

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 TỦ ĐIỀU KHIỂN
TRẠM BƠM ĐÀ NẴNG

Giáo viên hướng dẫn: TS. TRẦN THÁI ANH ÂU

Đồng hướng dẫn: KS. HỒ SỸ THÁI

Nhóm sinh viên thực hiện:

- 1. VÕ LÊ VŨ NHẬT NGUYỄN – MSSV: 105200374 – LỚP: 20TDHCLC1**
- 2. PHẠM ANH ĐỨC – MSSV: 105200488 – LỚP: 20TDHCLC4**

Đà Nẵng, 6/2025

TÓM TẮT

Tên đề tài: Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng

Sinh viên thực hiện: Võ Lê Vũ Nhật Nguyên

Số thẻ SV: 105200374

Lớp: 20TDHCLC1

Sinh viên thực hiện: Phạm Anh Đức

Số thẻ SV: 105200488

Lớp: 20TDHCLC4

Đề tài “Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng” được thực hiện với mong muốn là thiết kế một hệ thống điều khiển có khả năng vận hành linh hoạt theo nhiều chế độ tùy nhu cầu của người dùng. Hệ thống được khởi động động cơ theo phương pháp khởi động trực tiếp (DOL), cùng với đó là các chế độ bơm khác nhau: chế độ bơm làm đầy (Fill mode), chế độ bơm rút nước (Empty mode), chế độ bơm theo áp suất (Pressure mode). Hệ thống có thể tương thích với nhiều loại cảm biến khác nhau như phao, cảm biến mức nước, cảm biến áp suất và công tắc áp suất. Ngoài ra, hệ thống còn có 2 chế độ chọn chức năng bơm là Duty/Standby và Duty/Assist, các bơm sau khi hoạt động đủ thời gian cài đặt còn có khả năng tự động chuyển chế độ làm việc giữa hai bơm. Hệ thống còn tích hợp thêm chức năng cảnh báo, lưu trữ và hiển thị dữ liệu vận hành theo thời gian thực. Đồ án này sử dụng bộ điều khiển lập trình PLC Inovance Easy320 và màn hình HMI ITS7070EH-G để điều khiển giám sát. Chương trình được mô phỏng bằng phần mềm AutoShop và InoTouchPad.

Kết quả đạt được của đề tài là một mô hình tủ điều khiển trạm bơm có khả năng ứng dụng thực tế cao, đáp ứng các yêu cầu đa dạng của khách hàng trong quá trình điều khiển, dễ vận hành và có thể mở rộng trong tương lai.

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

TT	Họ tên sinh viên	Số thẻ SV	Lớp	Ngành
1	Võ Lê Vũ Nhật Nguyên	105200374	20TDHCLC1	Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa
2	Phạm Anh Đức	105200488	20TDHCLC4	Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa

1. Tên đề tài đồ án:

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng

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:

.....
.....

4. Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

a. Phần chung:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Võ Lê Vũ Nhật Nguyên	Tìm hiểu yêu cầu của đề bài, các phương pháp khởi động, điều khiển, các chức năng của bơm Tìm hiểu quy trình vận hành hệ thống Triển khai, kiểm nghiệm và hoàn thiện mô hình. Hoàn thiện báo cáo
2	Phạm Anh Đức	

b. Phần riêng:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Võ Lê Vũ Nhật Nguyên	Vẽ lưu đồ thuật toán điều khiển của trạm bơm Lập trình cho PLC

2	Phạm Anh Đức	Lựa chọn các thiết bị, tìm hiểu cách kết nối truyền thông giữa các thiết bị Thiết kế giao diện HMI
---	--------------	---

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

a. Phần chung:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung

b. Phần riêng:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Võ Lê Vũ Nhật Nguyên	Lưu đồ thuật toán điều khiển của trạm bơm

6. Họ tên người hướng dẫn:	Phần/ Nội dung:
Trần Thái Anh Âu	Giao đề tài đồ án Giám sát quá trình thực hiện đồ án Hỗ trợ và giải đáp các vấn đề trong quá trình thực hiện đồ án
Hồ Sỹ Thái	Hướng dẫn vẽ lưu đồ thuật toán điều khiển Hướng dẫn lập trình PLC, thiết kế giao diện HMI Hướng dẫn triển khai mô hình

7. Ngày giao nhiệm vụ đồ án: 21/2/2025

8. Ngày hoàn thành đồ án: 17/6/2025

Đà Nẵng, ngày 16 tháng 6 năm 2025

Trưởng Bộ môn Tự động hóa

Người hướng dẫn

Đồng hướng dẫn

TS. Giáp Quang Huy

TS. Trần Thái Anh Âu

KS. Hồ Sỹ Thái

PHIẾU KIỂM SOÁT TIẾN ĐỘ LÀM ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

(Phiếu dành cho người hướng dẫn/sinh viên)

Họ tên sinh viên: Võ Lê Vũ Nhật Nguyên _____ Số thẻ SV : 105200374 _____

Họ tên sinh viên: Phạm Anh Đức _____ Số thẻ SV : 105200488 _____

Tên đề tài ĐATN: Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng _____

Họ tên người HD: Hồ Sỹ Thái _____ Đơn vị: Công ty Công Nghiệp và Dịch Vụ DTC

Tuần	Ngày	Khối lượng		GVHD ký tên
		đã thực hiện (%)	tiếp tục thực hiện (%)	
1	20/2	Tìm hiểu về các chế độ của bơm đã thực hiện 100%	0%	
2	27/2	Tìm hiểu thiết bị và các phương pháp điều khiển đã thực hiện 100%	0%	
3	6/3	Tìm hiểu quy trình hoạt động của trạm bơm đã thực hiện 100%	0%	
4		Duyệt lần 1: Đánh giá khối lượng hoàn thành _____ % : Được tiếp tục làm ĐATN <input checked="" type="checkbox"/> Không tiếp tục thực hiện ĐATN <input type="checkbox"/>		
5	13/3	Lựa chọn các thiết bị, cảm biến, phao và công tắc áp suất đã thực hiện 100%	0%	
6	20/3	Vẽ sơ đồ thuật toán cho các chế độ vận hành bơm đã thực hiện 50%	50%	

7	27/3	Vẽ sơ đồ thuật toán cho các chế độ vận hành bơm đã thực hiện 100%	0%	
8		Duyệt lần 2: Đánh giá khối lượng hoàn thành _____ % : Được tiếp tục làm ĐATN <input checked="" type="checkbox"/> Không tiếp tục thực hiện ĐATN <input type="checkbox"/>		
9	3/4	Lập trình cho PLC đã thực hiện 50%	50%	
10	10/4	Lập trình cho PLC đã thực hiện 100%	0%	
11	17/4	Thiết kế giao diện HMI đã thực hiện 100%	0%	
12		Duyệt lần 3: Đánh giá khối lượng hoàn thành _____ % : Được tiếp tục làm ĐATN <input checked="" type="checkbox"/> Không tiếp tục thực hiện ĐATN <input type="checkbox"/>		
13	24/4	Mô phỏng vận hành hệ thống đã thực hiện 100%	0%	
14	1/5	Triển khai thực hiện mô hình hệ thống đã thực hiện 100%	0%	
15	1/6	Triển khai viết báo cáo đã thực hiện 100%	0%	

LỜI NÓI ĐẦU VÀ CẢM ƠN

Trong thời đại công nghiệp hoá và hiện đại hoá hiện nay việc ứng dụng các công nghệ điều khiển tự động vào các hệ thống sản xuất và dân dụng đã tạo ra những bước tiến lớn về kỹ thuật công nghệ lẫn hiệu quả kinh tế. Trong đó, hệ thống điều khiển trạm bơm là một phần không thể thiếu trong các lĩnh vực như cấp nước, cứu hoả, tưới tiêu, tăng áp... Xuất phát từ yêu cầu thực tiễn của doanh nghiệp và nhu cầu học tập, nghiên cứu, nhóm chúng em đã quyết định chọn đề tài “Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng”.

Trong suốt quá trình thực hiện đồ án, chúng em đã cố gắng vận dụng những kiến thức lý thuyết đã học kết hợp với tìm hiểu thực tiễn để hoàn thành đầy đủ các nội dung: lựa chọn thiết bị, thiết kế hệ thống điều khiển, lập trình chương trình PLC – HMI và mô phỏng vận hành hệ thống. Tuy vẫn còn nhiều hạn chế, nhưng đồ án này sẽ góp phần cung cấp một giải pháp điều khiển trạm bơm hiệu quả, linh hoạt và có khả năng ứng dụng cao.

Chúng em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến TS. Trần Thái Anh Âu – giảng viên hướng dẫn, đã tận tình chỉ bảo và định hướng chuyên môn trong suốt quá trình thực hiện đề tài. Đồng thời, chúng em cũng xin cảm ơn anh Hồ Sỹ Thái – người hướng dẫn kỹ thuật, đã hỗ trợ trực tiếp trong việc lập trình, mô phỏng và thực hiện hệ thống.

Cuối cùng, chúng em xin cảm ơn đến gia đình và quý thầy cô trong Khoa Điện – Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Đà Nẵng đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho chúng em hoàn thành đồ án tốt nghiệp này.

Chúng em hy vọng đồ án này sẽ mang lại giá trị thiết thực và hữu ích cho thực tiễn.

Xin chân thành cảm ơn!

LỜI CAM ĐOAN LIÊM CHÍNH HỌC THUẬT

Chúng em xin cam đoan toàn bộ nội dung của đề án tốt nghiệp “Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng” là kết quả nghiên cứu và làm việc của chính em. Đề án được thực hiện dựa trên những kiến thức đã học và dưới sự hướng dẫn của dưới sự hướng dẫn của thầy Trần Thái Anh Âu, cùng với người hướng dẫn là anh Hồ Sỹ Thái, kết quả nghiên cứu, lập trình, mô phỏng và mô hình thực tế do chính nhóm thực hiện.

Tất cả các tài liệu tham khảo sử dụng trong đề án đều được ghi rõ nguồn. Nếu có vấn đề liên quan đến bản quyền hoặc đạo văn, chúng em xin hoàn toàn chịu trách nhiệm trước nhà trường.

Nhóm sinh viên thực hiện

Võ Lê Vũ Nhật Nguyên

Phạm Anh Đức

MỤC LỤC

TÓM TẮT.....	i
NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP	ii
PHIẾU KIỂM SOÁT TIẾN ĐỘ LÀM ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP.....	iv
LỜI NÓI ĐẦU VÀ CẢM ƠN	vi
LỜI CAM ĐOAN LIÊM CHÍNH HỌC THUẬT	vii
MỤC LỤC	viii
DANH SÁCH HÌNH ẢNH	xii
DANH SÁCH CÁC BẢNG	xv
DANH SÁCH CÁC CHỮ VIẾT TẮT	xvi
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ ĐỀ TÀI.....	2
1.1 Xác định các tiêu chí và điều kiện	2
1.1.1 Điều Khiển Tự Động:	2
1.1.2 Giám Sát điều khiển:	2
1.1.3 Hệ Thống Cảm Biến và Điều Khiển:	2
1.1.4 An Toàn và Bảo Vệ:	2
1.1.5 Báo Cáo và Lưu Trữ Dữ Liệu:	3
1.2 Các phương pháp khởi động	3
1.2.1 Khởi động DOL (Direct-on-line)	3
1.2.2 Khởi động bằng biến tần	4
1.3 Các phương pháp điều khiển	4
1.3.1 Điều khiển bơm bằng phao.....	4
1.3.2 Điều khiển bơm bằng cảm biến mức nước.....	4
1.3.3 Điều khiển bơm bằng cảm biến áp suất	5

1.3.4	Điều khiển bơm bằng công tắc áp suất.....	5
1.4	Chọn phương pháp điều khiển	5
1.5	Các chức năng bơm trong hệ thống	6
1.5.1	Bơm DUTY	6
1.5.2	Bơm ASSIST	6
1.5.3	Bơm STANDBY	6
1.6	Quy trình công nghệ của tủ điều khiển trạm bơm đa năng.....	7
1.7	Các chế độ hoạt động trong hệ thống	8
1.7.1	Chế độ bơm làm đầy (Fill mode)	8
1.7.2	Chế độ bơm rút nước (Empty mode).....	9
1.7.3	Chế độ áp suất (Pressure mode)	9
1.7.4	Chế độ điều khiển bằng tay (Manual mode)	9
1.8	Kết luận chương 1	9
CHƯƠNG 2: PHÂN TÍCH MÔ HÌNH HỆ THỐNG.....		10
2.1	Giới thiệu tổng quan hệ thống.....	10
2.2	Các thiết bị phần cứng của hệ thống.....	11
2.2.1	Các thiết bị cấp trường	11
2.2.2	Chọn các thiết bị cấp điều khiển	11
2.2.2.1	PLC	11
2.2.2.2	Module mở rộng.....	12
2.2.2.3	HMI.....	14
2.3	Tính chọn các phần tử ở cấp trường	15
2.3.1	Giới thiệu về bơm.....	15
2.3.2	Tính chọn các thiết bị trong tủ.....	16
2.3.3	Chọn các cảm biến	17
2.3.3.1	Công tắc phao.....	17

2.3.3.2	Công tắc áp suất	18
2.3.3.3	Cảm biến mức nước	20
2.3.3.4	Cảm biến áp suất	21
2.4	Kết luận chương 2	22
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG		23
3.1	Quy trình điều khiển của hệ thống:.....	23
3.2	Tổng quan về phần mềm Autoshop	30
3.2.1	Thiết lập cấu hình PLC.....	31
3.2.2	Gán tag cho chương trình điều khiển	33
3.2.3	Viết chương trình điều khiển.....	33
3.3	Tổng quan về phần mềm InoTouchPad-V1R5C00SPC2	34
3.3.1	Thiết kế màn hình HMI.....	35
3.4	Kết luận chương 3	37
CHƯƠNG 4: MÔ PHÒNG VẬN HÀNH HỆ THỐNG.....		38
4.1	Cách thao tác trên HMI.....	38
4.1.1	Các thao tác cài đặt chung.....	38
4.1.2	Chế độ Empty	40
4.1.2.1	Mô phỏng với tín hiệu Analog.....	41
4.1.2.2	Mô phỏng với tín hiệu Digital.....	43
4.1.3	Chế độ Fill	46
4.1.3.1	Mô phỏng với tín hiệu analog	46
4.1.3.2	Mô phỏng với tín hiệu digital.....	49
4.1.4	Chế độ Pressure	51
4.1.4.1	Mô phỏng với tín hiệu Analog.....	51
4.1.4.2	Mô phỏng với tín hiệu Digital.....	54
4.2	Các trang giao diện khác.....	57

4.3 Kết luận chương 4.....	58
KẾT LUẬN CHUNG	59
TÀI LIỆU THAM KHẢO	61

DANH SÁCH HÌNH ẢNH

Hình 2.1 Kiến trúc truyền thông của hệ thống.....	10
Hình 2.2 PLC Easy320	11
Hình 2.3 Module mở rộng GE20-4DI.....	12
Hình 2.4 Module mở rộng GE20-2AD1DA-I	13
Hình 2.5 HMI ITS7070EH-G	14
Hình 2.6 Bơm Pentax CM 32-160B	15
Hình 2.7 Công tắc phao	18
Hình 2.8 Công tắc áp suất.....	19
Hình 2.9 Cảm biến mức siêu âm loại dây.....	20
Hình 2.10 Cảm biến áp suất.....	21
Hình 3.1 Lưu đồ thuật toán toàn hệ thống	23
Hình 3.2 Lưu đồ thuật toán Duty/Standby ở Fill mode	24
Hình 3.3 Lưu đồ thuật toán Duty/Assist ở Fill mode	25
Hình 3.4 Lưu đồ thuật toán Duty/Standby ở Empty mode	26
Hình 3.5 Lưu đồ thuật toán Duty/Assist ở Empty mode	27
Hình 3.6 Lưu đồ thuật toán Duty/Standby ở Pressure mode	28
Hình 3.7 Lưu đồ thuật toán Duty/Assist ở Pressure mode	29
Hình 3.8 Lưu đồ thuật toán Manual mode.....	30
Hình 3.9 Giao diện làm việc của Autoshop.....	31
Hình 3.10 Khu vực cấu hình thiết lập PLC trên Autoshop.....	32
Hình 3.11 Cài đặt modbus RTU	32
Hình 3.12 Khu vực biến trên Autoshop.....	33
Hình 3.13 Khu vực lập trình trên Autoshop	34
Hình 3.14 Giao diện thiết kế HMI của InoTouchPad.....	35
Hình 3.15 Giao diện gán Tag trên InoTouchPad.....	35
Hình 3.16 Giao diện cấu hình Connections trên InoTouchPad	36

Hình 3.17 Giao diện P&ID của Screen trên InoTouchPad	36
Hình 3.18 Giao diện Script trên InoTouchPad	37
Hình 4.1 Màn hình làm việc chính của HMI	38
Hình 4.2 Bảng cài đặt chế độ bơm.....	39
Hình 4.3 Thiết lập thông số các ngưỡng mức nước của bể	40
Hình 4.4 Giao diện chế độ Empty, chế độ bơm Assist với tín hiệu Analog.....	41
Hình 4.5 Bắt đầu chạy bơm Duty khi mức nước trên ngưỡng Assist Stop/Duty Start	42
Hình 4.6 Bơm chạy Assist khi nước trên ngưỡng Assist Start	42
Hình 4.7 Giao diện chế độ Empty, chế độ bơm Standby với tín hiệu Analog	43
Hình 4.8 Giao diện chế độ Empty, chế độ bơm Assist với tín hiệu Digital	44
Hình 4.9 Phao X4 được bật.....	44
Hình 4.10 Phao X5 được bật và bắt đầu chạy bơm Duty	45
Hình 4.11 Phao X6 được bật và bắt đầu chạy bơm Assist	45
Hình 4.12 Giao diện chế độ Empty, chế độ bơm Standby với tín hiệu Digital	46
Hình 4.13 Giao diện chế độ Fill, chế độ bơm Assist với tín hiệu Analog.....	46
Hình 4.14 Bơm Duty bắt đầu chạy khi nước dưới ngưỡng Duty Start/ Assist Stop ...	47
Hình 4.15 Bơm Assist bắt đầu chạy khi nước dưới ngưỡng Assist Start	48
Hình 4.16 Giao diện chế độ Fill, chế độ bơm Standby với tín hiệu Analog	48
Hình 4.17 Giao diện chế độ Fill với tín hiệu Digital	49
Hình 4.18 Bơm Duty bắt đầu chạy khi tắt X7,X6	49
Hình 4.19 Bơm Assist bắt đầu chạy khi tắt X5	50
Hình 4.20 Giao diện chế độ Fill, chế độ bơm Standby với tín hiệu Digital	50
Hình 4.21 Giao diện chế độ Pressure, chế độ bơm Assist với tín hiệu Analog.....	51
Hình 4.22 Bảng cài đặt thông số các ngưỡng áp suất.....	52
Hình 4.23 Bơm Duty bắt đầu chạy khi áp suất dưới ngưỡng Duty Start/Assist Stop .	53
Hình 4.24 Bơm Assist bắt đầu chạy khi áp suất dưới ngưỡng Assist Start	53
Hình 4.25 Bơm Duty bắt đầu chạy khi áp suất dưới ngưỡng Duty Start.....	54
Hình 4.26 Giao diện chế độ Pressure, chế độ bơm Assist với tín hiệu Digital	55

Hình 4.27 Bơm Duty bắt đầu chạy khi X7, X6 tắt	55
Hình 4.28 Bơm Assist bắt đầu chạy khi X5 tắt	56
Hình 4.29 Bơm Duty chạy khi X7,X6 tắt ở chế độ Standby	56
Hình 4.30 Giao diện trang Alarm	57
Hình 4.31 Giao diện trang Trend	57

DANH SÁCH CÁC BẢNG

Bảng 2.1 Thông số kỹ thuật của PLC Inovance Easy320.....	11
Bảng 2.2 Thông số kỹ thuật của module mở rộng GE20-4DI.....	12
Bảng 2.3 Thông số kỹ thuật của module mở rộng GE20-2AD1DA-I.....	13
Bảng 2.4 Thông số kỹ thuật của HMI ITS7070EH-G	15
Bảng 2.5 Thông số kỹ thuật của Bơm Pentax CM 32-160B	16
Bảng 2.6 Thông số kỹ thuật của aptomat LS MCB LS BKN.....	16
Bảng 2.7 Thông số kỹ thuật của contactor LS MC-9a	17
Bảng 2.8 Thông số kỹ thuật của rơ le nhiệt LS MT-12	17
Bảng 2.9 Thông số kỹ thuật của công tắc phao	18
Bảng 2.10 Thông số kỹ thuật của công tắc áp suất.....	19
Bảng 2.11 Thông số kỹ thuật của cảm biến mức siêu âm loại dây.....	20
Bảng 2.12 Thông số kỹ thuật của cảm biến áp suất.....	22

DANH SÁCH CÁC CHỮ VIẾT TẮT

CHỮ VIẾT TẮT:

DOL	Direct-on-line
HMI	Human-Machine Interface
PLC	Programmable Logic Controller
DI	Digital input
DO	Digital output
AI	Analog input
AO	Analog output

MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh công nghệ điều khiển và tự động hóa đang ngày càng phát triển mạnh mẽ, trở thành nền tảng cốt lõi trong quá trình hiện đại hóa sản xuất, nâng cao hiệu suất và tối ưu hóa nguồn lực. Các hệ thống điều khiển không chỉ đơn thuần thực hiện nhiệm vụ giám sát và vận hành mà còn phải đảm bảo tính linh hoạt, khả năng mở rộng và tích hợp cao. Song song với sự phát triển đó, việc ứng dụng hệ thống điều khiển tự động trong các trạm bơm cũng đang ngày càng trở nên phổ biến và cần thiết, các nhà cung cấp tủ điều khiển cho khách hàng cũng thường xuyên phải đối mặt với đa dạng nhu cầu của khách hàng trong lĩnh vực điều khiển trạm bơm như: đa dạng chức năng hoạt động, đa dạng chủng loại bể, nhiều kiểu tín hiệu đo lường và điều khiển,...

Từ những nhu cầu thực tế đó, nhóm chúng em chọn thực hiện đề tài “Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng” nhằm giải quyết bài toán thiết kế một hệ thống điều khiển linh hoạt, dễ vận hành và phù hợp với nhiều kịch bản sử dụng khác nhau. Đề tài hướng đến việc tạo ra một mô hình tủ điều khiển tích hợp các chức năng như điều khiển bơm theo mức nước, theo áp suất và hỗ trợ các kiểu cảm biến đầu vào bằng tín hiệu số và tín hiệu tương tự, đồng thời có thể chuyển đổi linh hoạt giữa các chế độ như Fill, Empty, Pressure và Manual.

Phạm vi nghiên cứu của đồ án sẽ tập trung vào hệ thống điều khiển cho các trạm bơm có quy mô nhỏ đến trung bình, phù hợp với các ứng dụng như bơm nước cấp, tưới tiêu, cứu hỏa, tăng áp,... Đối tượng nghiên cứu là mô hình hệ thống điều khiển sử dụng PLC và HMI kết nối với các cảm biến và sử dụng phương pháp điều khiển khởi động trực tiếp. Hệ thống sẽ sử dụng PLC Inovance Easy320 và HMI ITS7070EH-G làm bộ điều khiển và giao diện vận hành chính và được lập trình bằng phần mềm AutoShop và InoTouchPad.

Cấu trúc của đồ án được trình bày qua bốn chương chính:

- Chương 1: Giới thiệu chung về đề tài;
- Chương 2: Phân tích mô hình hệ thống;
- Chương 3: Thiết kế điều khiển hệ thống;
- Chương 4: Mô phỏng vận hành hệ thống.

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ ĐỀ TÀI

1.1 Xác định các tiêu chí và điều kiện

1.1.1 Điều Khiển Tự Động:

Thiết kế hệ thống tự động hoá để điều khiển hoạt động của các máy bơm theo các chương trình đã lập sẵn hoặc theo cảm biến để đáp ứng các nhu cầu đa dạng của khách hàng:

- Nhiều kiểu chức năng hoạt động: trạm bơm nước cấp, cứu hỏa, tưới tiêu, tăng áp...
- Đa dạng chủng loại bồn bể dẫn đến nhiều mức nước vận hành khác nhau.
- Nhiều kiểu đo lường và điều khiển như: phao, điện cực, mức nước tương tự, hay áp suất
- Số lượng bơm được sử dụng/ dự phòng cũng tùy thuộc vào nhu cầu và mức độ an toàn hệ thống.

Số lượng bơm yêu cầu là 2 bơm được điều khiển khởi động DOL, có 2 chế độ lựa chọn: Standby – một bơm chạy (Duty), một bơm dự phòng (Standby) hoặc chế độ Assist – Một bơm chạy (Duty) và một bơm chạy tăng cường (Assist). Chuyển đổi giữa hai chế độ: Bơm nước vào bể (Fill mode) hay bơm nước ra khỏi bể (Empty mode).

1.1.2 Giám Sát điều khiển:

Xây dựng giao diện người dùng thân thiện, dễ sử dụng để quản lý và giám sát hoạt động của các máy bơm.

Thiết kế giao diện HMI với các trang như: P&ID, Setting mode, Alarm, Trend, IO Config.

1.1.3 Hệ Thống Cảm Biến và Điều Khiển:

Lắp đặt cảm biến đo mức nước, dòng điện, áp suất, phao điện và công tắc áp suất.

Sử dụng bộ điều khiển lập trình (PLC) hỗ trợ truyền thông Modbus/Ethernet để giao tiếp với HMI, xử lý dữ liệu từ cảm biến và thực hiện các tác vụ điều khiển.

1.1.4 An Toàn và Bảo Vệ:

Thiết kế các chức năng bảo vệ cho hệ thống như chống quá tải, quá nhiệt,... bảo vệ máy bơm khỏi tình trạng không có nước (chạy khô) và làm việc liên tục.

Cài đặt hệ thống cảnh báo khi có sự cố hoặc khi các giá trị cảm biến vượt ngưỡng an toàn.

1.1.5 Báo Cáo và Lưu Trữ Dữ Liệu:

Xây dựng hệ thống lưu trữ dữ liệu hoạt động của các máy bơm và cảm biến để phân tích và báo cáo.

Cung cấp báo cáo chi tiết về hoạt động của bơm và tình trạng thiết bị.

Các đầu ra gửi cảnh báo/ trạng thái đến hệ thống BMS có thể lựa chọn được chức năng như đối với DO (cảnh báo mức nước, cảnh báo lỗi bơm), đối với AO (mức nước hoặc áp suất).

1.2 Các phương pháp khởi động

1.2.1 Khởi động DOL (Direct-on-line)

Khởi động DOL là phương pháp khởi động động cơ điện ba pha bằng cách cấp trực tiếp điện áp lưới vào động cơ. Điều này có nghĩa là động cơ sẽ nhận toàn bộ điện áp và dòng điện ngay từ khi khởi động.

Ưu điểm:

- Đơn giản, dễ lắp đặt và bảo trì.
- Chi phí thấp.
- Mô-men khởi động lớn.
- Thời gian khởi động nhanh.
- Tiết kiệm không gian.

Nhược điểm:

- Dòng khởi động lớn, có thể gây sụt áp lưới điện.
- Gây sốc cơ khí cho động cơ và thiết bị truyền động.
- Chỉ phù hợp cho động cơ có công suất nhỏ (thường dưới 4kW).
-

Ứng dụng: Khởi động DOL thường được sử dụng cho các động cơ có công suất nhỏ dưới 5 hp/4Kw, hoạt động trong các ứng dụng đơn giản như: Máy bơm nước, quạt gió, băng tải,...

Các thành phần của bộ khởi động DOL:

- Aptomat (Circuit Breaker): Bảo vệ mạch điện khỏi quá tải và ngắn mạch.
- Khởi động từ (Contactor): Đóng cắt mạch điện cấp nguồn cho động cơ.

- Rơ le nhiệt (Thermal Overload Relay): Bảo vệ động cơ khỏi quá tải.

1.2.2 Khởi động bằng biến tần

Nguyên lý hoạt động:

Biến tần điều chỉnh tần số điện áp cấp cho động cơ bơm, giúp bơm hoạt động ở nhiều tốc độ khác nhau thay vì chỉ chạy ON/OFF như điều khiển thông thường. Khi mức nước thay đổi, PLC sẽ gửi tín hiệu analog (4-20mA hoặc 0-10V) để điều chỉnh tốc độ bơm thông qua biến tần.

Khi mức nước trong bể giảm thấp, PLC tăng tần số biến tần để bơm chạy nhanh hơn, bơm nhiều nước hơn. Khi mức nước đạt gần ngưỡng cao, PLC giảm tần số biến tần để bơm chậm lại. Khi mức nước đạt giới hạn, PLC dừng bơm.

Ưu điểm:

- Tiết kiệm năng lượng.
- Khởi động và dừng trơn tru.
- Điều khiển tốc độ linh hoạt.
- Hỗ trợ kênh truyền thông kết nối mạng.

Nhược điểm:

- Chi phí đầu tư ban đầu cao.
- Thao tác vận hành và lắp đặt phức tạp hơn.
- Nhạy cảm với môi trường.
- Chiếm nhiều không gian hơn.

1.3 Các phương pháp điều khiển

1.3.1 Điều khiển bơm bằng phao

Nguyên lý hoạt động:

Phao báo mực nước di chuyển theo sự dao động của mực chất lỏng trong bể chứa. Phao được thiết kế như một công tắc cơ học, nổi trên mặt nước, thường có đối trọng để điều chỉnh mực nước thấp nhất và cao nhất cần kiểm soát. Công tắc cơ học bên trong phao mở hoặc đóng mạch điện, cho phép bật/tắt bơm khi đạt đến mức nước nhất định.

Loại phao là phao gửi dữ liệu bằng tín hiệu số: Sử dụng 1 DI.

1.3.2 Điều khiển bơm bằng cảm biến mức nước

Nguyên lý hoạt động:

Phương pháp này sử dụng cảm biến đo mức nước liên tục. Cảm biến gửi tín hiệu tương tự (4-20mA hoặc 0-10V) về PLC, sau đó PLC tính toán và so sánh với ngưỡng thiết lập để điều khiển bơm. Tùy vào chế độ vận hành thì PLC điều khiển bơm dựa vào các ngưỡng nước hoạt động.

Ưu điểm

- Đo lường chính xác, liên tục.
- Phù hợp cho hệ thống lớn, yêu cầu kiểm soát chặt chẽ.

1.3.3 Điều khiển bơm bằng cảm biến áp suất

Nguyên lý hoạt động:

Phương pháp này sử dụng cảm biến áp suất để đưa dữ liệu áp suất đo được trong đường ống về PLC xử lý và điều khiển bơm tăng áp. Cảm biến có tín hiệu ngõ ra là tín hiệu tương tự (4-20mA hoặc 0-10V). Nhiệm vụ của PLC là điều khiển bơm tăng áp suất trong ống tới ngưỡng hoạt động mà người vận hành mong muốn.

1.3.4 Điều khiển bơm bằng công tắc áp suất

Công tắc áp suất (pressure switch) là một thiết bị điện cơ được sử dụng để phát hiện và điều khiển áp suất trong các hệ thống. Nó hoạt động bằng cách kích hoạt hoặc ngắt một mạch điện khi áp suất đạt hoặc vượt quá ngưỡng cài đặt. Khi áp suất tăng đến một ngưỡng hoạt động bất kỳ thì công tắc sẽ bật và báo cho PLC biết áp suất đã đạt đến ngưỡng đó và nó sẽ điều khiển bơm để chạy tăng áp hoặc cho dừng. Công tắc áp suất gửi tín hiệu số (digital) cho PLC.

1.4 Chọn phương pháp điều khiển

Xuất phát từ yêu cầu cụ thể từ phía khách hàng nên yêu cầu của dự án là sử dụng phương pháp điều khiển bằng khởi động trực tiếp (DOL) kết hợp với cảm biến đo mức nước, phao và áp suất. Nhằm mục đích đảm bảo tính hiệu quả, ổn định và tối ưu chi phí cho hệ thống, đồng thời có thể dễ dàng bảo trì. Mặc dù dòng khởi động cao là một nhược điểm của DOL, nhưng hệ thống có thể chấp nhận được vì công suất bơm không quá lớn. Cùng với đó, tuy không thể điều chỉnh tốc độ của bơm nhưng hệ thống vẫn có thể vận hành hiệu quả thông qua việc điều khiển dựa theo mức nước hoặc áp suất đo được, từ đó tự động đóng/ngắt bơm dựa trên lưu lượng trong bể

Việc kết hợp giữa điều khiển bằng phao điện (điều khiển số), mức nước (điều khiển tương tự), bằng áp suất (điều khiển tương tự hoặc số) sẽ mang lại tính linh hoạt trong cấu hình hệ thống, phù hợp với nhiều mô hình trạm bơm khác nhau.

1.5 Các chức năng bơm trong hệ thống

1.5.1 Bơm DUTY

Bơm DUTY là bơm chính trong hệ thống. Bơm được thiết kế để cung cấp lưu lượng nước và áp suất cần thiết cho hệ thống trong phần lớn thời gian. Nếu bị hư hỏng sẽ có bơm STANDBY thay thế. Nếu không thể đáp ứng được nhu cầu cần thiết, bơm ASSIST sẽ trợ giúp.

- Bơm DUTY thực hiện hầu hết các công việc.
- Bơm DUTY phải có kích thước phù hợp để đáp ứng phần lớn các yêu cầu về lưu lượng và áp suất.
- Vai trò của bơm DUTY nên được hoán đổi vị trí với bơm khác tức là làm việc luân phiên với một máy bơm khác trong hệ thống để làm giảm sự hao mòn và kéo dài tuổi thọ của bơm, quá trình làm việc luân phiên sẽ được cài đặt trong thời gian nhất định.

1.5.2 Bơm ASSIST

Bơm ASSIST sẽ được sử dụng khi máy bơm DUTY không thể tự đáp ứng được các yêu cầu cần thiết, bơm ASSIST sẽ hỗ trợ nhằm tăng cường hiệu suất cho toàn hệ thống. Hiệu suất của bơm ASSIST cần phải phù hợp với bơm DUTY và cần phải cân nhắc trong giai đoạn thiết kế ban đầu.

- Bơm ASSIST chỉ hoạt động khi máy bơm DUTY không thể đáp ứng được nhu cầu cần thiết.
- Không nên thiết kế bơm ASSIST để sử dụng thường xuyên. Còn nếu được sử dụng thường xuyên thì tức là bơm DUTY không đủ lớn.
- Vai trò của bơm ASSIST nên được làm việc luân phiên với một bơm khác trong hệ thống để làm giảm sự hao mòn và kéo dài tuổi thọ của bơm, việc này thường được thực hiện theo khoảng thời gian được cài đặt trước.

1.5.3 Bơm STANDBY

Bơm STANDBY là bơm được sử dụng để dự phòng và có cùng kích thước với máy bơm khác trong hệ thống. Nó chỉ được sử dụng khi máy bơm DUTY hoặc ASSIST bị mất kết nối, bị lỗi hoặc hỏng.

- Nó được sử dụng để thay thế máy bơm 'không hoạt động' trong hệ thống.
- Khi chọn bơm STANDBY nên được chọn bơm giống với bơm DUTY để có thể hoạt động tốt nhất khi cần thay thế.

- Vai trò của bơm STANDBY nên được làm việc luân phiên với một máy bơm khác trong hệ thống để làm giảm sự hao mòn và kéo dài tuổi thọ của hệ thống, việc này thường được thực hiện theo khoảng thời gian được cài đặt trước.

Để đảm bảo quy trình vận hành hoạt động suôn sẻ, liên mạch thì vai trò của hai bơm luân trao đổi qua lại, có thể bơm này chạy DUTY bơm kia chạy ASSIST, sau khi không cần chạy ASSIST nữa thì bơm DUTY ban đầu sẽ tắt và bơm chạy ASSIST giờ sẽ thành bơm DUTY.

1.6 Quy trình công nghệ của tủ điều khiển trạm bơm đa năng

Hệ thống tủ điều khiển trạm bơm đa năng được thiết kế nhằm đáp ứng linh hoạt các nhu cầu đa dạng của khách hàng như bơm nước cấp, cứu hỏa, tưới tiêu, tăng áp,... với khả năng có thể thay đổi tùy thuộc vào kiểu đo lường và chế độ vận hành khác nhau. Hệ thống bắt đầu từ việc thu thập tín hiệu đầu vào từ các cảm biến như cảm biến mức nước, cảm biến áp suất, phao,... và thiết bị mô phỏng. Cụ thể, tín hiệu số từ phao đo mức nước đang có trong bể, trong khi tín hiệu tương tự từ cảm biến mức nước hoặc cảm biến áp suất có thể đo liên tục về trạng thái mức nước trong hệ thống. Ngoài ra, các tín hiệu trạng thái bơm (bật/tắt, lỗi) và thao tác từ nút bấm hoặc công tắc trên mặt tủ cũng được tích hợp để mô phỏng hoạt động thực tế.

Tín hiệu sau khi thu thập được truyền đến bộ điều khiển lập trình PLC. Tại đây, PLC phân tích dữ liệu đã được lập trình sẵn, cho phép chuyển đổi linh hoạt giữa các chế độ đo lường như phao (điều khiển số), mức nước (điều khiển tương tự) hoặc áp suất (điều khiển tương tự). Hệ thống còn có các chế độ chuyển đổi giữa Fill mode (bơm nước vào bể) và Empty mode (bơm nước ra khỏi bể) hoặc Pressure mode (bơm nước theo áp suất), giúp đáp ứng các chế độ vận hành khác nhau. Đối với các ngưỡng mức nước hoặc áp suất cùng với chiều cao của bể và các ngưỡng hoạt động được người sử dụng có thể dễ dàng cài đặt qua giao diện HMI, mang lại sự linh hoạt tối đa. Logic điều khiển bơm được xây dựng để quản lý hai bơm khởi động DOL, với hai chế độ lựa chọn: Duty/ Standby tức là một bơm chạy chính – Duty và một bơm chạy dự phòng - Standby hoặc Duty/ Assist tức là một bơm chạy chính – Duty còn một bơm chạy tăng cường - Assist. PLC còn đảm bảo các chức năng như chạy luân phiên bơm để cân bằng thời gian hoạt động tránh cho một bơm chạy quá lâu còn bơm còn lại chạy quá ít, tự động chuyển sang bơm dự phòng khi bơm chính gặp sự cố và bật/tắt bơm dựa trên ngưỡng mức nước hoặc áp suất đã cài đặt. Các bơm còn được cài đặt thời gian chạy tối đa và tối thiểu để tránh các trường hợp bơm chạy quá lâu hoặc quá ngắn làm giảm tuổi thọ của bơm và gây hư hỏng.

Kết quả xử lý từ PLC được thể hiện qua các đầu ra điều khiển và giám sát. Các lệnh bật/tắt bơm được truyền qua Digital Output (DO), trong khi tín hiệu cảnh báo hoặc trạng thái hệ thống (như mức nước cao/thấp, lỗi bơm) được gửi đến hệ thống BMS thông qua DO hoặc tín hiệu tương tự (Analog Output - AO) để truyền giá trị mức nước/áp suất. Đồng thời, giao diện HMI đóng vai trò hiển thị và tương tác với người dùng, cung cấp các trang chức năng như P&ID (sơ đồ hệ thống), Setting mode (cài đặt chế độ), Alarm (cảnh báo) và Trend (xu hướng dữ liệu).

Quy trình vận hành của hệ thống gồm có ba chức năng điều khiển chính: Empty, Fill và Pressure. Cả ba chế độ này đều được chia thành 2 chế độ sử dụng tín hiệu số (digital) và sử dụng tín hiệu tương tự (analog), trong mỗi chế độ này còn có 2 chế độ chạy bơm là Standby và Assist. Với Fill mode, ở cả chế độ sử dụng tín hiệu số hay tương tự thì khi chọn chế độ Duty/ Assist, khi mức nước trong bể giảm xuống dưới ngưỡng thấp, PLC sẽ kích hoạt bơm Duty để bơm nước vào bể; nếu mức nước quá thấp bơm Assist sẽ khởi động để hỗ trợ, còn khi chọn chế độ Duty/ Standby, 2 bơm sẽ chạy luân phiên nhau. Khi mức nước đạt ngưỡng giá trị cao, cả hai bơm sẽ dừng lại. Ngược lại, trong Empty mode, khi mức nước vượt ngưỡng giá trị cao, khi chọn chế độ bơm Duty/ Assist bơm Duty được kích hoạt để bơm nước ra khỏi bể và bơm Assist sẽ được bật nếu mức nước trong bể quá cao, ở chế độ Duty/ Standby, bơm Standby sẵn sàng thay thế nếu bơm chính gặp sự cố, nếu không gặp sự cố 2 bơm sẽ thay phiên nhau bơm. Ngoài ra còn có một chế độ manual mode để giúp người dùng có thể tự do điều khiển bơm khi cần bảo trì hoặc hư hỏng các cảm biến và không thể điều khiển được bơm.

1.7 Các chế độ hoạt động trong hệ thống

1.7.1 Chế độ bơm làm đầy (Fill mode)

Chế độ bơm làm đầy (Fill) được sử dụng khi mục tiêu là cần duy trì hoặc nâng cao mức nước trong bể chứa. Hệ thống sẽ kích hoạt bơm khi mức nước giảm xuống dưới một ngưỡng giá trị đã cài đặt và ngắt bơm khi mực nước vượt quá ngưỡng giá trị cao đã cài đặt.

Trong chế độ bơm đầy, tín hiệu input được bao gồm 2 kiểu tín hiệu là mức nước (level transmitter) sử dụng tín hiệu tương tự và phao (float switch) sử dụng tín hiệu số, trong mỗi kiểu tín hiệu đều có 2 chế độ bơm là Duty/Standby và Duty/Assist.

1.7.2 Chế độ bơm rút nước (Empty mode)

Chế độ bơm rút nước (Empty mode) được sử dụng khi mục tiêu là cần xả nước khỏi bể chứa. Hệ thống sẽ kích hoạt bơm khi mức nước đạt ngưỡng cao và ngắt bơm khi mức nước giảm xuống dưới ngưỡng giá trị thấp đã cài đặt.

Trong chế độ bơm rút, tín hiệu input được bao gồm 2 kiểu tín hiệu là mức nước (level transmitter) sử dụng tín hiệu tương tự và phao (float switch) sử dụng tín hiệu số, trong mỗi kiểu tín hiệu đều có 2 chế độ bơm là Duty/Standby và Duty/Assist.

1.7.3 Chế độ áp suất (Pressure mode)

Chế độ điều khiển bơm theo áp suất được sử dụng để tăng áp suất và duy trì ổn định trong hệ thống ống dẫn. Ta lắp 2 bơm song song với nhau để áp suất đầu ra của hệ thống không thay đổi nhưng vẫn có thể thay đổi lưu lượng nước. Hệ thống sẽ điều chỉnh hoạt động của bơm dựa trên tín hiệu từ cảm biến áp suất hoặc công tắc áp suất, đảm bảo áp suất luôn nằm trong phạm vi mong muốn.

Trong chế độ áp suất, tín hiệu input được bao gồm 2 kiểu tín hiệu là áp suất (pressure transmitter) sử dụng tín hiệu tương tự và công tắc áp suất (pressure switch) sử dụng tín hiệu số, trong mỗi kiểu tín hiệu này đều có 2 chế độ bơm là Duty/Standby và Duty/Assist.

Đơn vị đo áp suất được sử dụng là kPa, đây là một đơn vị đo áp suất trong hệ đo lường quốc tế.

$$100 \text{ kPa} = 1 \text{ Bar}$$

1.7.4 Chế độ điều khiển bằng tay (Manual mode)

Trong quá trình vận hành hệ thống, sẽ có nhiều trường hợp chúng ta cần đến chế độ điều khiển bằng tay như: kiểm tra, bảo trì hệ thống, hư hỏng các loại cảm biến,... từ đó không thể chạy bơm đúng với quy trình. Việc thêm chế độ điều khiển bằng tay có thể giúp người vận hành có thể tự điều khiển bơm thông qua các nút nhấn bật/tắt bơm, từ đó đảm bảo người dùng có thể kiểm tra các lỗi gặp phải và giúp cho quá trình vận hành hệ thống không bị gián đoạn.

1.8 Kết luận chương 1

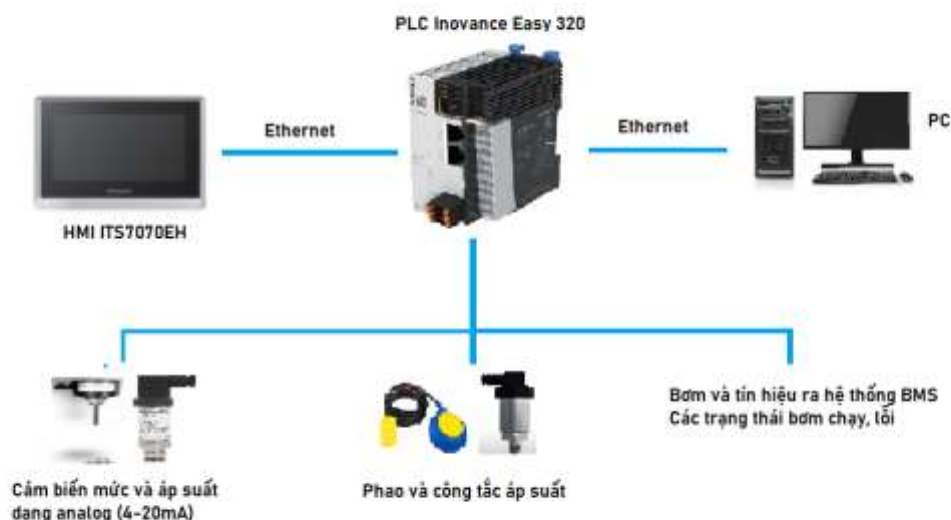
Trong chương đầu tiên này, chúng em đã giới thiệu tổng quan về đề tài "Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng", gồm có các phương pháp điều khiển, phương pháp khởi động, các chế độ vận hành, các chức năng của bơm và cấu trúc tổng thể của hệ thống. Qua đó, giúp định hướng rõ ràng mục tiêu và yêu cầu cần đạt được trong quá trình thiết kế hệ thống điều khiển trạm bơm đa năng.

CHƯƠNG 2: PHÂN TÍCH MÔ HÌNH HỆ THỐNG

2.1 Giới thiệu tổng quan hệ thống

Hệ thống gồm hai cấp gồm cấp điều khiển và cấp trường. Ở cấp trường gồm có các thiết bị như bơm, thiết bị đo lường tín hiệu analog như cảm biến mức, áp suất và tín hiệu digital như phao, công tắc áp suất. Ở cấp điều khiển gồm bộ điều khiển PLC và màn hình HMI.

PLC kết nối với HMI bằng chuẩn truyền thông RS485 qua COM1, HMI kết nối với trạm PC bằng mạng truyền thông Ethernet qua cổng Ethernet 1 và Ethernet 2 trên PLC. Ở đây PLC đóng vai trò như một bộ switch để HMI và PC giao tiếp với nhau. Các cảm biến mức nước và áp suất dạng analog sẽ gửi dữ liệu vào PLC qua module mở rộng analog GE20-2AD1DA-I, còn phao điện và công tắc áp suất sẽ qua module mở rộng digital GE20-4DI.



Hình 2.1 Kiến trúc truyền thông của hệ thống

2.2 Các thiết bị phần cứng của hệ thống

2.2.1 Các thiết bị cấp trường

Bao gồm bơm, các thiết bị đo lường như phao điện, công tắc áp suất và các cảm biến analog được kết nối qua các module mở rộng analog hay digital tương ứng với kiểu tín hiệu.

2.2.2 Chọn các thiết bị cấp điều khiển

2.2.2.1 PLC

PLC (viết tắt của Programmable Logic Controller) là thiết bị cho phép lập trình thực hiện các thuật toán điều khiển logic. Bộ lập trình PLC nhận tác động các sự kiện bên ngoài thông qua ngõ vào (input) và thực hiện hoạt động thông qua ngõ ra (output). PLC hoạt động theo phương thức quét các trạng thái trên đầu ra và đầu vào. Khi có sự thay đổi bất kỳ từ ngõ vào, dựa theo logic chương trình ngõ ra tương ứng sẽ thay đổi.



Hình 2.2 PLC Easy320

PLC Easy320 thuộc dòng sản phẩm EASY PLC của hãng Inovance. Easy320 là dòng PLC đa năng, có thể kết nối Ethernet/IP, truyền thông CANopen, RS485 và RS232. Có thể đáp ứng nhiều nhu cầu khác nhau của người dùng đối với thiết bị tự động hóa nhỏ và vừa. Phù hợp với các ứng dụng có yêu cầu nghiêm ngặt, điều khiển vận hành đa trục, kiểm soát nhiệt độ, mạng lưới truyền thông và các tình huống khác nhau. PLC Easy320 là sự lựa chọn lý tưởng khi nói đến việc thực hiện linh hoạt và hiệu quả các tác vụ tự động hóa trong phạm vi hiệu suất thấp đến trung bình

Bảng 2.1 Thông số kỹ thuật của PLC Inovance Easy320

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng

Thông số	Chi tiết
Mở rộng I/O	Cho phép kết nối tối đa module I/O (gồm DI, DO, AI, AO).
Khe cắm mở rộng	2 khe cắm (Slot A và Slot B) cho các module mở rộng GE20.
Digital I/O	16 DI, 16 DO
Analog I/O	Hỗ trợ mở rộng AI/AO qua module GE20-2AD1DA-I
Truyền thông	Hỗ trợ Modbus RTU/TCP, CANopen, Ethernet/IP
Nguồn cấp	24 VDC \pm 10% (từ 21.6 VDC đến 26.4 VDC).
Phần mềm lập trình	Phần mềm lập trình AutoShop
Nhiệt độ hoạt động	-20°C đến 55°C (nằm ngang), -20°C đến 45°C (nằm dọc)
Số lượng module mở rộng tối đa	16 module

2.2.2.2 Module mở rộng

- Module mở rộng GE20-4DI



Hình 2.3 Module mở rộng GE20-4DI

GE20-4DI là module mở rộng tín hiệu đầu vào digital gồm 4 đầu vào, dùng để nhận và đọc tín hiệu từ phao điện và công tắc áp suất

Bảng 2.2 Thông số kỹ thuật của module mở rộng GE20-4DI

Thông số	Chi tiết
-----------------	-----------------

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng

Loại module	Module mở rộng đầu vào tín hiệu digital
Vị trí cắm	Slot A/B
Số kênh	4 (24VDC, sink/source)
Chức năng	Đọc tín hiệu digital

- Module mở rộng GE20-2AD1DA-I



Hình 2.4 Module mở rộng GE20-2AD1DA-I

GE20-2AD1DA-I là module mở rộng tín hiệu analog, cung cấp 2 ngõ vào analog và 1 ngõ ra analog dạng dòng điện, phù hợp cho việc đo lường và điều khiển các thiết bị như cảm biến áp suất, mức nước,...

Bảng 2.3 Thông số kỹ thuật của module mở rộng GE20-2AD1DA-I

Thông số	Chi tiết
Loại module	Module mở rộng tín hiệu analog
Vị trí cắm	Slot A/B
Chức năng chính	Đọc và xuất tín hiệu analog
Số kênh vào analog	2 kênh (0–10V hoặc 4–20mA)
Số kênh ra analog	1 kênh (0–20mA)
Độ phân giải	12 bit
Độ chính xác	±1% tại 25°C
Nguồn cấp	Lấy nguồn từ PLC qua khe cắm
Nhiệt độ hoạt động	-20°C ~ 55°C

2.2.2.3 HMI

HMI (viết tắt của Human Machine Interface) là một giao diện giữa người dùng và máy móc. Nó thường là một màn hình hiển thị có chức năng hiển thị và điều khiển, giúp người vận hành dễ dàng tương tác và kiểm soát các thiết bị và hệ thống bơm.

Với hệ thống này, chúng em lựa chọn màn hình HMI ITS7070EH-G 7inch. Đây là model màn hình HMI 7inch tích hợp Ethernet thông minh, cấu hình mạnh mẽ, kết nối đa dạng với bất kì hệ thống điều khiển nào của hãng Inovance, được ứng dụng trong rộng rãi các ngành công nghiệp với đa dạng các ưu điểm như: Độ sắc nét cao, hệ điều hành cao cấp, bộ nhớ với dung lượng lớn. Hỗ trợ đa dạng các loại truyền thông phổ biến. Cáp lập trình là cổng USB phổ biến.

Một số các tính năng nổi bật của HMI ITS7070EH-G như:

- Giao diện người dùng thân thiện: Hệ điều hành Linux với giao diện kiểu Android mang lại trải nghiệm người dùng mượt mà và dễ sử dụng.
- Hỗ trợ nhiều giao thức truyền thông: Tích hợp các cổng giao tiếp như RS232, RS422/RS485 và Ethernet, cho phép kết nối linh hoạt với các thiết bị PLC và hệ thống SCADA.
- Cập nhật và bảo trì dễ dàng: Hỗ trợ cập nhật firmware và chương trình màn hình thông qua cổng USB hoặc thẻ nhớ Micro SD, thuận tiện cho việc bảo trì và nâng cấp hệ thống.
- Phần mềm lập trình InoTouch PAD: Sử dụng phần mềm InoTouch PAD để thiết kế và lập trình giao diện HMI, hỗ trợ mô phỏng offline và online, giúp giảm thời gian triển khai và kiểm tra hệ thống.



Hình 2.5 HMI ITS7070EH-G

Bảng 2.4 Thông số kỹ thuật của HMI ITS7070EH-G

Thông số	Chi tiết
Kích thước màn hình	7 inch
Độ phân giải	800 x 480 pixels
Hệ điều hành	Linux với giao diện kiểu Android
Bộ xử lý	Cortex A8 600MHz
Bộ nhớ RAM	128MB DDR3
Bộ nhớ Flash	128MB
Giao tiếp	COM1: RS422/RS485, COM2: RS232, COM3: RS485, Ethernet RJ45 10/100M, USB Type A & B
Khe cắm thẻ nhớ	Hỗ trợ Micro SD (chỉ có trên một số model)
Nguồn cấp	24 VDC \pm 20%
Dòng tiêu thụ	250mA
Cấp bảo vệ mặt trước	IP65
Nhiệt độ hoạt động	-10°C đến 55°C

2.3 Tính chọn các phần tử ở cấp trường

2.3.1 Giới thiệu về bơm

Số lượng bơm yêu cầu là 2 bơm được điều khiển khởi động DOL, có 2 chế độ lựa chọn: Standby – một bơm chạy (Duty) một bơm dự phòng (Standby) hoặc chế độ Assist – Một bơm chạy (Duty) và một bơm chạy tăng cường (Assist)

Bơm sẽ được dùng cho hệ thống có quy mô nhỏ đến trung bình. Vì vậy chúng em đề xuất sử dụng các loại bơm có công suất từ 0.75 kW đến 2.2 kW, sử dụng điện áp 3 pha 380V tùy theo điều kiện lắp đặt thực tế.

Chọn bơm Pentax CM 32-160B với thông số kỹ thuật:



Hình 2.6 Bơm Pentax CM 32-160B

Bảng 2.5 Thông số kỹ thuật của Bơm Pentax CM 32-160B

Thông số kỹ thuật	
Lưu lượng (Q)	24 m ³ /h
Cột áp (H)	Tối đa 29 m
Công suất (P)	2,2KW / 3,0HP
Điện áp	3 pha, 380V, 50Hz
Áp suất định mức	10 bar
Cấp Độ Chống Nước	IP 55

2.3.2 Tính chọn các thiết bị trong tủ

*Tính chọn aptomat

Dòng định mức của bơm là 4.47A

Dòng điện cho aptomat (với hệ số an toàn 1.25)

$$I_{CB} = I * 1,25 = 4.47 * 1.25 \approx 5.6A \quad (2.1)$$

=> Ta chọn được aptomat **LS MCB LS BKN 6A 3P 6kA**

Bảng 2.6 Thông số kỹ thuật của aptomat LS MCB LS BKN

Dòng điện định mức	6A
Dòng cắt	6kA
Dòng định mức của bơm	4.47A

* Tính chọn contactor:

Tính dòng điện định mức của động cơ:

Chọn $\cos \varphi$ (hệ số công suất) là 0.85, η (hiệu suất) là 0.88 ta có:

Công suất điện đầu vào:

$$P_{dien} = \frac{P_{co}}{\eta} = \frac{2200}{0.88} = 2500W \quad (2.2)$$

Dòng định mức của bơm:

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng

$$I_{dm} = \frac{P_{dien}}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi} = \frac{2500}{\sqrt{3} * 380 * 0.85} \approx 4.47 A \quad (2.3)$$

Dòng chịu tải của Contactor = Dòng điện định mức x Hệ số khởi động (hệ số khởi động = 1.2 ~ 1.5)

$$\Rightarrow I_{ct} = 1.3 * 4.47 \approx 5.8 A \quad (2.4)$$

Vậy chọn contactor **LS MC-9a 380V 9A**

Bảng 2.7 Thông số kỹ thuật của contactor LS MC-9a

Dòng chịu tải	9A
Số cực	3 cực
Dòng định mức của bơm	4.47A

*Tính chọn rơ le nhiệt:

Dòng điện định mức của động cơ là 4.47A

Vậy chọn rơ le nhiệt **LS MT-12 (4-6A)**

Bảng 2.8 Thông số kỹ thuật của rơ le nhiệt LS MT-12

Dải điều chỉnh	4-6A
Cấp độ bảo vệ	IP20

2.3.3 Chọn các cảm biến

Tuy việc lựa chọn các thiết bị và cảm biến sẽ tùy thuộc vào nhu cầu, quy mô dự án, ngân sách của khách hàng hoặc ứng dụng vào các công trình khác nhau. Nhưng trong quá trình thiết kế dự án, người thực hiện nên đưa ra một số các đề xuất cấu hình thiết bị phù hợp để khách hàng có thể tham khảo, cũng như để có thể thuận tiện cho việc bảo trì hoặc mở rộng dự án trong tương lai.

2.3.3.1 Công tắc phao

Công tắc phao (Float switch) là một thiết bị không thể thiếu trong hệ thống cấp nước cho các gia đình, tòa nhà và công trình. Nó hoạt động dựa trên nguyên lý mực nước để điều

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng

khởi hoạt động của máy bơm, đảm bảo nguồn nước luôn đầy đủ mà không bị tràn hoặc cạn. Công tắc phao gồm hai thành phần chính: phao và công tắc.

Khi mực nước trong bể chứa dâng cao, phao sẽ nổi lên và kéo theo que dài, tác động lên công tắc để mở hoặc tắt mạch điện. Khi mực nước thấp, phao sẽ hạ xuống và máy bơm tự động bật để bơm nước vào bể. Như vậy, công tắc phao giúp điều chỉnh mực nước hiệu quả, đảm bảo an toàn và tiết kiệm điện năng.

Chọn công tắc phao nổi kín nước cấp 5m hình tròn có các thông số như bảng.



Hình 2.7 Công tắc phao

Bảng 2.9 Thông số kỹ thuật của công tắc phao

THÔNG SỐ KỸ THUẬT	
Nhiệt độ tối đa	50°C
Cấp độ bảo vệ	IP68
Số lượng	4

Ưu điểm:

- Tự động ngắt máy bơm nước khi bể đầy hoặc cạn, tự động bật máy bơm nước khi bể vơi nước hoặc đầy nước. Giữa 2 mức nước có thể điều chỉnh được với khoảng cách lớn.
- Chống rò điện ra bể nước, chống nước ngấm vào các tiếp điểm phao điện.
- Số lần bật tắt máy bơm từ 10,000 lần đến 50,000 lần tùy vào ứng dụng.

2.3.3.2 Công tắc áp suất

Công tắc áp suất (Pressure switch) là thiết bị dùng để phát hiện và đo lường sự thay đổi áp suất trong hệ thống. Công tắc áp suất mở hoặc đóng khi áp suất đạt tới mức được đặt

trước hay thường được gọi là Setpoint. Tùy vào loại công tắc và nhà cung cấp, các setpoint được đặt cố định hoặc có thể điều chỉnh.

Một công tắc áp suất thường được cấu tạo từ các thành phần chính sau:

- Phần tử phát hiện áp suất.
- Cơ cấu chuyển đổi.
- Bộ phận điều chỉnh điểm đặt.
- Công tắc điện.

Nguyên lý hoạt động của công tắc áp suất dựa trên sự thay đổi áp suất trong hệ thống: Khi áp suất tăng hoặc giảm, phần tử cảm biến (như màng ngăn) sẽ biến dạng. Sự biến dạng này được chuyển đổi thành chuyển động cơ học thông qua cơ cấu chuyển đổi. Khi áp suất đạt đến giá trị cài đặt, chuyển động cơ học sẽ kích hoạt công tắc điện. Công tắc điện đóng hoặc mở mạch, tạo ra tín hiệu điều khiển cho các thiết bị khác trong hệ thống.

Chọn công tắc áp suất có thông số như bảng.



Hình 2.8 Công tắc áp suất

Bảng 2.10 Thông số kỹ thuật của công tắc áp suất

THÔNG SỐ KỸ THUẬT	
Phạm vi áp suất	1-10 bar
Nhiệt độ làm việc	-20°C đến 80°C
Cấp độ bảo vệ	IP65
Số lượng	4

2.3.3.3 Cảm biến mức nước

Cảm biến mức nước dạng analog là thiết bị đo lường có chức năng là đo liên tục chiều cao mức nước trong bể và xuất ra tín hiệu điện tương ứng 4–20mA để truyền về PLC. Khác với cảm biến phao chỉ phát hiện mức ON/OFF tại các điểm cố định, cảm biến analog cung cấp giá trị tuyến tính, giúp hệ thống điều khiển xử lý linh hoạt và chính xác hơn. Hơn hết cảm biến còn cho phép lập trình nhiều ngưỡng mức nước khác nhau để điều khiển đóng/ngắt bơm.

Chọn cảm biến mức siêu âm loại dây với với thông số kỹ thuật:



Hình 2.9 Cảm biến mức siêu âm loại dây

Bảng 2.11 Thông số kỹ thuật của cảm biến mức siêu âm loại dây

THÔNG SỐ KỸ THUẬT	
Dải đo	0 : 10 m
Tín hiệu ngõ ra	4-20 mA (2 dây)
Nhiệt độ làm việc	-10-50 °C
Sai số tiêu chuẩn	± 0,5 %
Cấp độ bảo vệ	IP67
Số lượng	1

Cảm biến mức nước siêu âm có thể đo liên tục mức chất lỏng trong bể mà không cần tiếp xúc. Cảm biến được treo trên nắp bể, hoạt động dựa trên nguyên lý phát và thu sóng siêu âm phản xạ từ mặt nước. Cảm biến này còn có thể chống nhiễu vật cản và cung cấp dữ liệu theo thời gian thực.

2.3.3.4 Cảm biến áp suất

Chức năng:

Cảm biến liên tục đo áp suất của dòng chất lỏng ngay tại đầu ra của máy bơm. Giá trị đo được được so sánh với các giá trị áp suất cài đặt trước, giúp bảo vệ bơm và phát hiện rò rỉ, tắc nghẽn

- Nếu áp suất quá thấp: Áp suất đo được thấp hơn mức cài đặt, cảm biến sẽ gửi tín hiệu báo động và kích hoạt:

Tắt máy bơm: Ngăn chặn máy bơm hoạt động không tải, gây quá nhiệt.

Mở van xả (nếu có): Giảm áp suất trong hệ thống.

- Nếu áp suất quá cao: Áp suất đo được cao hơn mức cài đặt, cảm biến sẽ gửi tín hiệu báo động và kích hoạt:

Tắt máy bơm: Ngăn chặn máy bơm hoạt động quá tải.

Mở van an toàn (nếu có): Giảm áp suất đột ngột trong hệ thống.

Vị trí lắp đặt:

- Cảm biến áp suất được lắp đặt trên đường ống để đo áp suất.

Nếu dự án có sử dụng thêm các loại van an toàn hoặc van xả thì có thể lắp đặt thêm cảm biến áp suất ở các vị trí:

- Van an toàn: Lắp đặt ngay sau máy bơm để bảo vệ hệ thống khỏi áp suất quá cao.

- Van xả: Lắp đặt trên đường ống phân nhánh để điều chỉnh lưu lượng nước đến các khu vực khác nhau.

Chọn cảm biến áp suất với thông số kỹ thuật như bảng.



Hình 2.10 Cảm biến áp suất

Bảng 2.12 Thông số kỹ thuật của cảm biến áp suất

THÔNG SỐ KỸ THUẬT	
Dải đo	0 : 10 bar
Tín hiệu ngõ ra	4-20 mA (2 dây)
Nhiệt độ làm việc	0-85 °C
Sai số tiêu chuẩn	± 0,5 %
Cấp độ bảo vệ	IP65
Số lượng	1

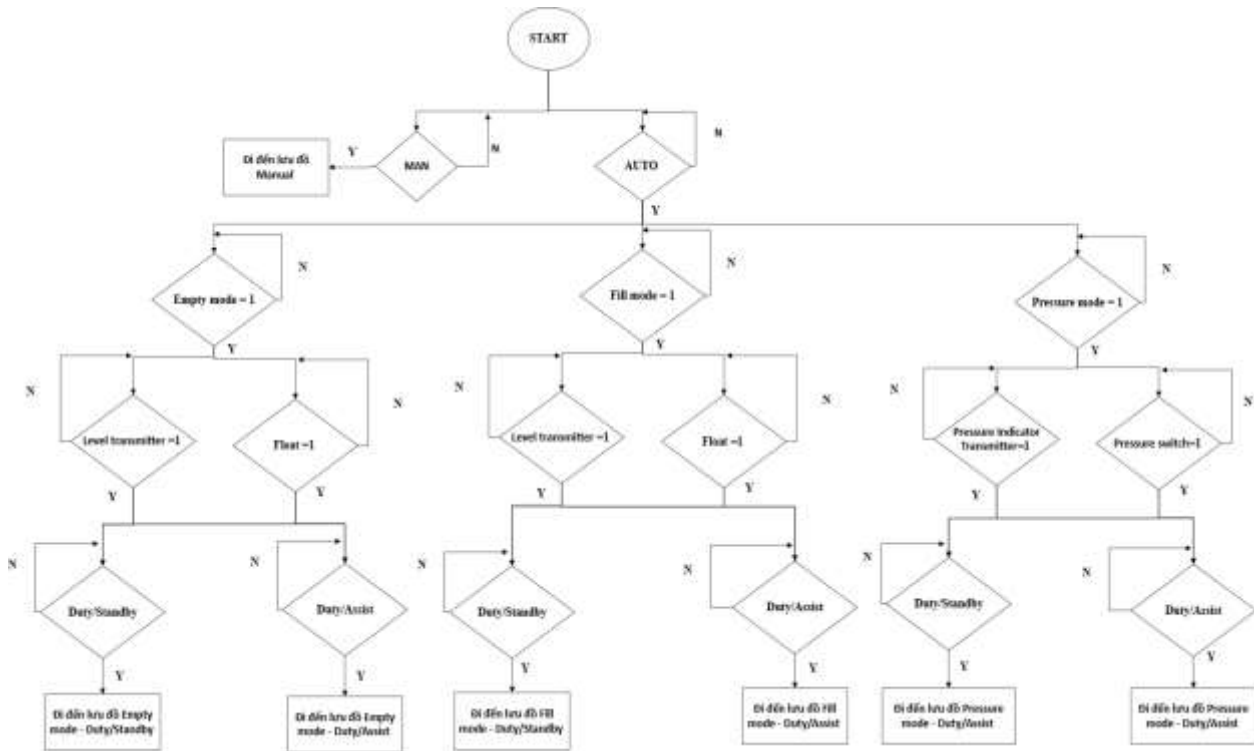
2.4 Kết luận chương 2

Trong chương 2, chúng em đã phân tích và lựa chọn các thiết bị điều khiển hệ thống, gồm có PLC Inovance Easy320, HMI ITS7070EH-G, các module mở rộng, đồng thời đưa ra các thông số tham khảo của bơm và các thiết bị cảm biến đo lường như phao điện, công tắc áp suất, cảm biến mức nước và áp suất để người dùng có thể tham khảo khi lựa chọn, đảm bảo khả năng đáp ứng các yêu cầu vận hành của hệ thống. Ngoài ra, chúng em còn phân tích kiến trúc truyền thông giữa các thành phần, giúp hệ thống hoạt động ổn định và đồng bộ. Việc lựa chọn và thiết kế các thành phần phần cứng này là nền tảng quan trọng để chúng em có thể xây dựng được hệ thống điều khiển hiệu quả trong chương tiếp theo.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG

3.1 Quy trình điều khiển của hệ thống:

Lưu đồ thuật toán toàn hệ thống:



Hình 3.1 Lưu đồ thuật toán toàn hệ thống

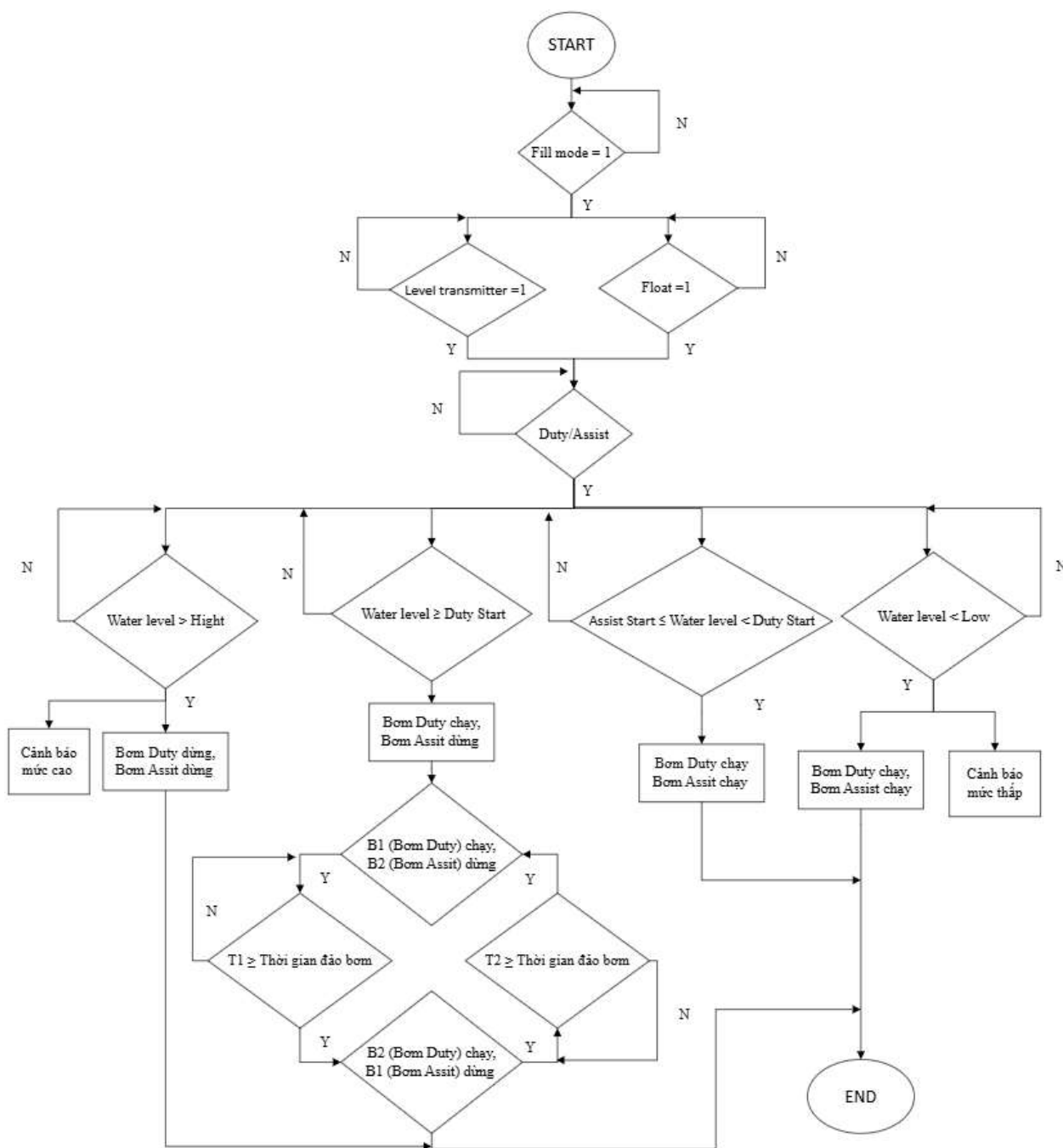
Quy trình điều khiển toàn hệ thống:

Hệ thống được chia thành 3 chế độ chính là Fill mode, Empty mode và Pressure mode. Trong mỗi chế độ này còn được chia thành 2 chế độ khác là sử dụng tín hiệu tương tự (analog) và sử dụng tín hiệu số (digital), trong mỗi 2 chế độ này còn được chia thành 2 chế độ khác là Duty/Standby và Duty/ Assist. Người vận hành còn có thể tùy ý tùy chỉnh cài đặt các thông số như chiều cao của bể, thời gian chạy tối đa và tối thiểu của từng bơm cũng như là các thông số mức thấp (Low), mức nước cao (High), mức nước chạy bơm Assist, mức nước chạy bơm Duty.

Chế độ Fill mode, đây là chế độ giúp đồ đầy bể chứa, chế độ này được chia thành 2 chế độ khác nhau là level transmitter sử dụng tín hiệu tương tự và float sử dụng tín hiệu số, mỗi chế độ này được chia thành 2 chế độ khác là Duty/Standby và Duty/Assist.

đó thay thế bơm Duty hoạt động, 2 bơm sẽ được chạy luân phiên thay đổi vị trí cho nhau sau khoảng thời gian được cài đặt để có thể kéo dài tuổi thọ của bơm.

Lưu đồ thuật toán ở chế độ Duty/Assist của Fill mode:



