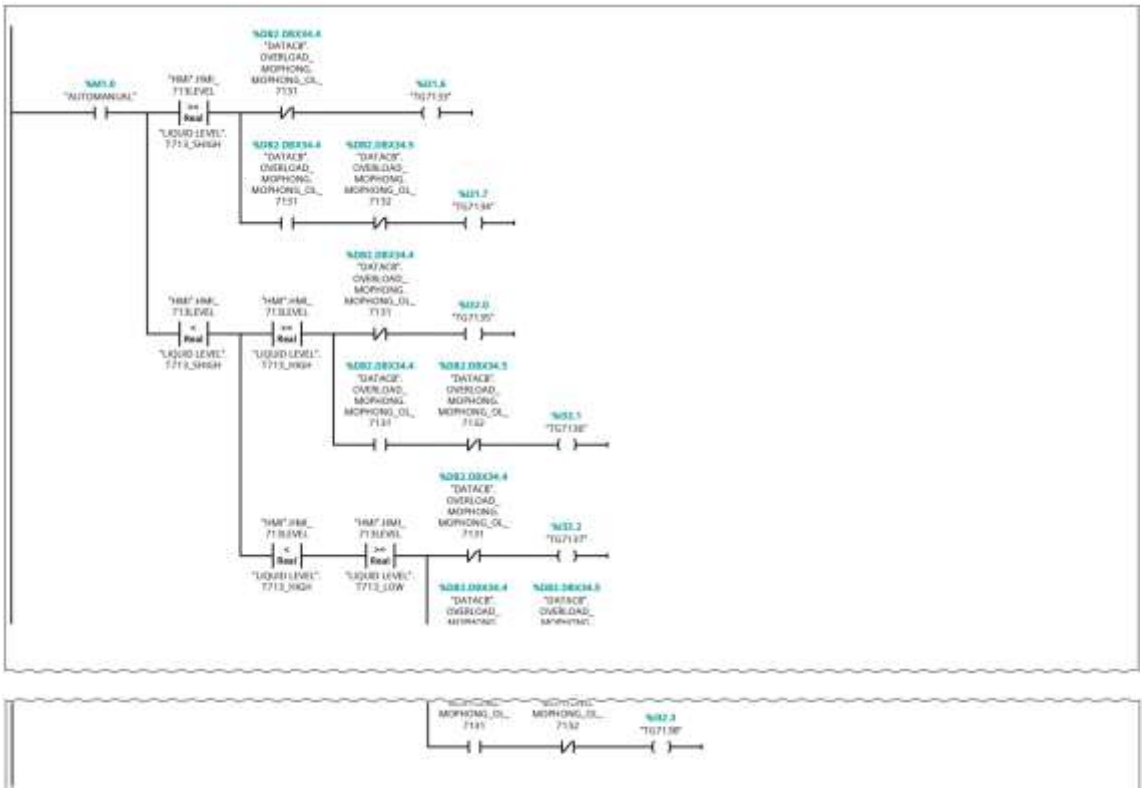
4.1.4.2 Chương trình điều khiển bơm

Trong đơn vị xử lí số 7 có các thành phần cảm biến, bơm nâng, bơm hoá chất, bơm hoàn lưu, máy khuấy và quạt. Các thành phần này được điều khiển trên màn hình HMI bởi chế độ chạy bằng tay cũng như chức năng tự động. Chương trình điều khiển bơm bao gồm chế độ bằng tay (manual) và tự động (auto) được viết theo lưu đồ thuật toán đã thiết kế.

Chương trình điều khiển bơm nâng T707:



Hình 4.25 Chương trình điều khiển bơm nâng T713-Bằng tay

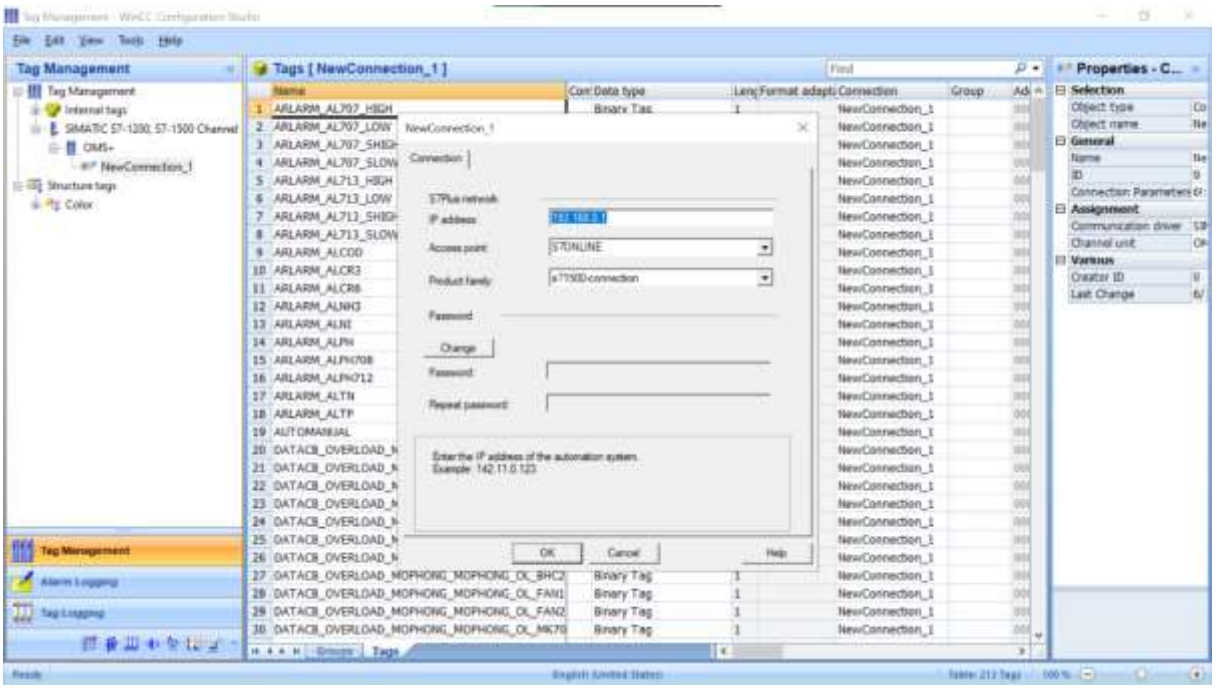


Hình 4.26 Chương trình điều khiển bơm nâng T713-Tự động

Các chương trình điều khiển bơm còn lại sẽ được trình bày ở phụ lục 4.

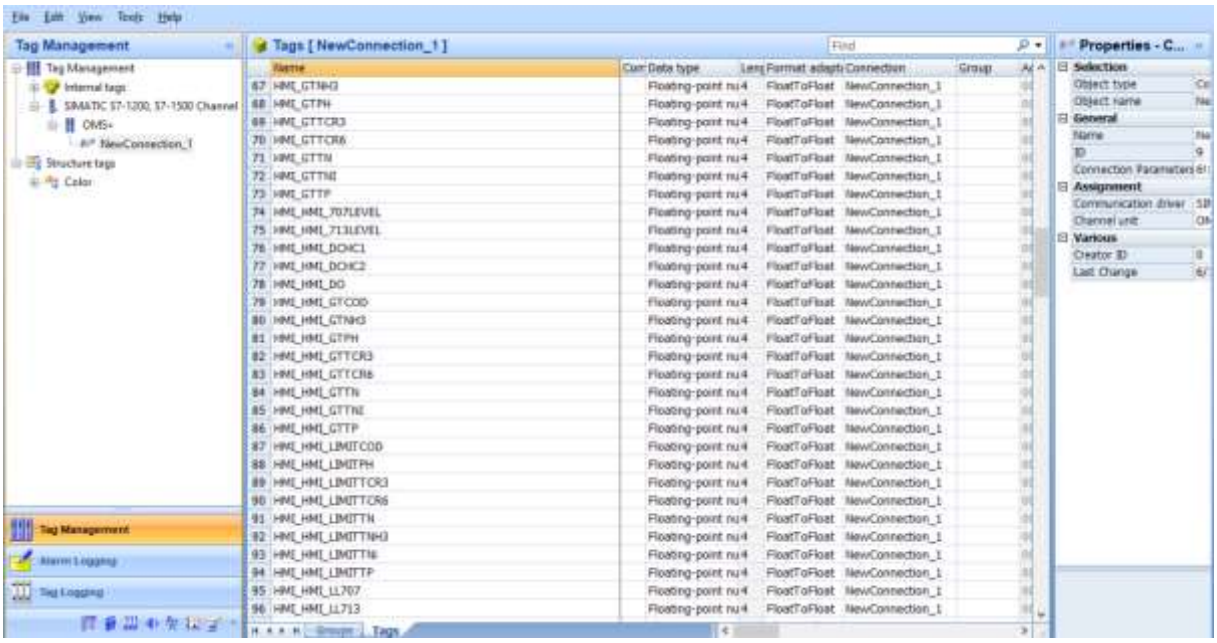
4.2 Liên kết các Tag giữa phần mềm TIA Portal với WinCC Explorer

Trong module chức năng ở WinCC Explorer chọn Tag Management, thiết lập giao thức kết nối *SIMATIC S7 Protocol Suite.* Cấu hình giao thức với IP Address, Access Point và Product Family, và sau đó các tag ở phần mềm TIA Portal được liên kết (mapping) với Tag Management ở WinCC Explorer.



Hình 4.27 Cấu hình kết nối giữa PLC và WinCC Explorer

Sau khi cấu hình chính xác các kết nối, lúc này các PLC tags và Data Block được liên kết (mapping) với phần mềm WinCC Explorer:



Hình 4.28 Các tags đã tạo ở chương trình PLC đã được liên kết

4.3 Thiết kế giao diện trên phần mềm Simatic WinCC Explorer

Trong mục này, sẽ trình bày quá trình thiết kế giao diện vận hành cho hệ thống giám sát chất lượng nước thải bằng phần mềm Simatic WinCC Explorer. Việc xây dựng giao diện trực quan không chỉ giúp người vận hành dễ dàng theo dõi tình trạng hệ thống mà còn hỗ trợ việc phát hiện và xử lý sự cố một cách kịp thời. Nội dung bao gồm thiết

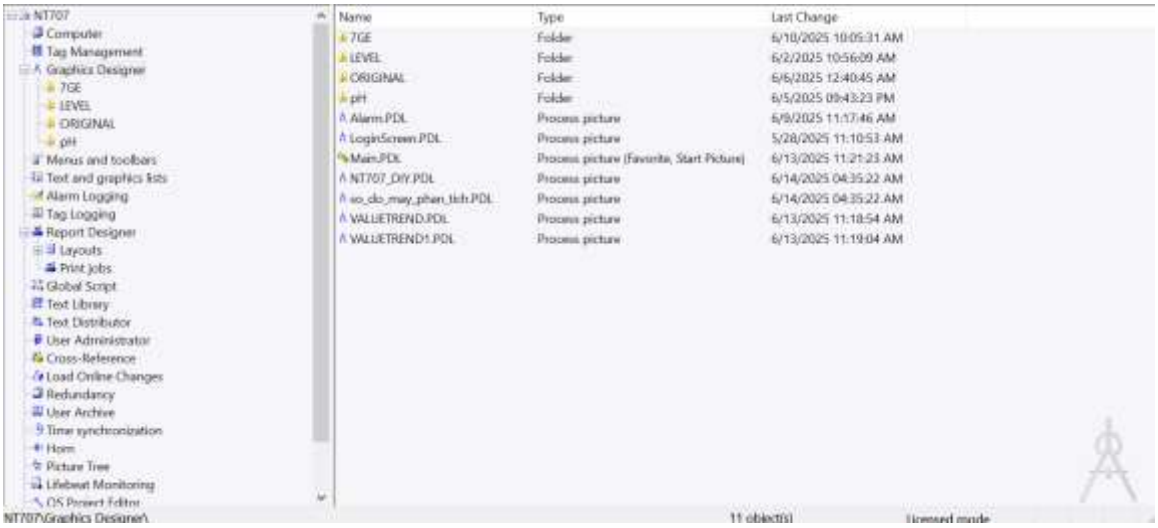
kế giao diện chính tích hợp hệ thống xử lý nước thải, cũng như giao diện cảnh báo giúp giám sát trạng thái hoạt động và cảnh báo bất thường trong hệ thống.

Các module chức năng chính:

- Graphic Designer: Thiết kế giao diện trực quan bằng các đối tượng đồ họa có sẵn, giúp giám sát hệ thống dễ dàng và sinh động hơn.
- Global Scripts: Viết mã lệnh tùy chỉnh để xử lý logic nâng cao và thực hiện các tác vụ đặc biệt không có sẵn trong cấu hình mặc định.
- Tag Management: Tạo, quản lý và kết nối các biến (tag) với địa chỉ trong PLC thông qua OPC, PROFIBUS, PROFINET hoặc các giao thức khác.
- Alarm Logging: Hiển thị, lưu trữ và cấu hình các cảnh báo để phát hiện kịp thời các sự cố trong quá trình vận hành.
- Trend Logging: Hiển thị và ghi lại dữ liệu quá trình dưới dạng biểu đồ, hỗ trợ theo dõi và phân tích xu hướng chất lượng nước.
- Report System: Tạo và xuất các báo cáo tùy chỉnh theo thời gian, phục vụ cho công tác theo dõi và quản lý.
- User Administration: Quản lý tài khoản người dùng, phân quyền truy cập nhằm đảm bảo an toàn và bảo mật hệ thống.

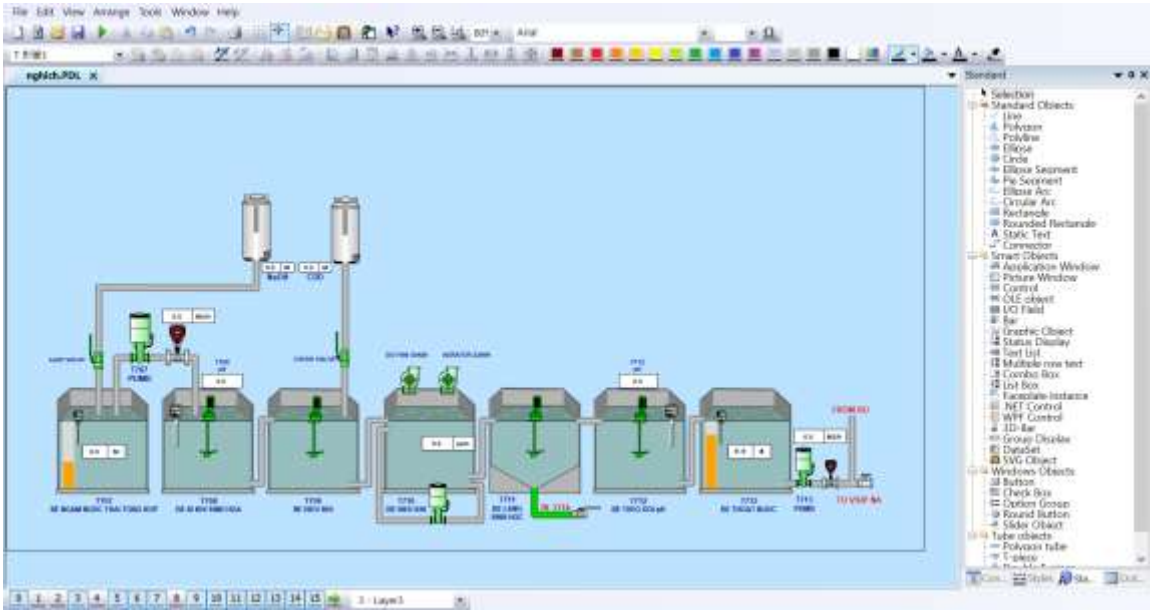
4.3.1 Giao diện tích hợp hệ thống xử lý nước thải

Sử dụng chức năng Graphic Designer để tạo giao diện cho hệ thống.



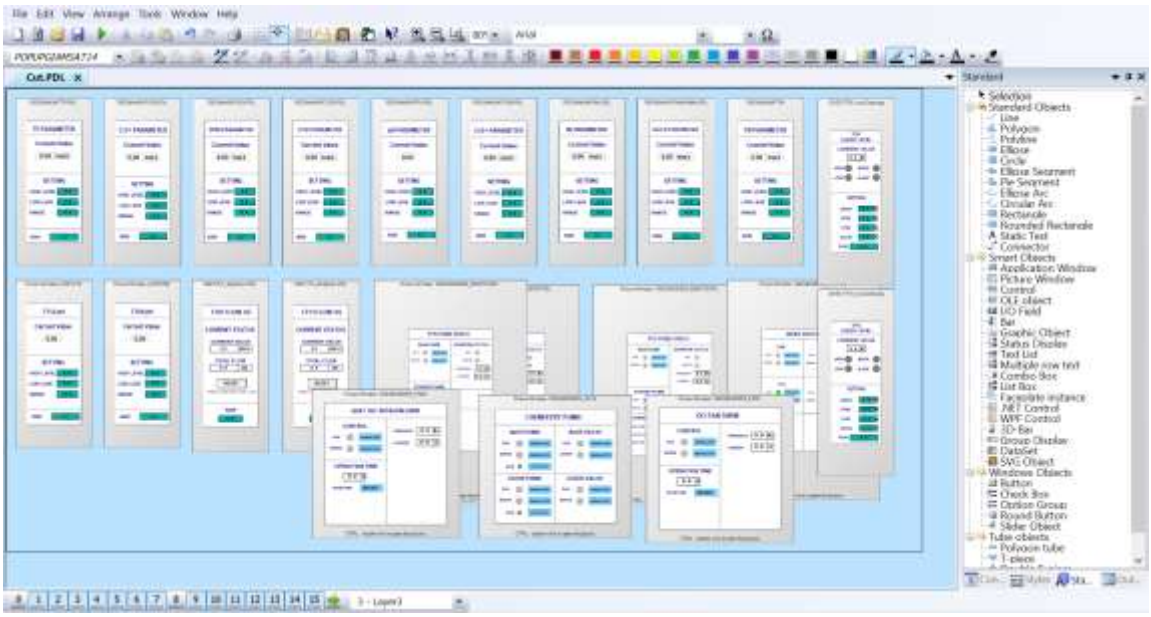
Hình 4.29 Chức năng Graphic Designer trong WinCC

Bằng cách kết hợp sử dụng các đối tượng hình khối (Line, Rectangle, Text,…), hiển thị giá trị (IO Field, Bar,…), nút nhấn điều khiển, thư viện HMI Siemens Symbol,… để mô phỏng đơn vị xử lý nước thải số 707:



Hình 4.30 Giao diện đơn vị xử lý nước thải T707

Tiến hành thiết kế đầy đủ các giao diện phục vụ vận hành hệ thống như giao diện điều khiển, quan sát, nhập giá trị, hiển thị cảm biến,… đảm bảo trực quan, dễ sử dụng. Đặc biệt, khi xây dựng các cửa sổ PopUp, cần bố trí chúng trên các lớp (layer) riêng biệt so với giao diện chính nhằm tránh hiện tượng chồng lấn, đảm bảo tính thẩm mỹ và hiệu quả thao tác trong quá trình giám sát – điều khiển.



Hình 4.31 Giao diện điều khiển đơn vị xử lý nước thải T707

Tiến hành xây dựng giao diện giám sát chất lượng nước thải, trong đó hiển thị rõ giá trị hiện tại của từng chỉ tiêu, kèm theo giới hạn trên và giới hạn dưới. Các ngưỡng giới hạn này được thiết kế linh hoạt, cho phép người vận hành có thể tùy chỉnh trực tiếp

trong quá trình hệ thống đang chạy, phục vụ cho việc theo dõi và cảnh báo kịp thời khi vượt ngưỡng.

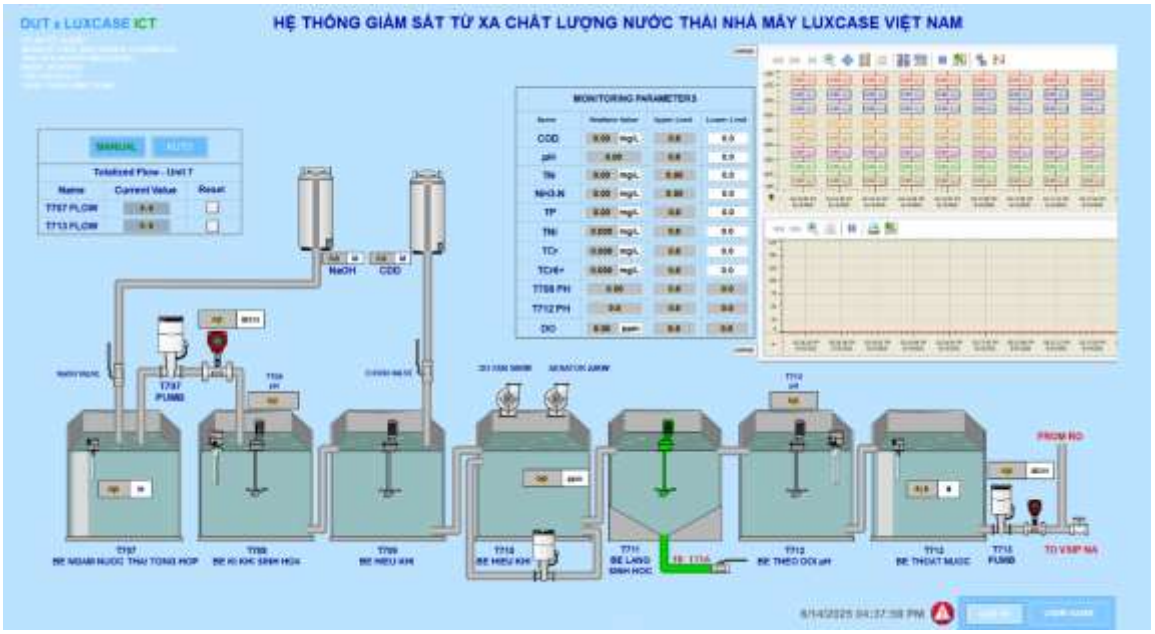
MONITORING PARAMETERS

Name	Realtime Value	Upper Limit	Lower Limit
COD	0.00 mg/L	0.0	0.0
pH	0.00	0.0	0.0
TN	0.00 mg/L	0.00	0.0
NH3-N	0.00 mg/L	0.00	0.0
TP	0.00 mg/L	0.000	0.0
TNi	0.000 mg/L	0.000	0.0
TCr	0.000 mg/L	0.0	0.0
TCr6+	0.000 mg/L	0.0	0.0
T708 PH	0.00	0.0	0.0
T712 PH	0.0	0.0	0.0
DO	0.00 ppm	0.0	0.0

Hình 4.32 Giao diện giám sát chất lượng nước thải

Date	Time	Message text
09/06/25	09:47:06 AM	TEXT
09/06/25	09:47:05 AM	TEXT
09/06/25	09:47:04 AM	TEXT
09/06/25	09:47:03 AM	TEXT
09/06/25	09:47:02 AM	TEXT
09/06/25	09:47:01 AM	TEXT
09/06/25	09:47:00 AM	TEXT
09/06/25	09:46:59 AM	TEXT
09/06/25	09:46:58 AM	TEXT
09/06/25	09:46:57 AM	TEXT
09/06/25	09:46:56 AM	TEXT
09/06/25	09:46:55 AM	TEXT
09/06/25	09:46:54 AM	TEXT
09/06/25	09:46:53 AM	TEXT
09/06/25	09:46:52 AM	TEXT
09/06/25	09:46:51 AM	TEXT

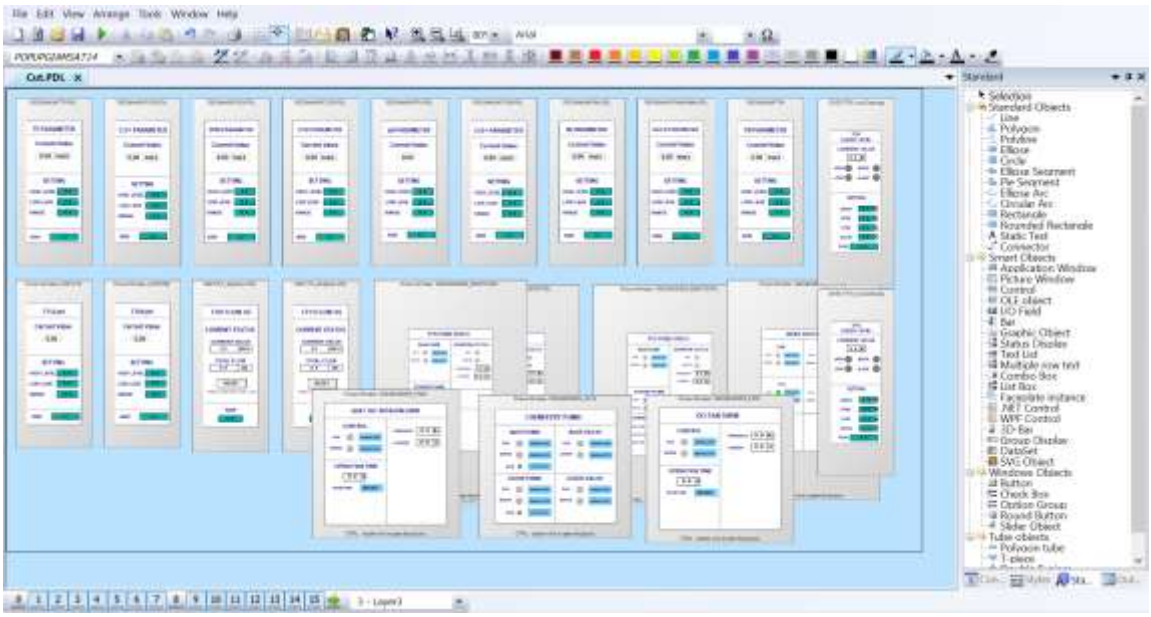
Hình 4.33 Giao diện cảnh báo của hệ thống



Hình 4.34 Giao diện hoàn chỉnh đơn vị xử lý nước thải T707

4.3.2 Giao diện PopUp Screen

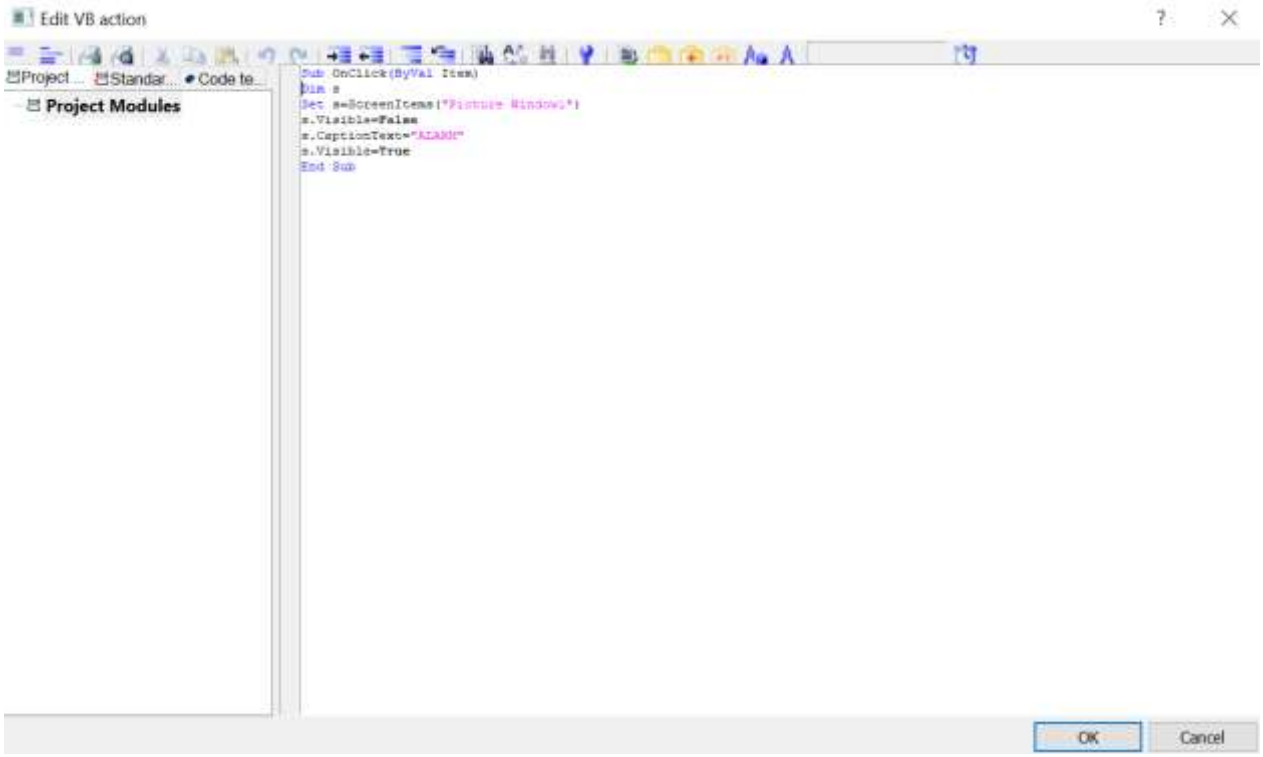
Giao diện PopUp đóng vai trò quan trọng trong việc điều khiển hệ thống, một hệ thống thông thường có rất nhiều giao diện PopUp, càng nhiều giao diện PopUp đồng nghĩa với việc có rất nhiều đối tượng được điều khiển và giám sát trong hệ thống. Do đó việc thiết kế giao diện PopUp đóng vai trò quan trọng trong việc trực quan hoá hệ thống.



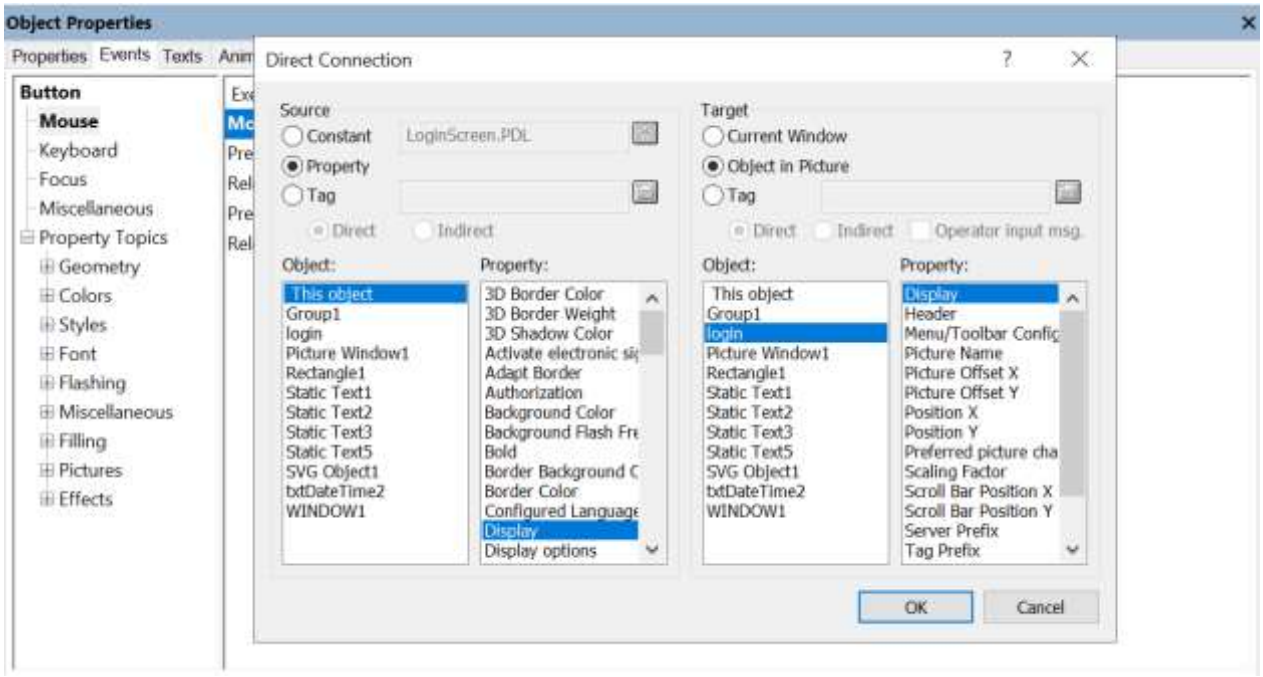
Hình 4.35 Các giao diện PopUp trong hệ thống

Cách cấu hình giao diện PopUp Screen: thông thường giao diện PopUp được hiển thị bằng cách nút nhấn hoặc là các đối tượng như máy bơm, valve, cảm biến,… Ta chọn

cấu hình bằng nút nhấn của thiết bị ngoại vi như chuột, bàn phím. Có 03 cách để cấu hình giao diện là: C-Action, VBS-Action và Direct Connection.

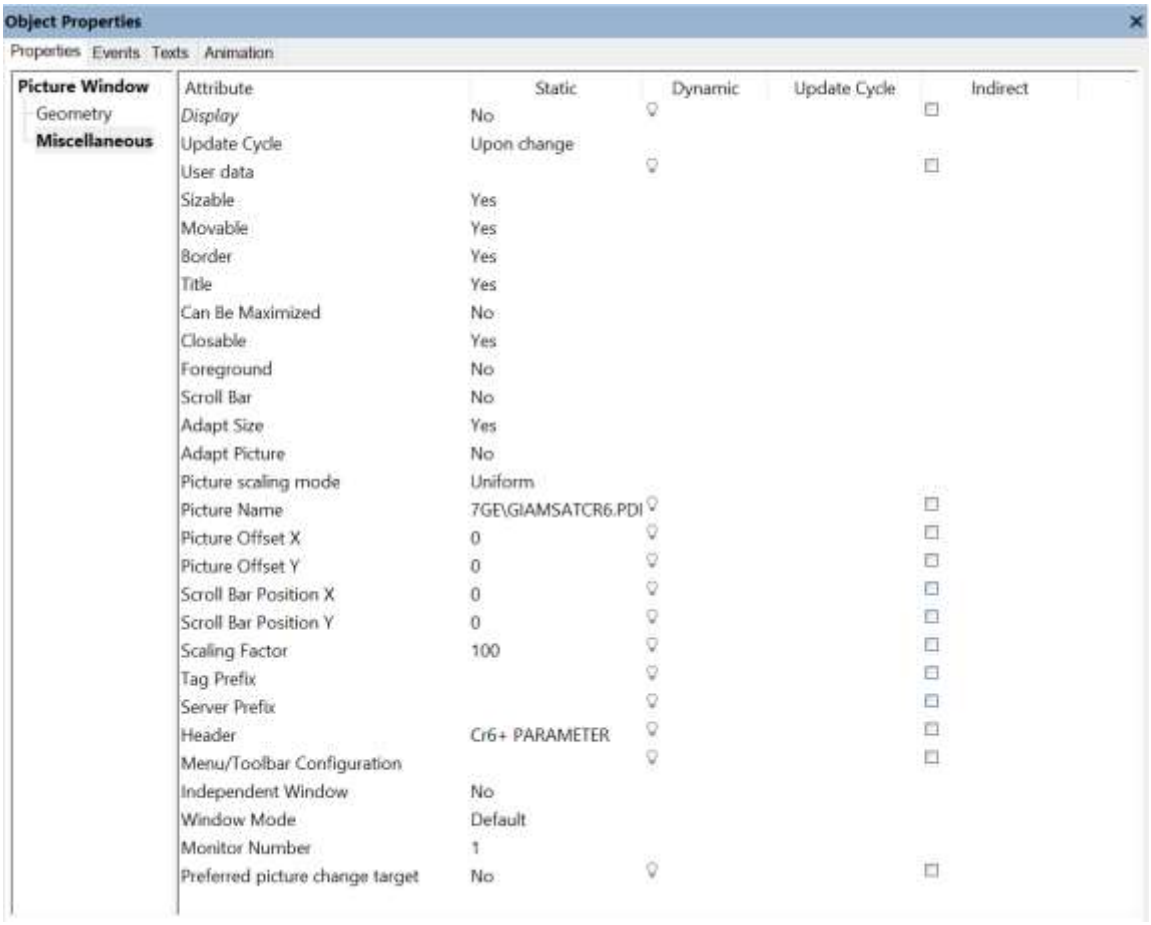


Hình 4.36 Cấu hình PopUp bằng VBS-Script



Hình 4.37 Cấu hình PopUp bằng Direct Connection

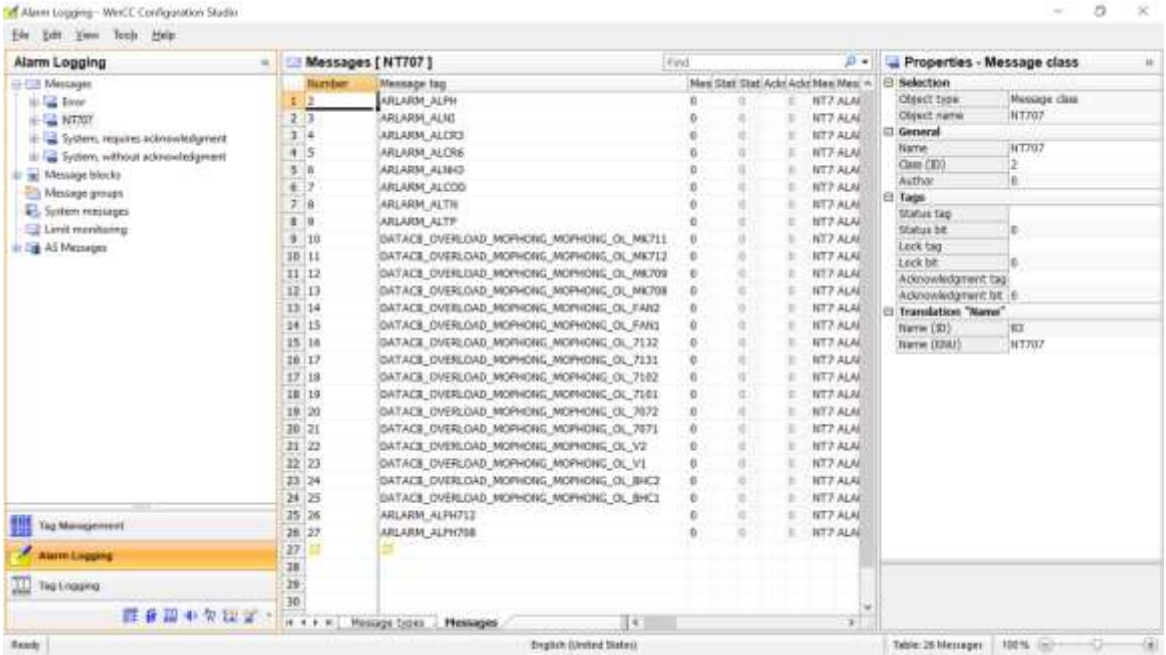
Trong khi cấu hình giao diện PopUp Screen cần lưu ý tên của đối tượng và tên của giao diện PopUp (Object Name), tránh nhầm lẫn trong lúc kết nối.



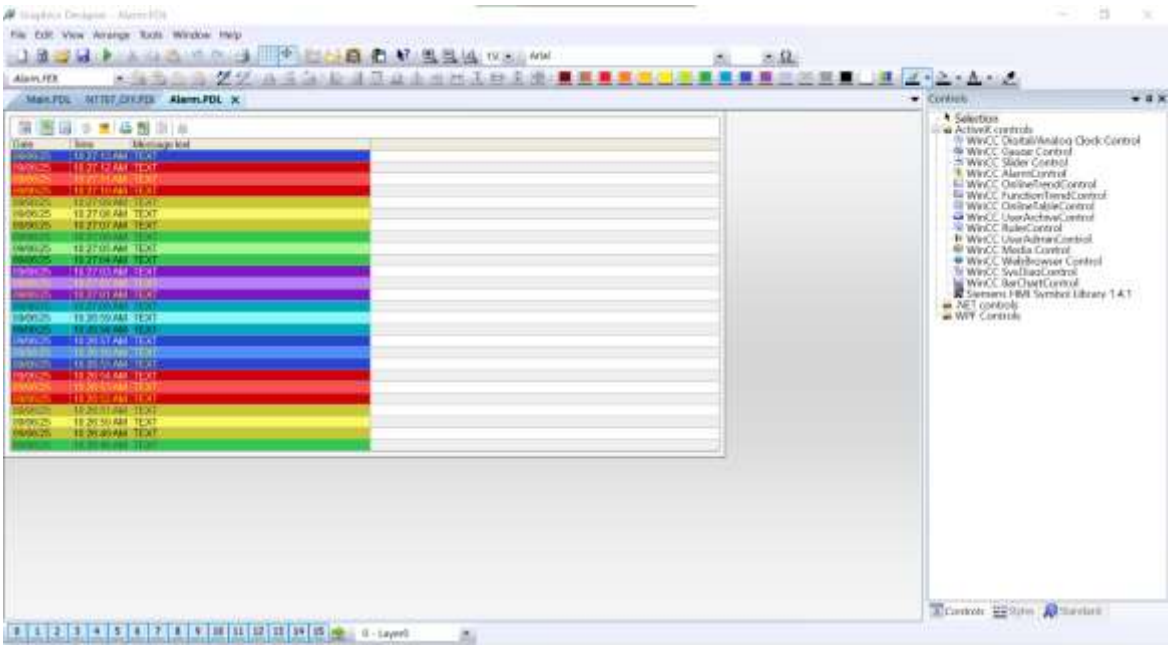
Hình 4.38 Cấu hình giao diện PopUp

4.3.3 Giao diện cảnh báo

Trong module Alarm Logging, tạo các *messages* cảnh báo mới:



Hình 4.39 Các cảnh báo được tạo ở chương trình PLC



Hình 4.40 Cấu hình giao diện cảnh báo

Module cảnh báo đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo an toàn vận hành và kịp thời phát hiện các sự cố trong hệ thống xử lý nước thải. Thông qua các cảm biến đo mức, pH, nhiệt độ, dòng điện, tín hiệu lỗi từ thiết bị... hệ thống có thể nhận diện các điều kiện bất thường như: bơm chạy khan, mức nước vượt ngưỡng, giá trị pH nằm ngoài giới hạn cho phép, hoặc thiết bị không phản hồi sau khi nhận lệnh.

Tùy vào mức độ cảnh báo, hệ thống có thể hiển thị thông báo trực tiếp trên giao diện điều khiển HMI, bật đèn báo, còi cảnh báo tại tủ điện, hoặc ghi lại sự kiện phục vụ truy xuất sau này. Một số cảnh báo có thể được cấu hình để kích hoạt chế độ an toàn, ví dụ như tự động ngắt bơm, chuyển sang bơm dự phòng, hoặc khóa lệnh điều khiển từ xa để tránh làm hư hỏng thiết bị.

Người vận hành có thể thiết lập ngưỡng cảnh báo, thời gian trễ, hoặc chọn chế độ reset thủ công hay tự động thông qua giao diện cài đặt. Việc tích hợp module cảnh báo không chỉ giúp bảo vệ thiết bị và quá trình xử lý, mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo tuân thủ quy chuẩn môi trường và tăng độ tin cậy của hệ thống.

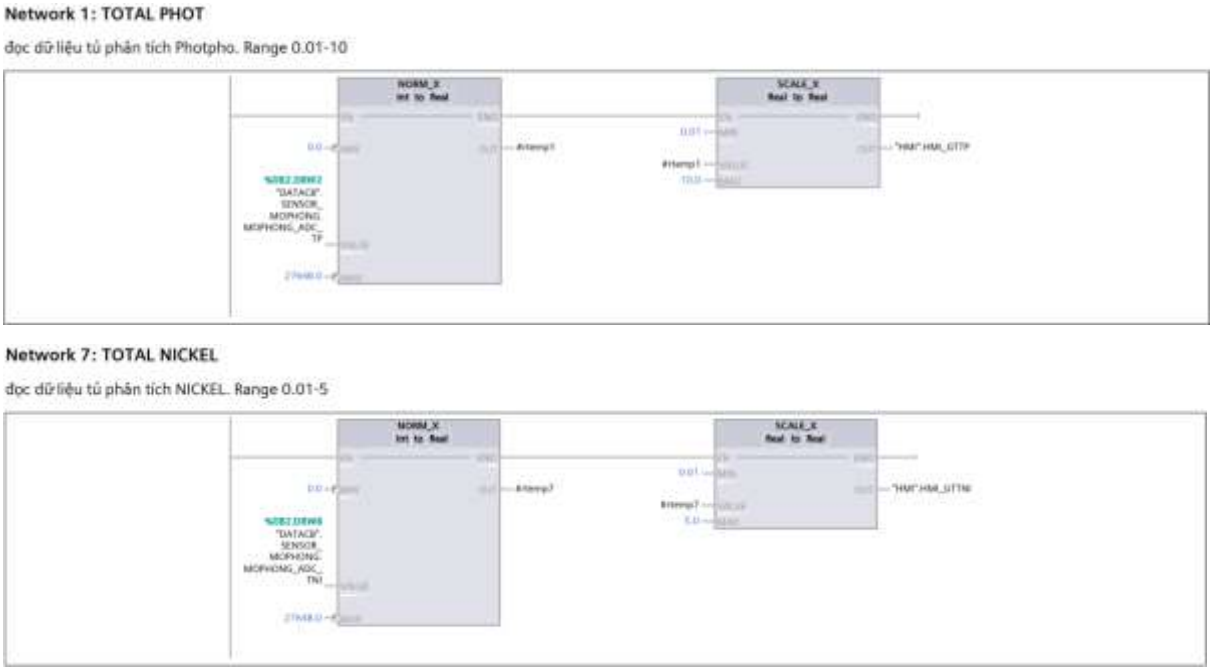
4.4 Kết luận chương 4

Chương 4 đã trình bày quá trình thiết kế giao diện và lập trình hệ thống giám sát nước thải, bao gồm việc xây dựng chương trình điều khiển trên PLC S7-1500, khai báo phần cứng – biến, và liên kết dữ liệu với phần mềm WinCC Explorer. Các giao diện chính như giám sát hệ thống, cảnh báo và màn hình popup đã được thiết kế trực quan, dễ thao tác, hỗ trợ theo dõi và xử lý sự cố hiệu quả.

CHƯƠNG 5: KẾT QUẢ THỰC HIỆN

5.1 Kết quả đọc giá trị cảm biến, tủ phân tích

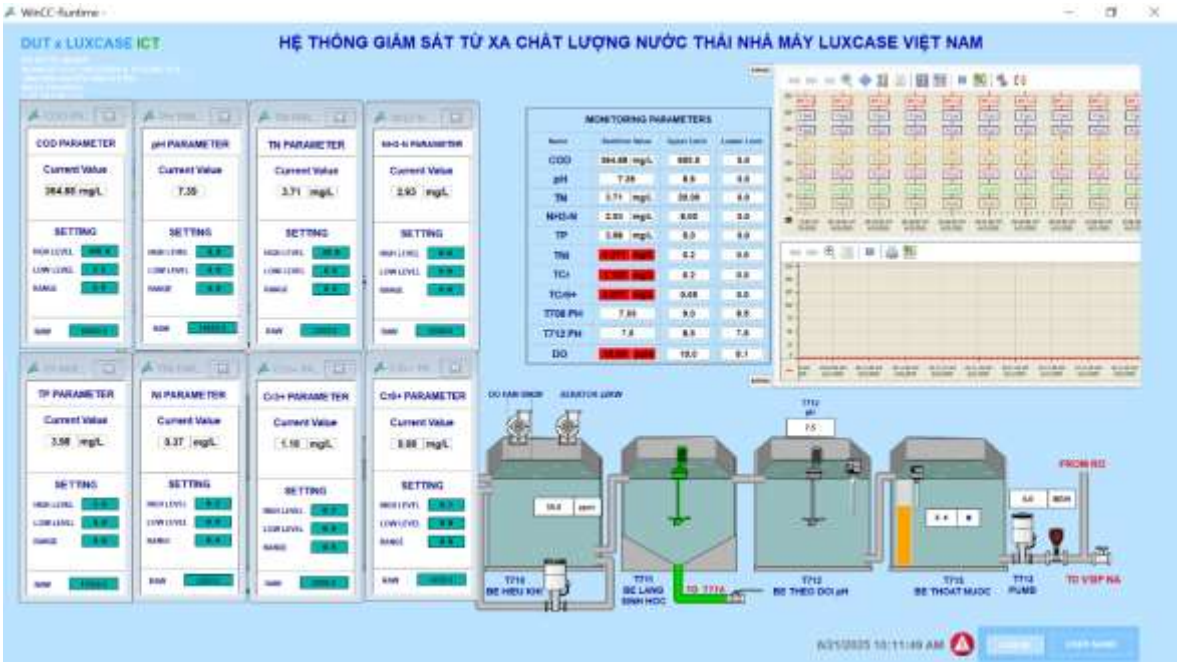
Như đã trình bày ở chương 4, chương trình đọc giá trị cảm biến và các tủ phân tích sử dụng 02 khối hàm NORM_X và SCALE_X:



Hình 5.1 Kết quả đọc giá trị các cảm biến, tủ phân tích

Tín hiệu 4–20mA từ thiết bị phân tích được đưa vào module Analog Input của PLC. Tại đây, tín hiệu dòng được chuyển đổi thành giá trị số nguyên (INT) thông qua bộ chuyển đổi ADC. Sau đó, giá trị số nguyên được xử lý bằng hàm NORM_X để chuẩn hóa về dải 0.0–1.0, rồi tiếp tục đưa qua SCALE_X để quy đổi ra giá trị nồng độ thực tế theo mg/L, giá trị MIN và MAX của hàm SCALE_X tương ứng với giá trị có thể đo nhỏ nhất và lớn nhất của thiết bị. Giá trị cuối cùng-OUT là giá trị tính toán được từ tín hiệu Analog của thiết bị gửi đến PLC, cùng chung đơn vị với 02 giá trị MIN và MAX của hàm SCALE_X.

Các chương trình đọc giá trị cảm biến hoạt động ổn định và chính xác. Các kết quả tính toán được lưu trữ vào các tag, sau đó liên kết với phần mềm WinCC Explorer và hiển thị lên giao diện điều khiển – giám sát.

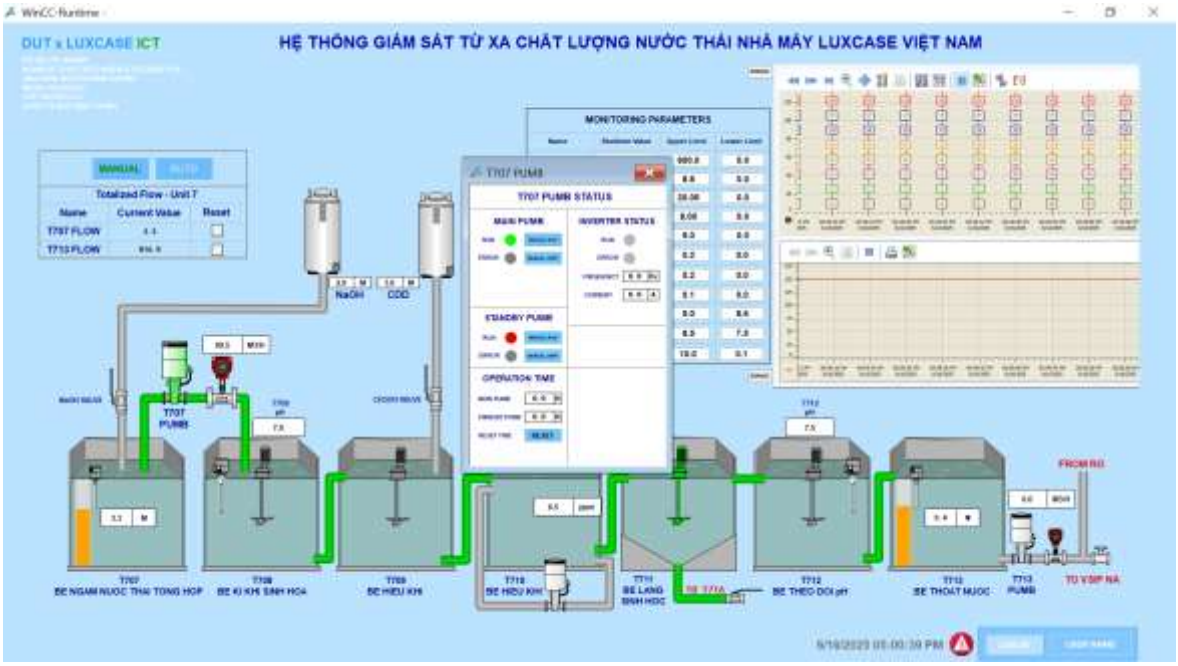


Hình 5.2 Giao diện giám sát chỉ tiêu chất lượng nước thải được tích hợp

Các giá trị cảm biến và tủ phân tích được tính toán và hiển thị lên giao diện **Monitoring Parameters** ở cột **Realtime Value**, đồng thời có biểu đồ quan sát các giá trị này theo các mốc thời gian trong quá khứ.

5.2 Kết quả chương trình chế độ bằng tay

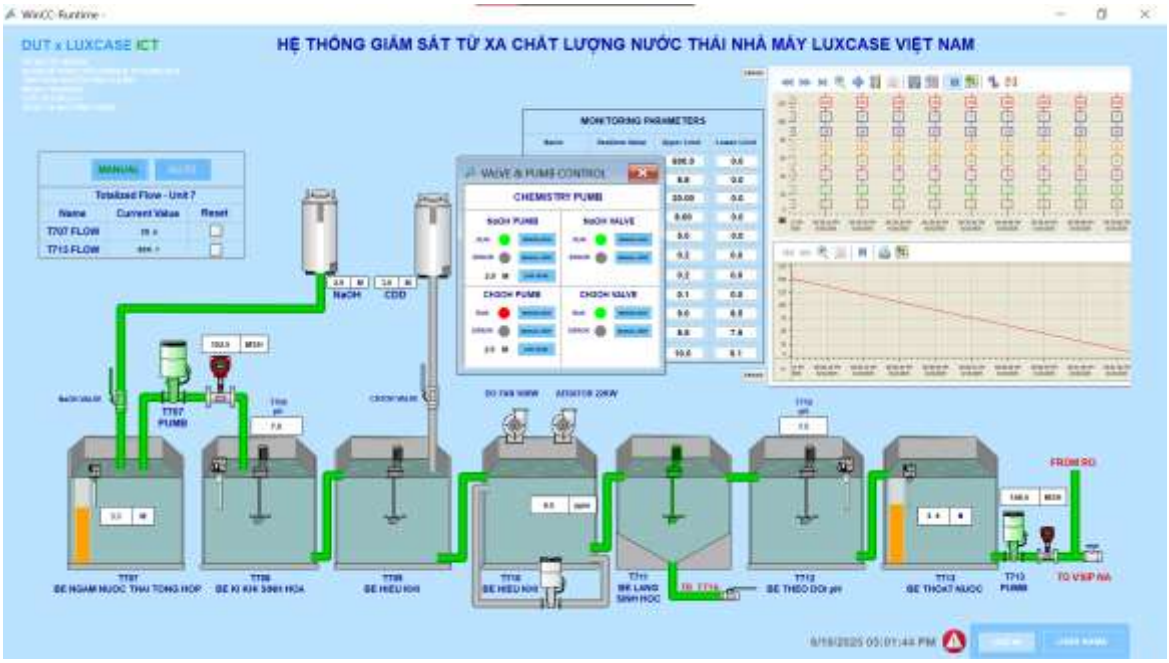
Giao diện cho phép người vận hành chuyển chức năng bằng tay chỉ bằng 1 nút nhấn **Manual** tại giao diện điều khiển. Ở chế độ bằng tay hệ thống cho phép điều khiển các thành phần như bơm nâng, máy khuấy, bơm và van hoá chất, quạt sục khí,…



Hình 5.3 Giao diện điều khiển bằng tay của bơm nâng T707

Ví dụ điều khiển bơm nâng T707, ở chế độ bằng tay chỉ cho phép bật 1 trong 2 bơm, nếu xảy ra sự cố ở bơm nào thì sẽ xuất hiện đèn cảnh báo ở bơm đó, đồng thời giao diện cảnh báo cũng ghi nhận lại sự cố.

Tương tự ở các bơm nâng khác, giao diện điều khiển bơm hoá chất và van được thiết kế gộp chung với nhau để người vận hành kịp thời quan sát và đưa ra quyết định. Ngoài ra còn cho phép thiết lập mức hoá chất thấp để có những cảnh báo kịp thời



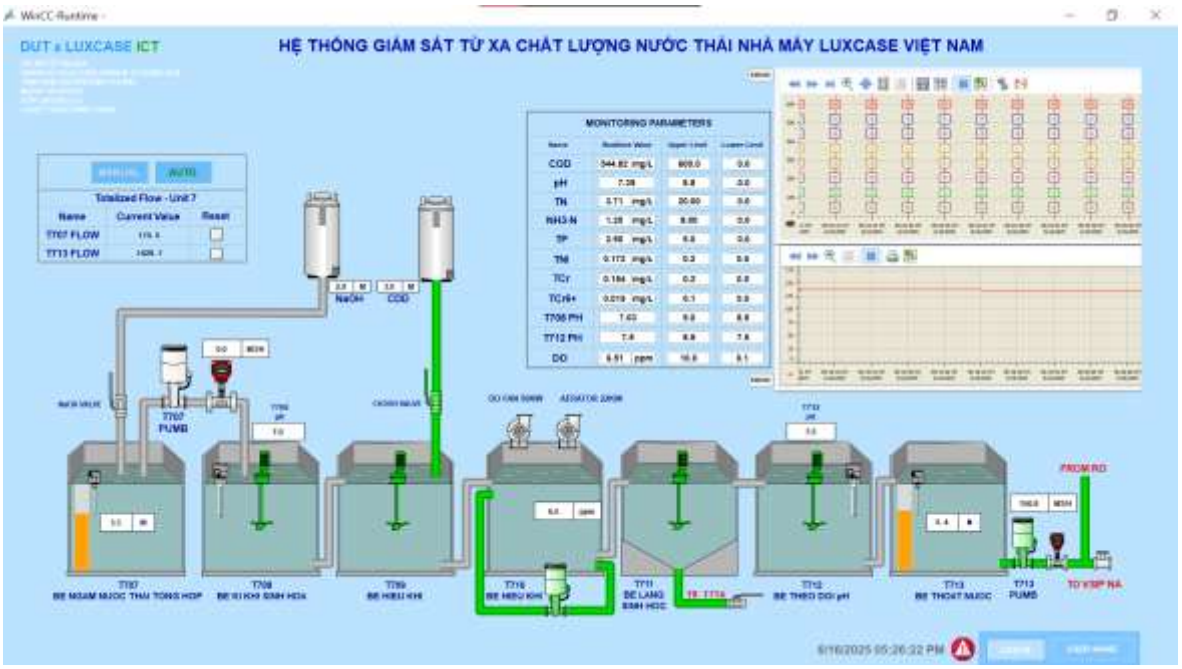
Hình 5.4 Giao diện điều khiển bằng tay của bơm và van hoá chất

Kết luận: Chức năng điều khiển bằng tay đóng vai trò quan trọng trong việc điều khiển hệ thống, khi mà có những tình huống bất thường hoặc không xử lý được bằng chức năng tự động, giúp cho người vận hành linh hoạt hơn trong việc điều khiển hệ thống.

5.3 Kết quả chương trình chế độ tự động

Giao diện cho phép người vận hành chuyển chức năng tự động chỉ bằng 1 nút nhấn **Auto** tại giao diện điều khiển. Ở chế độ tự động hệ thống hoạt động tuần tự theo các chương trình đã được lập trình, các kịch bản được lập trình từ trước.

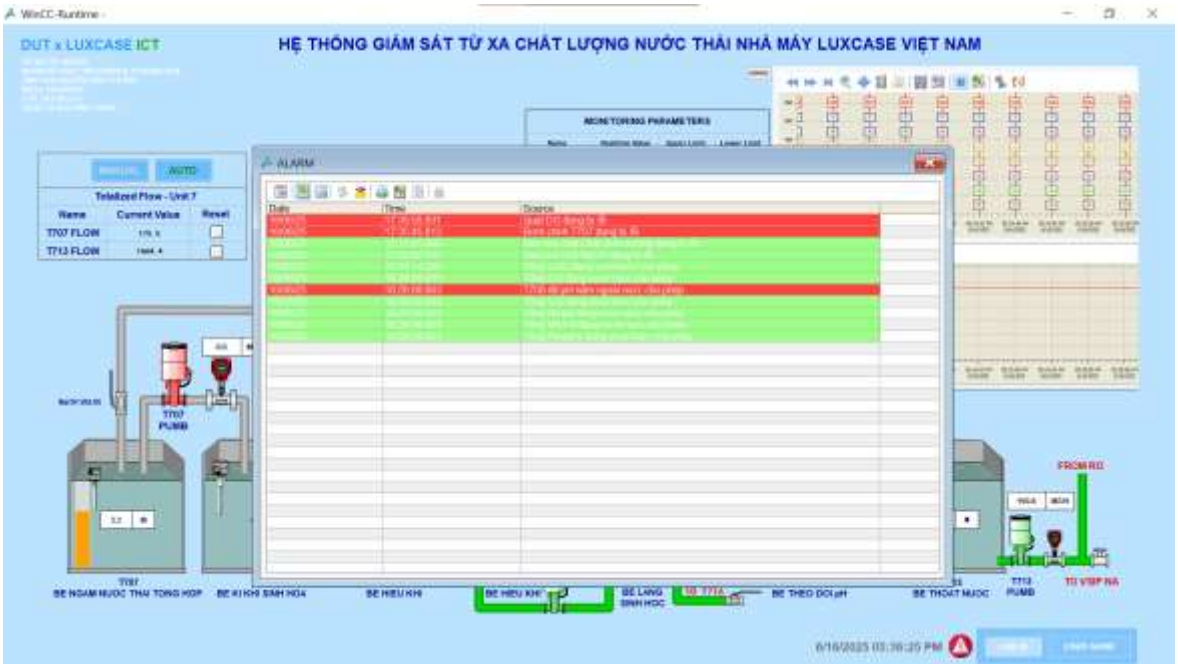
- Máy khuấy tự động chạy.
- Bơm nâng T713 tự động chạy dựa theo cảm biến mức.
- Bơm nâng T707 tự động ngừng dựa theo cảm biến mức ở bể T713 và T707.
- Bơm nâng T710 tự động chạy.



Hình 5.5 Chế độ hoạt động tự động của hệ thống

5.4 Hệ thống cảnh báo

Hệ thống cảnh báo đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong quá trình vận hành và giám sát của một hệ thống tự động. Không chỉ giúp người vận hành phát hiện kịp thời các sự cố, phần cảnh báo còn lưu trữ thời điểm chính xác khi sự cố xảy ra, đồng thời sử dụng mã màu để phân biệt giữa cảnh báo đã được xử lý và cảnh báo đang còn tồn tại. Bên cạnh đó, hệ thống cũng hỗ trợ chức năng xuất file ghi nhận toàn bộ lịch sử cảnh báo, phục vụ cho công tác truy xuất, thống kê và đánh giá hiệu quả vận hành.



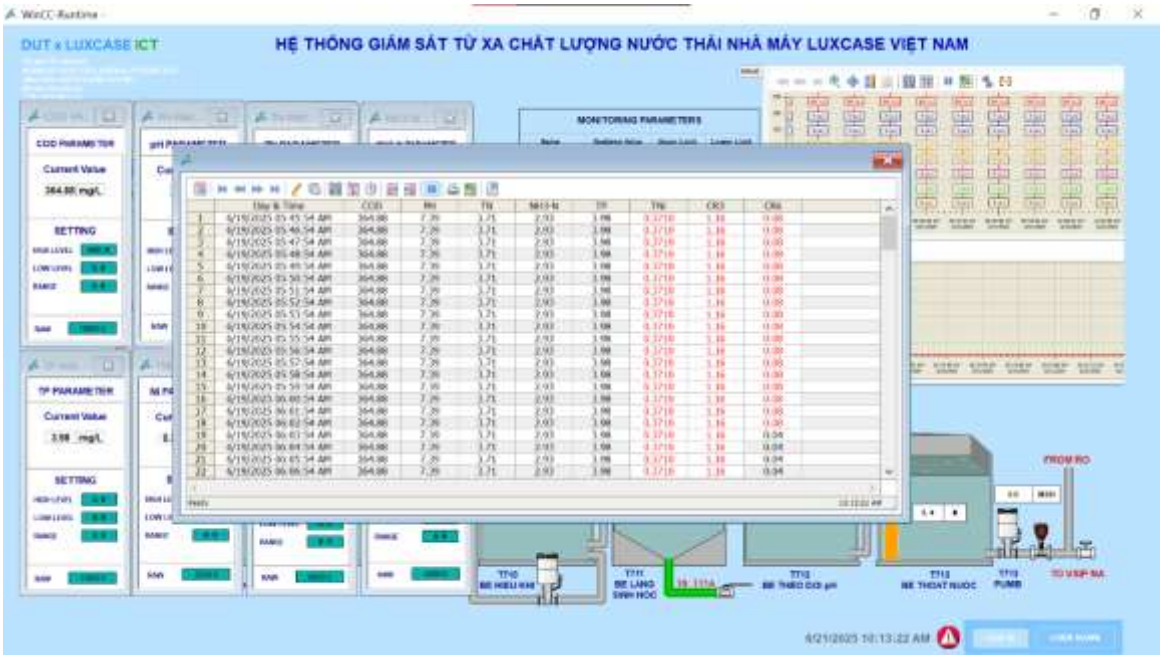
Hình 5.6 Giao diện cảnh báo của hệ thống

Date	Time	Source
16/06/25	35:55.9	Quạt DO đang bị lỗi
16/06/25	35:45.8	Bơm chính T707 đang bị lỗi
16/06/25	11:01.4	Van hoá chất Chất dinh dưỡng đang bị lỗi
16/06/25	09:07.0	Van hoá chất NaOH đang bị lỗi
16/06/25	44:14.3	Tổng COD đang vượt mức cho phép
16/06/25	26:06.6	Tổng Cr6 đang vượt mức cho phép
16/06/25	26:06.6	T708 độ pH nằm ngoài mức cho phép
16/06/25	26:06.6	Tổng Cr3 đang vượt mức cho phép
16/06/25	26:06.6	Tổng Nickel đang vượt mức cho phép
16/06/25	26:06.6	Tổng NH3-N đang vượt mức cho phép
16/06/25	26:06.6	Tổng Photpho đang vượt mức cho phép

Bảng 23. File cảnh báo được xuất từ giao diện cảnh báo

5.5 Tạo báo cáo, lưu trữ dữ liệu

Thiết kế giao diện hiển thị trực quan các chỉ tiêu giám sát chất lượng nước, cho phép người vận hành dễ dàng theo dõi sự biến động thông số theo thời gian với tần suất cập nhật linh hoạt. Hệ thống cũng tích hợp tính năng xuất báo cáo nhanh chóng và thuận tiện, phục vụ công tác theo dõi và truy xuất dữ liệu.



Hình 5.7 Giao diện hiển thị các chỉ tiêu của hệ thống theo thời gian thực

Nhận xét: Các giá trị cảm biến và tủ phân tích trực tuyến của hệ thống giám sát chất lượng nước thải cho ra kết quả phân tích có bất thường, đối chiếu dựa trên các quy định về chỉ tiêu nước thải của khu công nghiệp ở bảng 2. Tại những thời điểm chỉ tiêu vượt quá quy định tại giao diện **Monitoring Parameters** sẽ tô đỏ chỉ tiêu đó để người vận hành nhanh chóng nắm bắt được thông tin, đưa ra các quyết định.

Time	COD VALUE	NH3 VALUE	PH VALUE	CR3 VALUE	CR6 VALUE	TN VALUE	TNi VALUE	TP VALUE
50:12.3	545	1	7	0.15	1.93E-02	3.71	0.172	2.9
00:12.3	545	1.02	7.6	0.15	1.93E-02	3.71	0.172	2.9
10:12.4	530	1.2	8.04	0.12	1.87E-02	3.45	0.132	3.10
20:12.7	530	1.2	8.12	0.12	1.87E-02	3.45	0.132	3.10
30:12.1	565	1.26	8.08	0.17	1.56E-02	3.52	0.115	2.89
40:12.3	565	1.26	8.2	0.17	1.56E-02	3.52	0.115	2.89

Bảng 24. File dữ liệu được xuất từ giao diện các chỉ tiêu đánh giá chất lượng

Tiêu chí	COD VALUE	NH3 VALUE	PH VALUE	CR3 VALUE	CR6 VALUE	TN VALUE	TNi VALUE	TP VALUE
Giá trị tối đa	600 mg/L	8 mg/L	6-9	0.2 mg/L	0.05 mg/L	20 mg/L	0.2 mg/L	5 mg/L

Bảng 25. Bảng chỉ tiêu tiếp nhận nước thải của KCN VSIP

5.6 Kết luận chương 5

Hệ thống mô phỏng hoạt động của đơn vị xử lý nước thải đạt mức độ tốt, các chức năng được xây dựng mô phỏng chính xác theo thực tế, hỗ trợ hiệu quả cho người vận hành trong việc giám sát và phát hiện lỗi. Các cảnh báo khi thông số vượt ngưỡng quy định được hiển thị rõ ràng, giúp xử lý kịp thời các tình huống bất thường.

Giao diện giám sát được thiết kế trực quan, dễ thao tác, đảm bảo hiển thị đầy đủ các chỉ tiêu chất lượng nước và trạng thái vận hành hệ thống. Hệ thống giám sát vận hành ổn định và đúng theo yêu cầu thiết kế.

Tuy nhiên, một số chức năng nâng cao vẫn chưa được tích hợp, như:

- Tự động xuất báo cáo khi bất kỳ thông số nào vượt ngưỡng cho phép.
- Phân quyền truy cập theo cấp độ (người vận hành, kỹ sư kỹ thuật), đảm bảo an toàn và kiểm soát thao tác trong quá trình sử dụng.

KẾT LUẬN

Trong khuôn khổ đề tài, nhóm đã thực hiện thành công các nội dung chính như sau:

- Thiết kế giao diện hiển thị các chỉ tiêu giám sát chất lượng nước thải một cách trực quan, thân thiện, dễ theo dõi và vận hành.
- Tích hợp dữ liệu từ tủ phân tích online (COD, tổng N, tổng P, pH…) với PLC và phần mềm giám sát, đảm bảo việc truyền nhận tín hiệu ổn định.
- Xây dựng chức năng xuất báo cáo dữ liệu theo thời gian thực và theo yêu cầu, hỗ trợ lưu trữ và truy xuất phục vụ công tác quản lý.
- Cho phép điều chỉnh tần suất cập nhật dữ liệu, đặt ngưỡng cảnh báo, hiển thị xu hướng các chỉ số theo thời gian.
- Tích hợp hệ thống vào một đơn vị hệ thống xử lý nước thải tự động của doanh nghiệp.

Tuy nhiên, đề tài vẫn còn một số điểm chưa hoàn thiện hoặc cần nghiên cứu sâu hơn:

- Chưa đánh giá đầy đủ hiệu năng hệ thống trong điều kiện vận hành thực tế liên tục dài ngày (ổn định tín hiệu, độ chính xác, nhiễu tín hiệu…).
- Giao diện người dùng chưa hỗ trợ truy cập từ xa hoặc webserver.
- Chưa hỗ trợ tự động xuất báo cáo theo dõi theo ngày.

Đây là những cơ sở quan trọng để tiếp tục phát triển và hoàn thiện hệ thống trong giai đoạn tiếp theo, hướng đến một nền tảng giám sát nước thải công nghiệp tự động – thông minh – hiệu quả hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Delgadillo-Velasco, Laura, et al. "Competitive adsorption of pollutants from anodizing wastewaters to promote water reuse." Journal of Environmental Management, vol. 297, 2021, p. 113345.

[2] Balamurugan, G., Jegan, M., Ramadoss, R., Dhanalakshmi, M., & Sridhar, K. (2023). *Sustainable CNC machining operations: A review*. Environmental Technology & Innovation, 32, 102007.

[3] United States Environmental Protection Agency. (2024). *Metal finishing effluent guidelines – Technical documents*. U.S. EPA.

[4] Duret, V. H., Larue, S., & Maillard, A. (2021). Analytical monitoring of chemicals present in discharge water of electroplating surface treatment facilities: A case study from France. *Journal of Environmental Protection, 12*(3), 173–186.

[5] Thakur, A., Rajesh, V., & Kumar, S. (2025). APAH: An autonomous IoT driven real-time monitoring system for industrial wastewater. *Digital Chemical Engineering*, 6, 100081.

[6] Vanrolleghem, P. A., & Lee, D. S. (2001). On-line monitoring of wastewater quality: a review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 76(4), 337–348.

[7] PGS.TS Lê Tiến Dũng, bài giảng môn học Ứng dụng SCADA trong Công nghiệp.

[8] Siemens AG. (n.d.). *SIMATIC S7-1500 CPU 1513-1 PN: System Manual* (Order No. 6ES7 513-1AL02-0AB0).

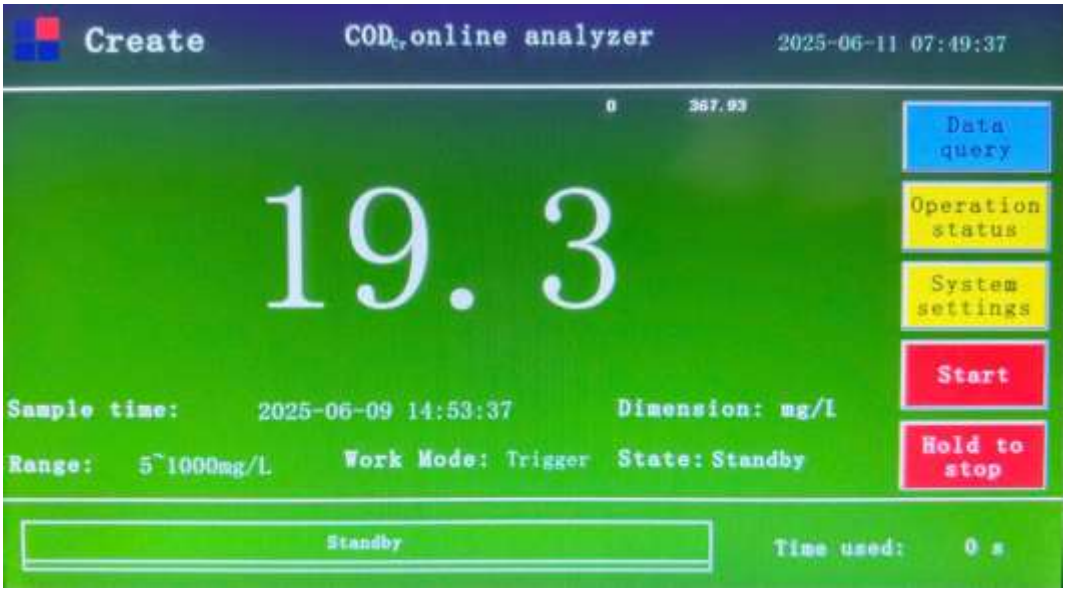
[9] Siemens AG. (n.d.). *SIMATIC ET 200SP Interface Module IM 155-6 PN ST: System Manual* (Order No. 6ES7 155-6AU01-0BN0).

[10] Siemens AG. (2015). *Analog input module AI 8×I 2-/4-wire Basic (6ES7 134-6GF00-0AA1): System Manual* (Manual No. A5E34941201-AA).

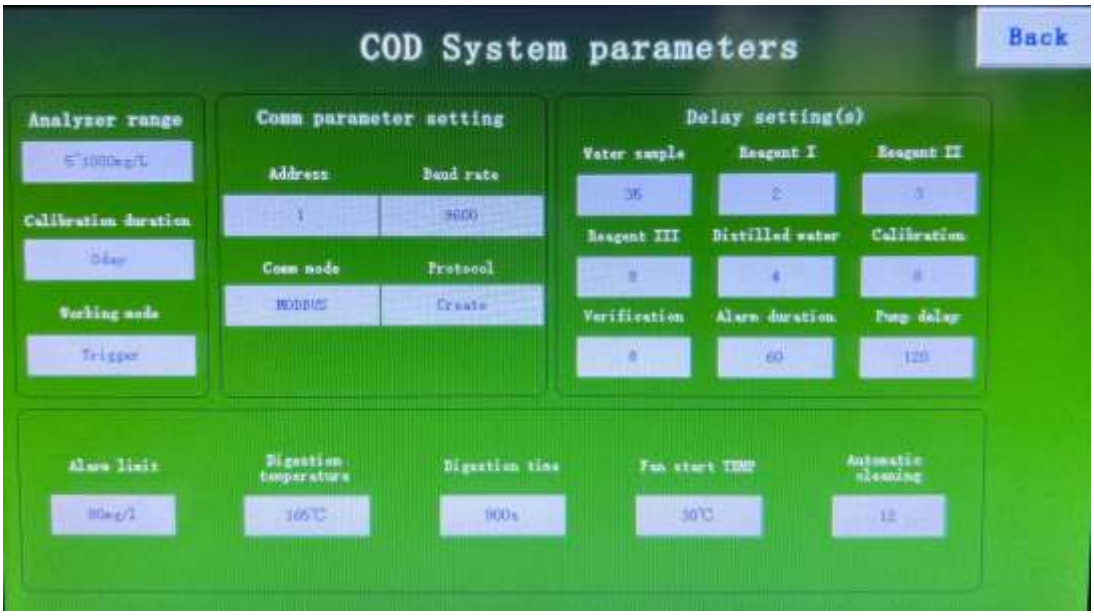
PHỤ LỤC 1

Cấu hình máy phân tích trực tuyến:

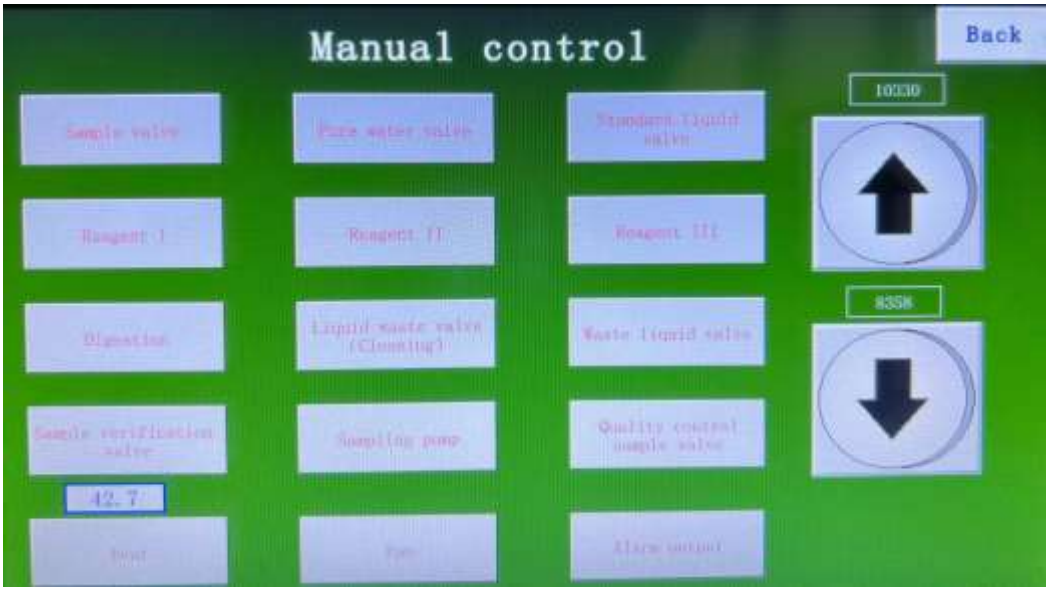
- Giao diện chính của máy phân tích trực tuyến được thiết kế trực quan, hiển thị đầy đủ các thông số cốt lõi như: kết quả đo, thời điểm phân tích gần nhất, giá trị định lượng, dải đo kỹ thuật, cũng như chế độ vận hành hiện tại (tự động, thủ công, hiệu chuẩn...).



- Giao diện điều chỉnh các tham số: sau khi lựa chọn dải đo phù hợp, thiết lập các thông số delay cho các đối tượng như bơm lấy mẫu nước thải, thời gian châm thuốc thử.
  - Alarm Limit: thiết lập ngưỡng giá trị nhận cảnh báo
  - Digestion temp: thiết lập nhiệt độ phân huỷ mẫu COD
  - Digestion time: thiết lập thời gian giữ mẫu phản ứng (15 phút)
  - Automatic cleaning: thiếp lập chu kỳ làm sạch tự động sau các lần phân tích



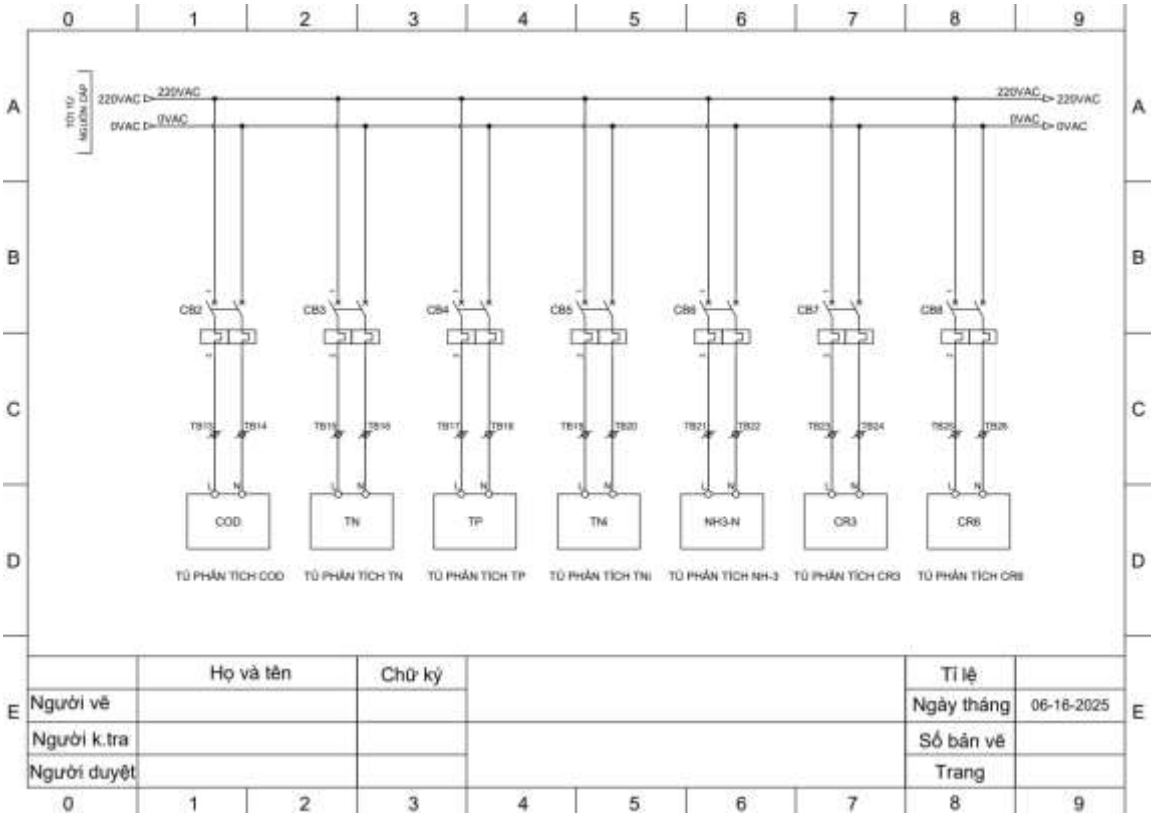
- Giao diện điều khiển bằng tay: ít khi được sử dụng, thông thường sử dụng để kiểm tra phản ứng của các loại thuốc thử để thiết lập thời gian delay khi chạy ở chế độ tự động.

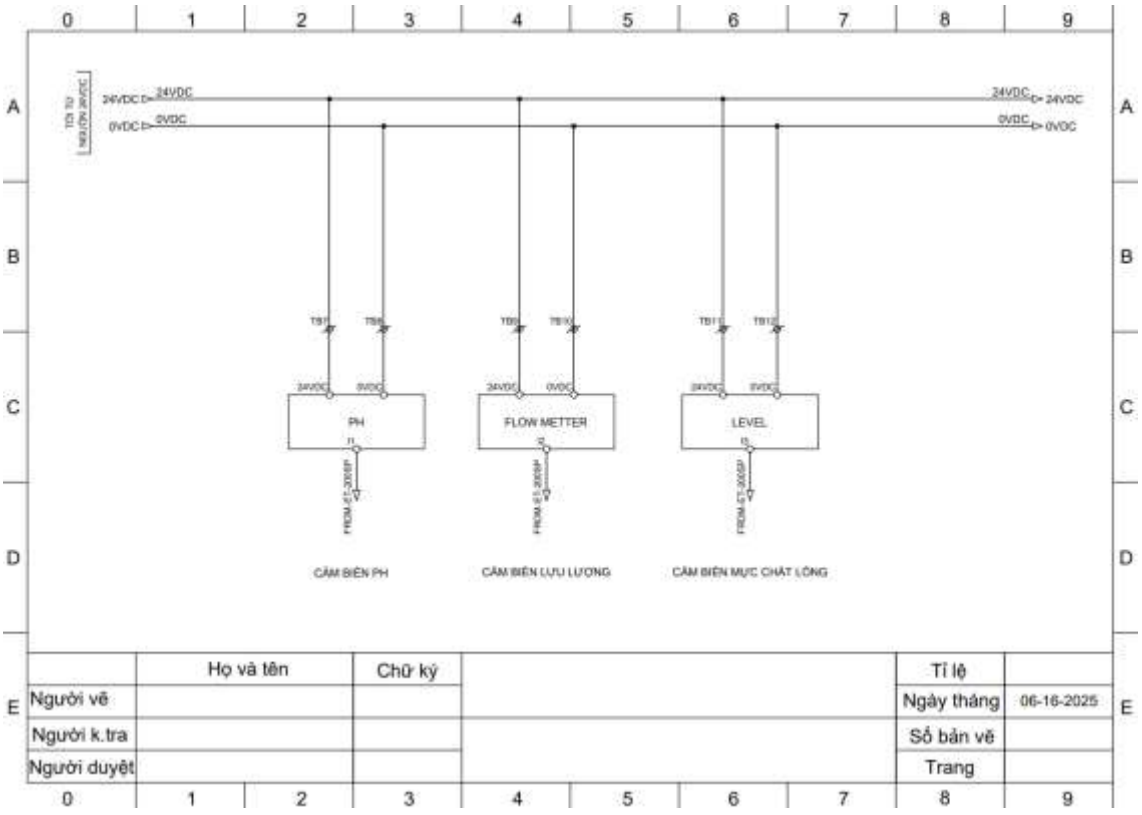


PHỤ LỤC 2

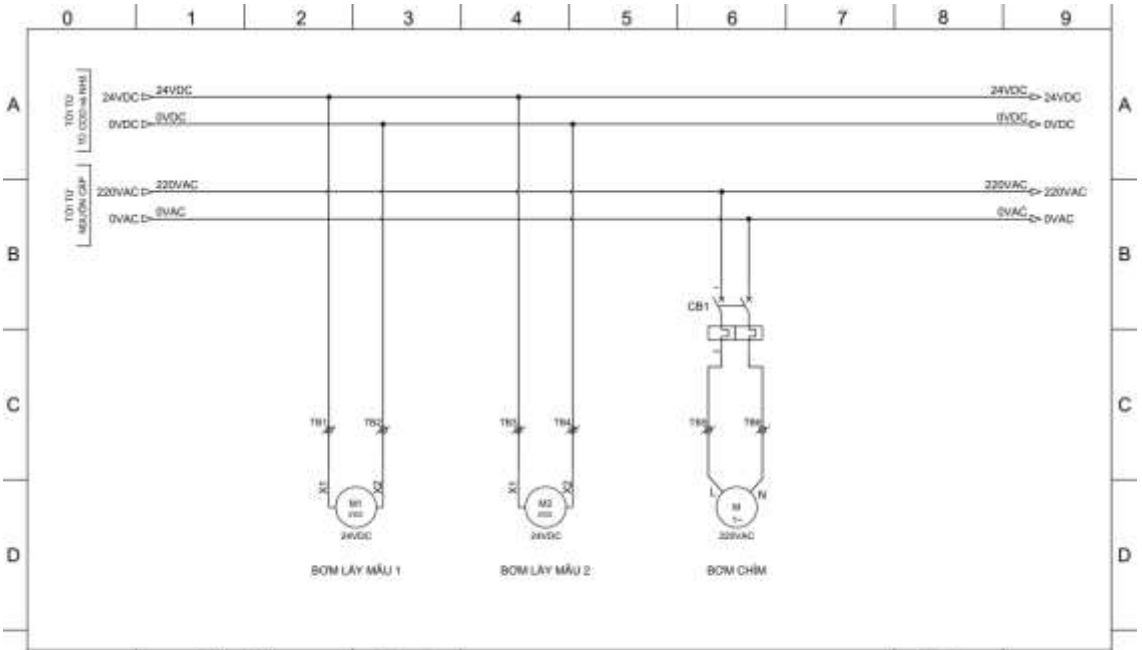
Sơ đồ mạch động lực:

- Ảnh 1: Sơ đồ cung cấp điện cho 7 máy phân tích.
- Ảnh 2: Sơ đồ cung cấp điện cho các cảm biến.
- Ảnh 3: Sơ đồ cung cấp điện cho bơm lấy mẫu và bơm chìm.





	Họ và tên	Chữ ký		Tỉ lệ	
Người vẽ				Ngày tháng	06-16-2025
Người k.tra				Số bản vẽ	
Người duyệt				Trang	

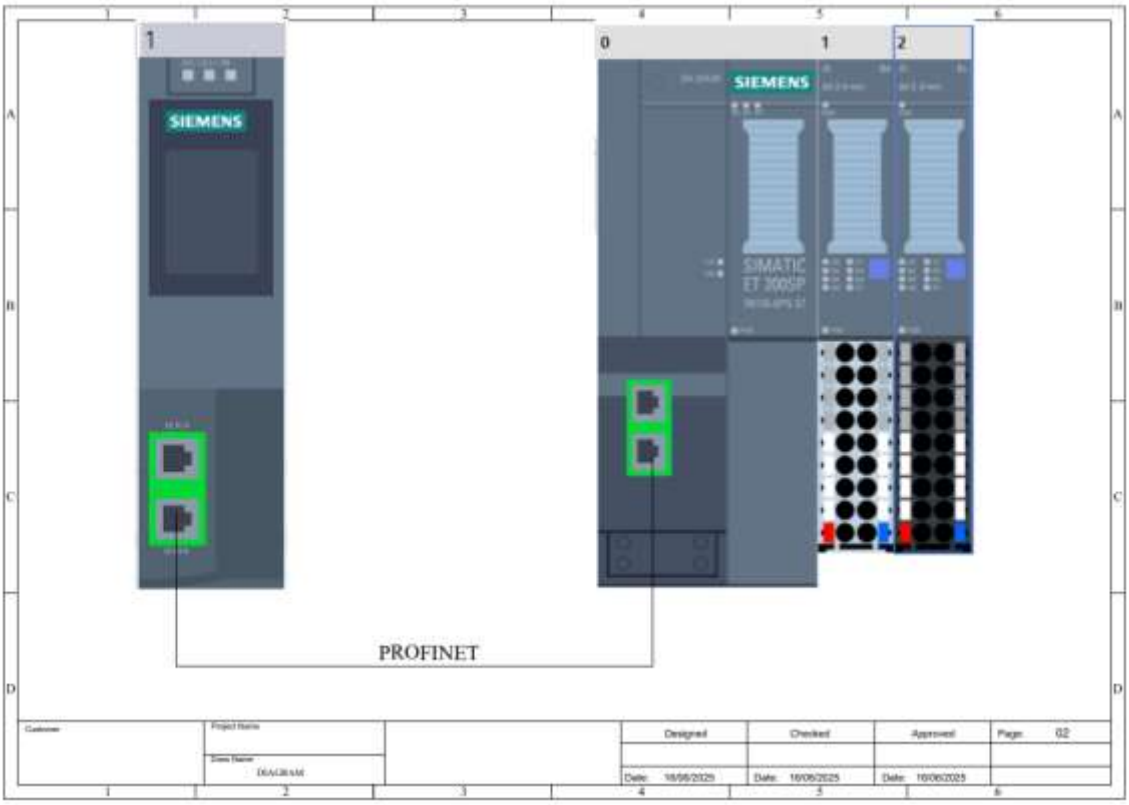


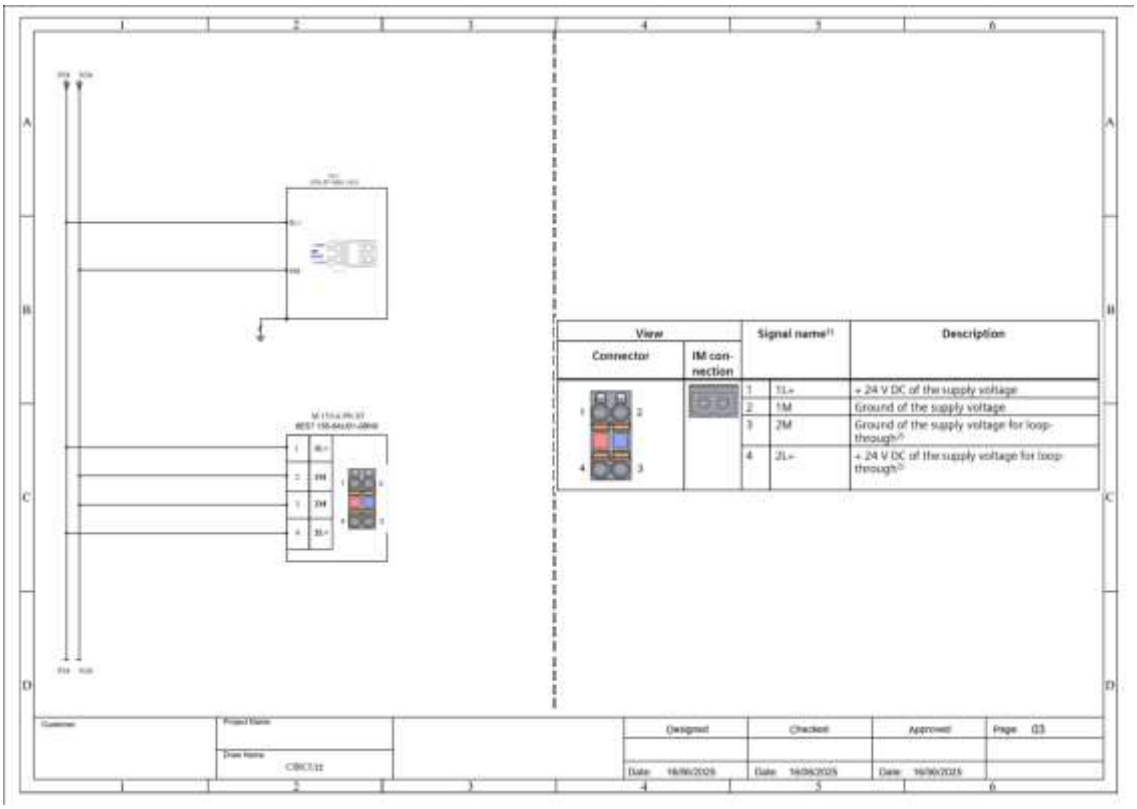
	Họ và tên	Chữ ký		Tỉ lệ	
Người vẽ				Ngày tháng	06-16-2025
Người k.tra				Số bản vẽ	
Người duyệt				Trang	

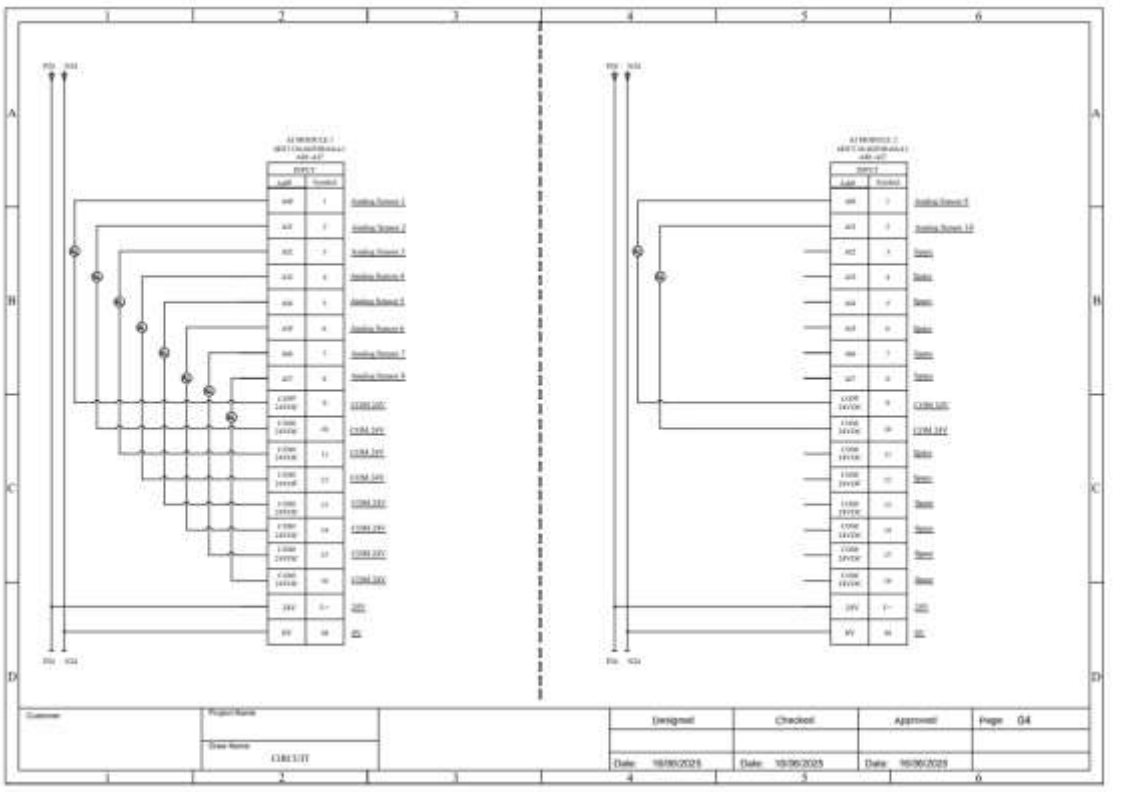
PHỤ LỤC 3

Sơ đồ đấu nối PLC với các thiết bị trường:

- Ảnh 1: Sơ đồ kết nối PLC với Remote IO.
- Ảnh 2: Sơ đồ cấp nguồn cho PLC, Remote IO.
- Ảnh 3: Sơ đồ đấu nối tín hiệu cảm biến, tủ phân tích vào module AI.

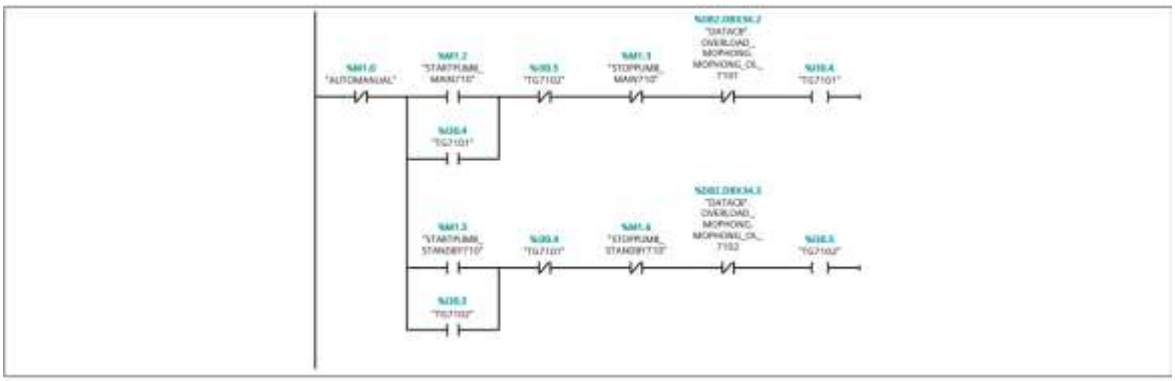



View
Connector
IM connection
Signal name[1]
Description
1 1L+ + 24 V DC of the supply voltage
2 1M Ground of the supply voltage
3 2M Ground of the supply voltage for loop-through[2]
4 2L+ + 24 V DC of the supply voltage for loop-through[2]
Designed
Checked
Approved
Page 03
CIRCUIT

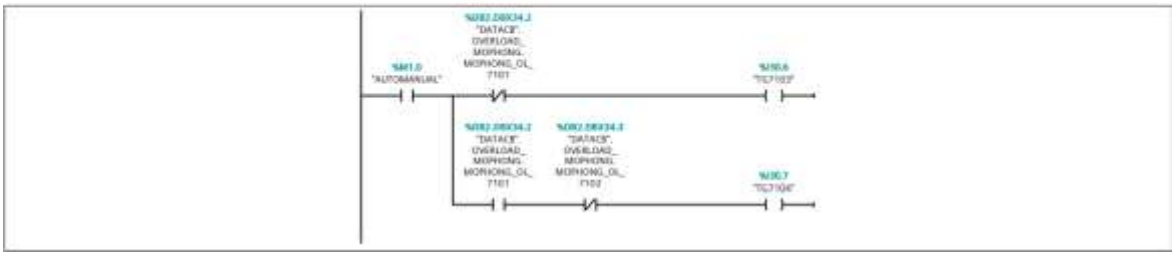

Designed
Checked
Approved
Page 04
CIRCUIT

PHỤ LỤC 4

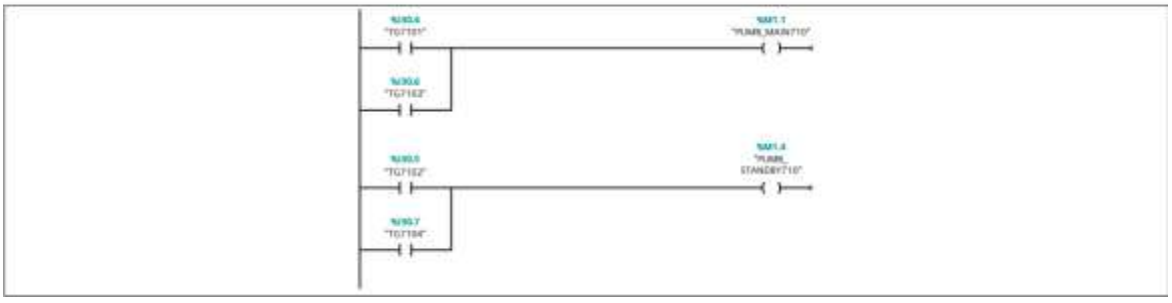
Chương trình điều khiển bơm nâng T710:



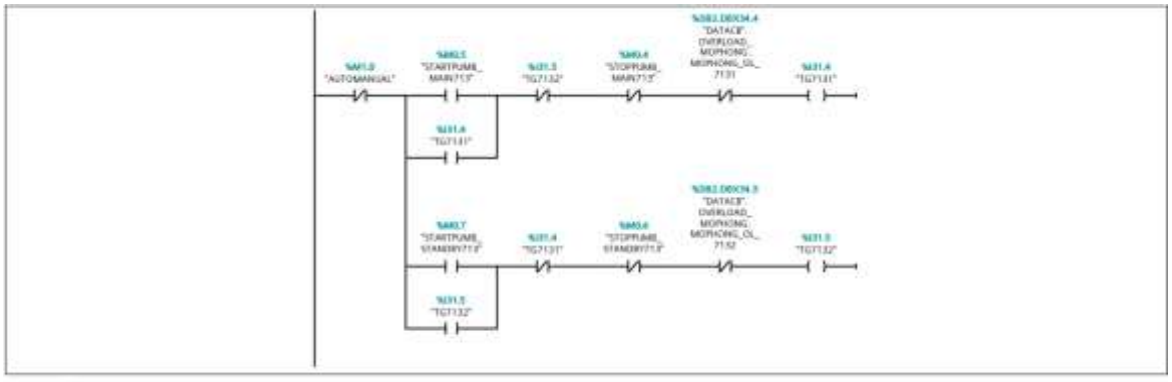
Network 2: AUTO T710



Network 3:

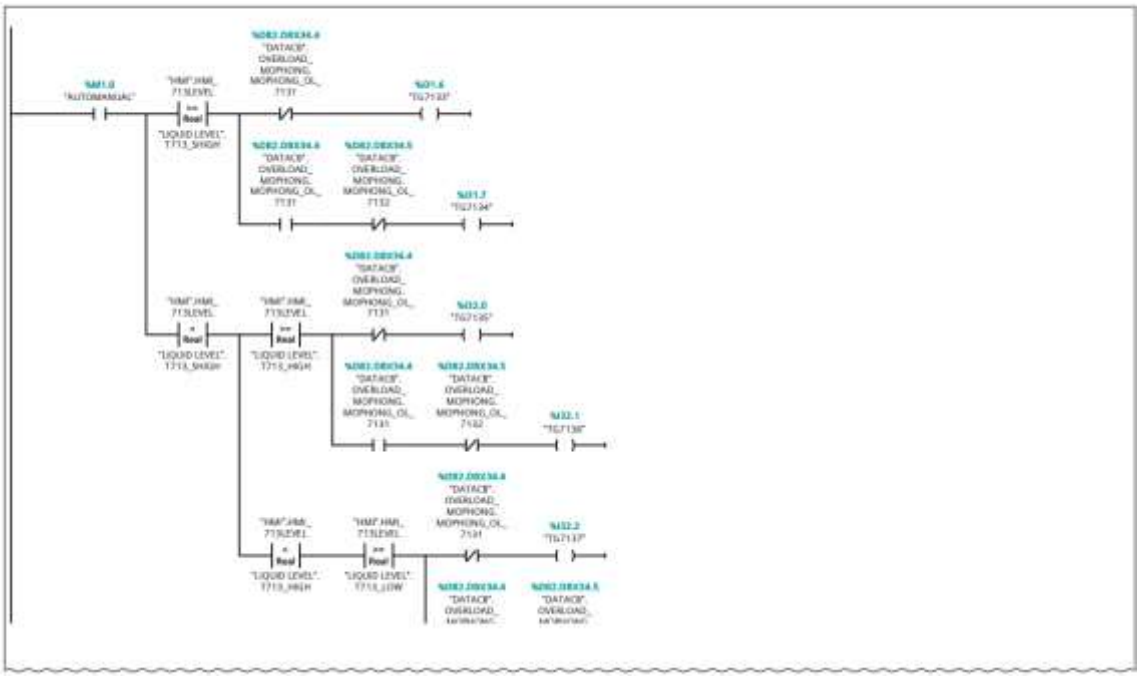


Chương trình điều khiển bơm nâng T713:

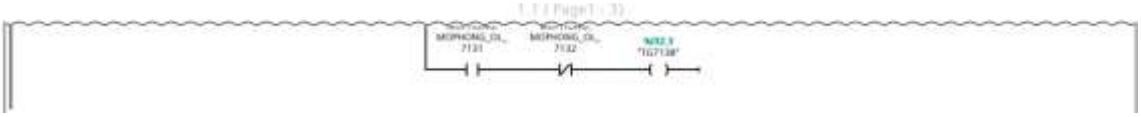


Network 2: AUTO T713

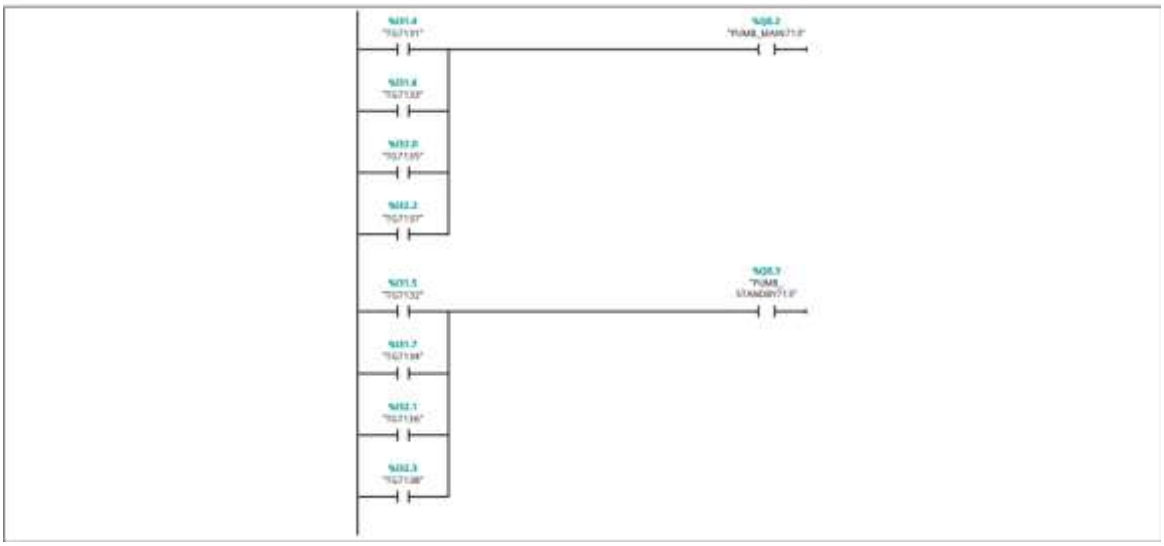
Network 2: AUTO T713 (1.1 / 2.1)



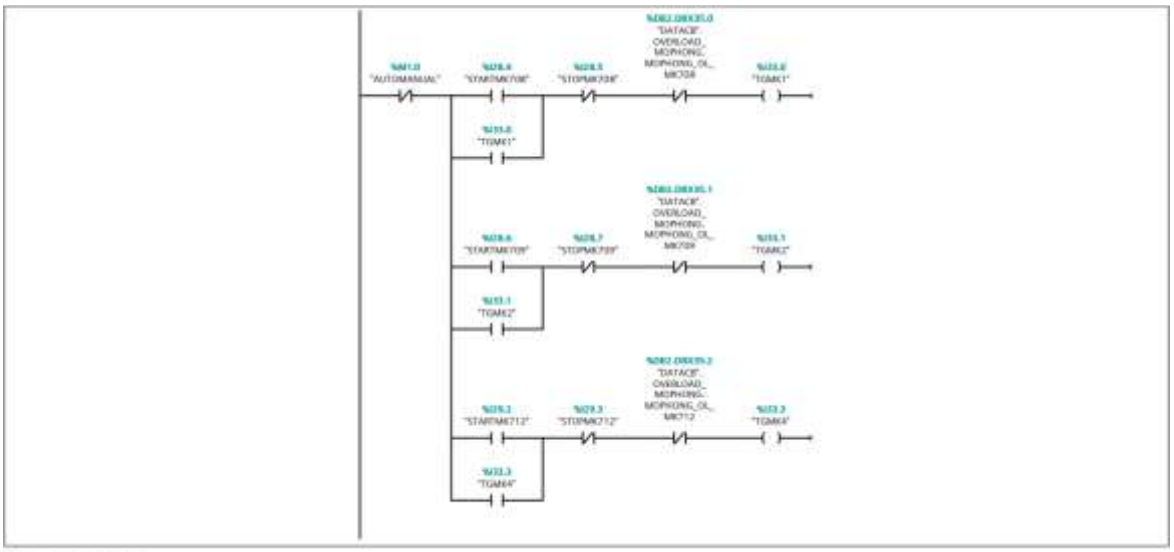
Network 2: AUTO T713 (2.1 / 2.1)



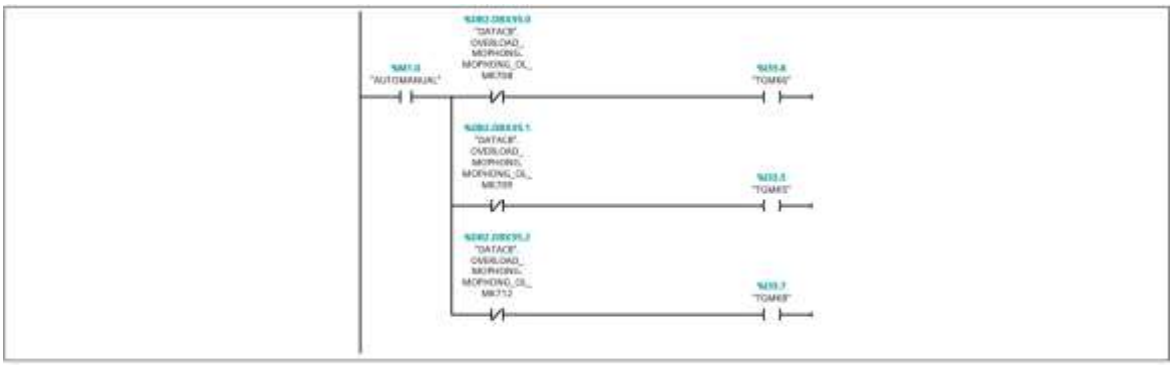
Network 3:



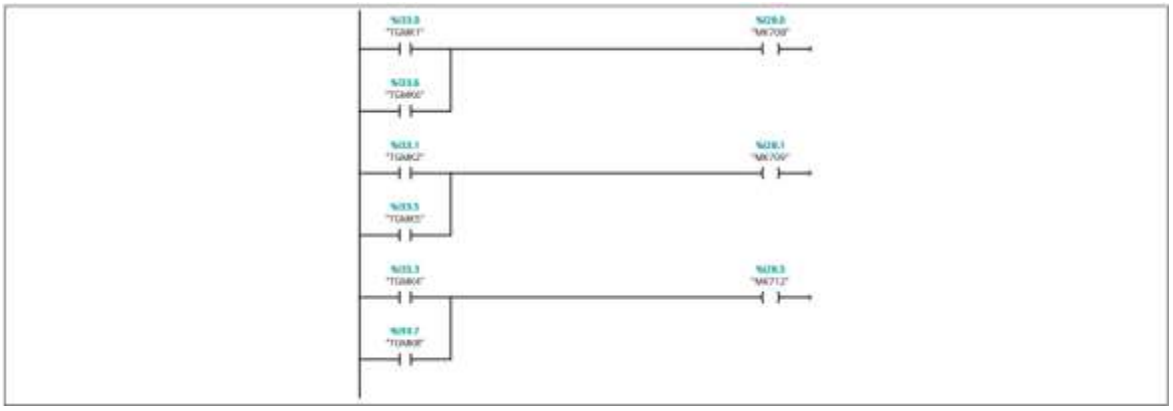
Chương trình điều khiển máy khuấy:



Network 2: AUTO

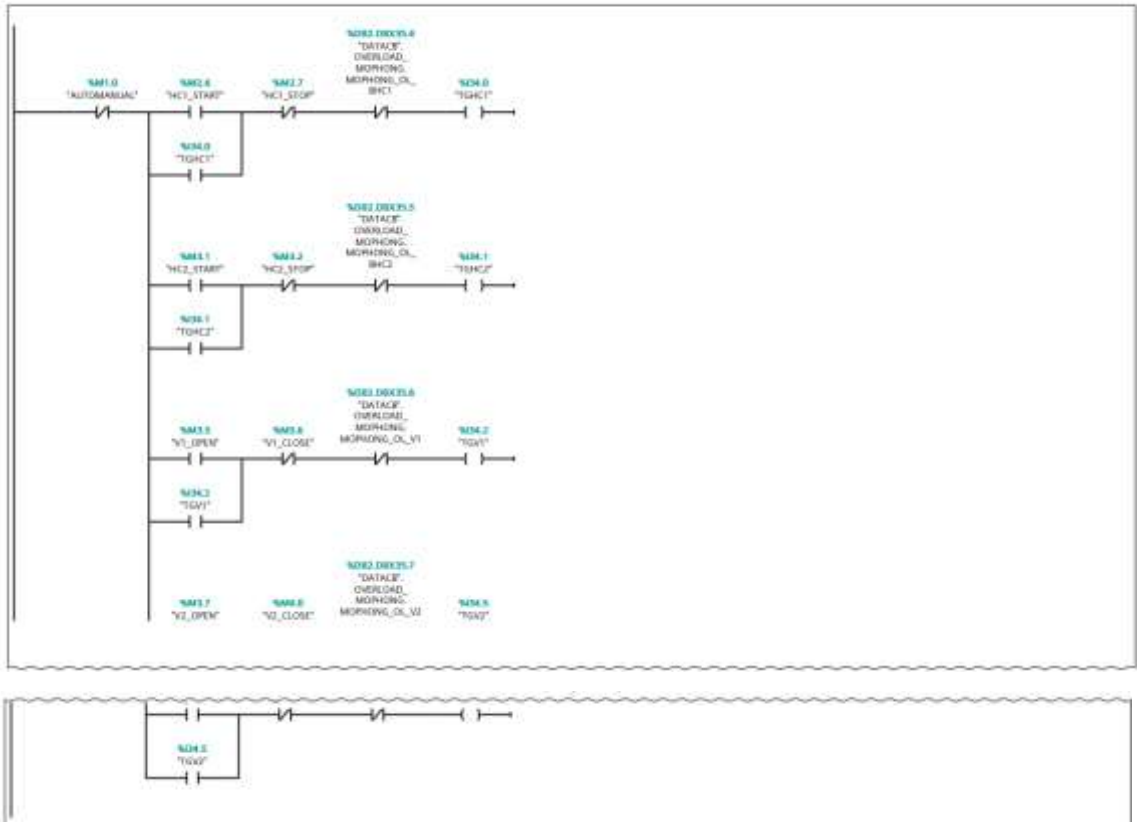


Network 3:

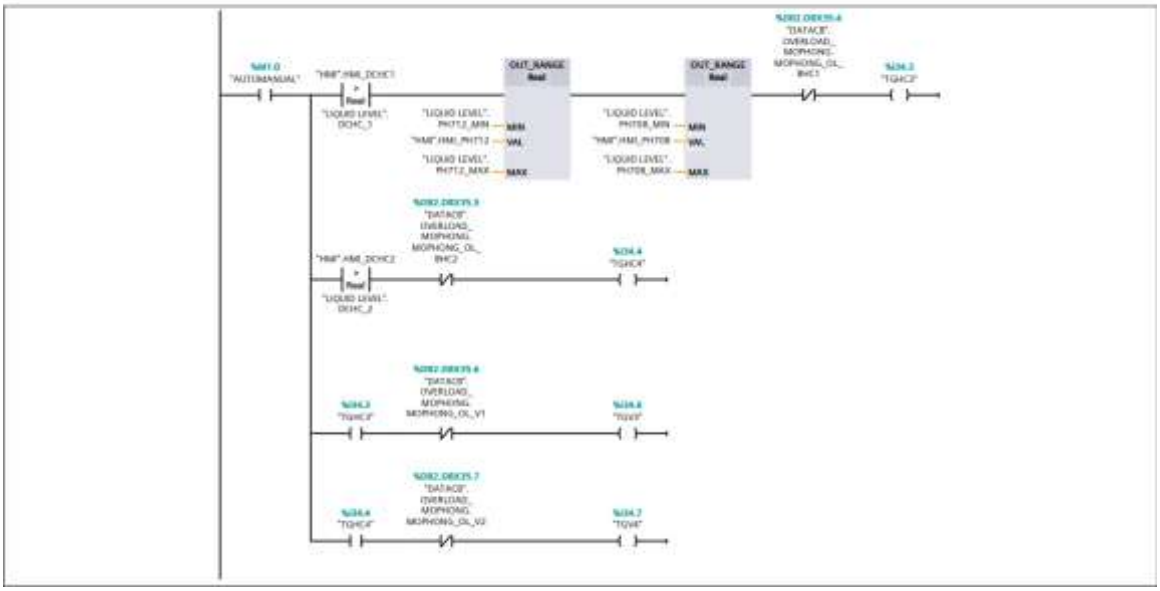


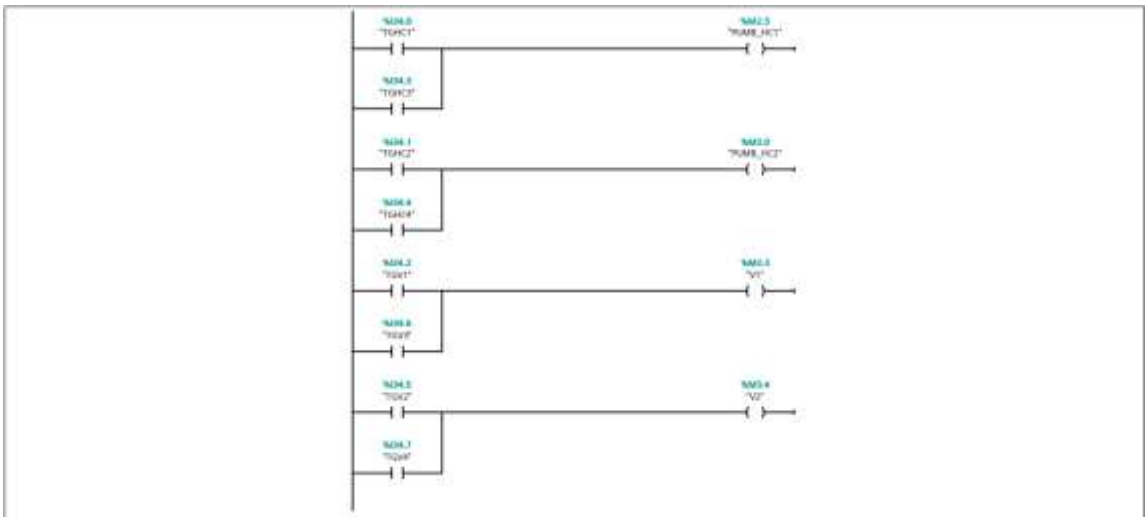
Chương trình điều khiển bơm và van hoá chất:

Network 1: MANUAL (1.1 / 2.1)

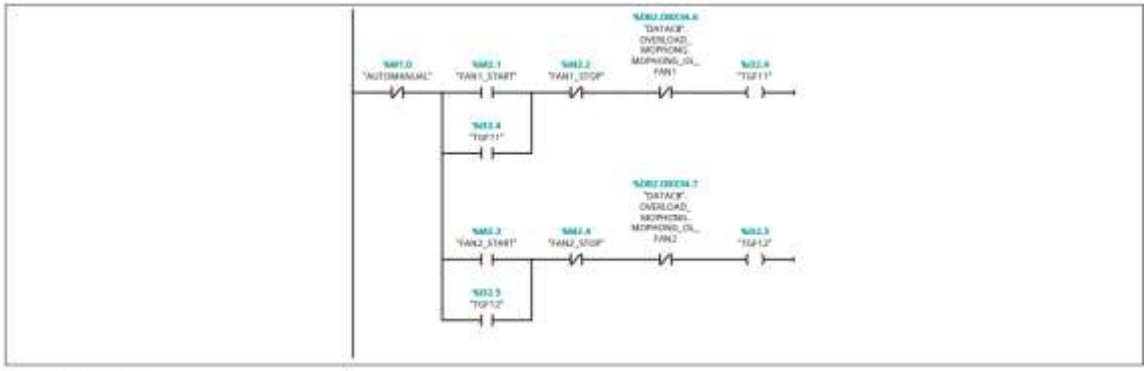


Network 2:

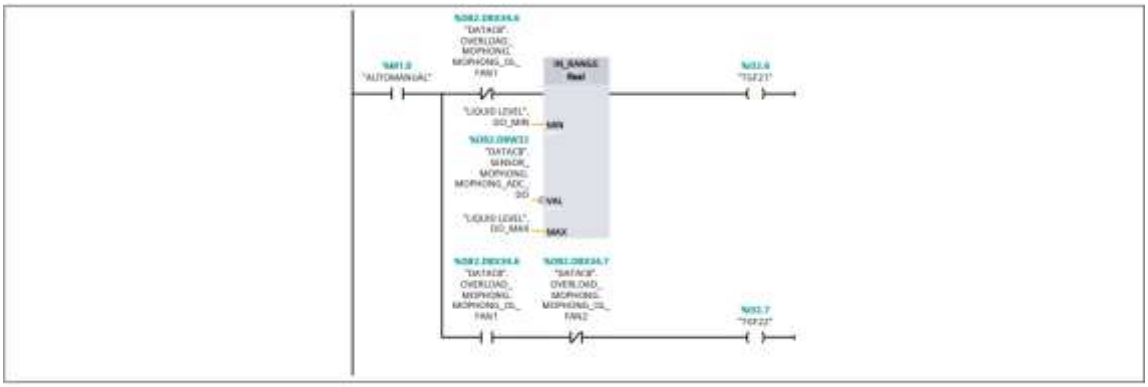




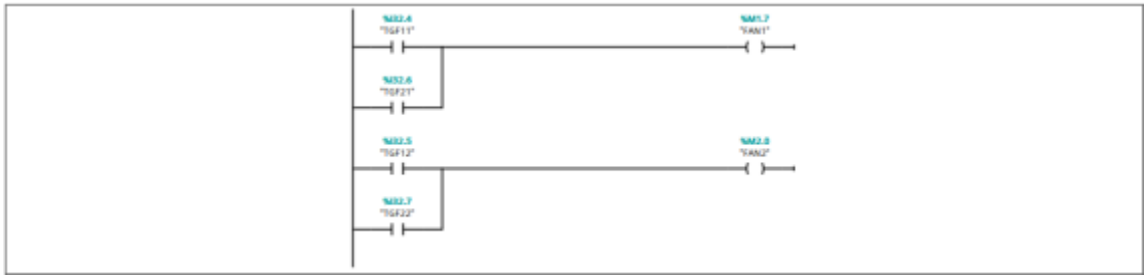
Chương trình điều khiển Quạt DO và Quạt sục khí:



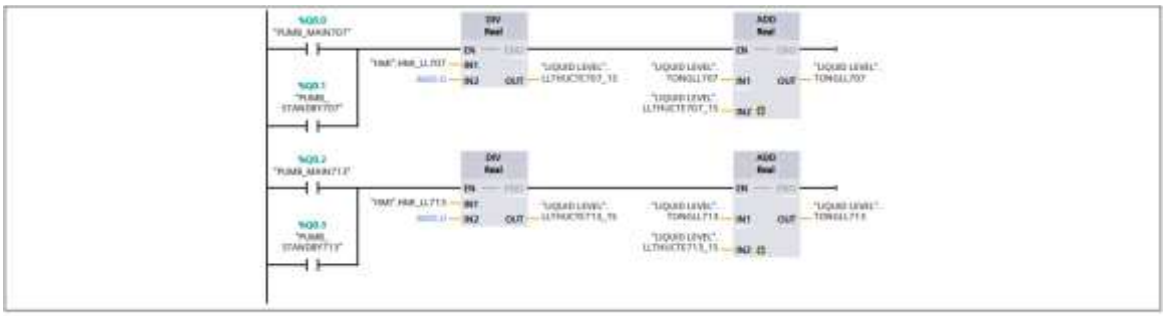
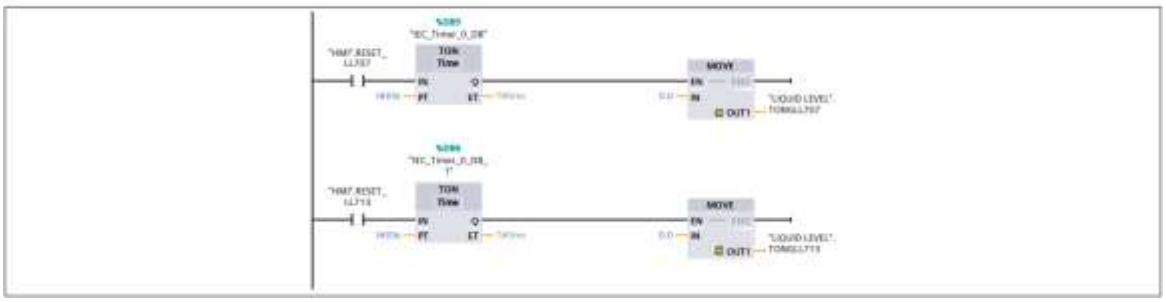
Network 2: AUTO



Network 3:



Chương trình tính toán lưu lượng tích luỹ:



Network 2: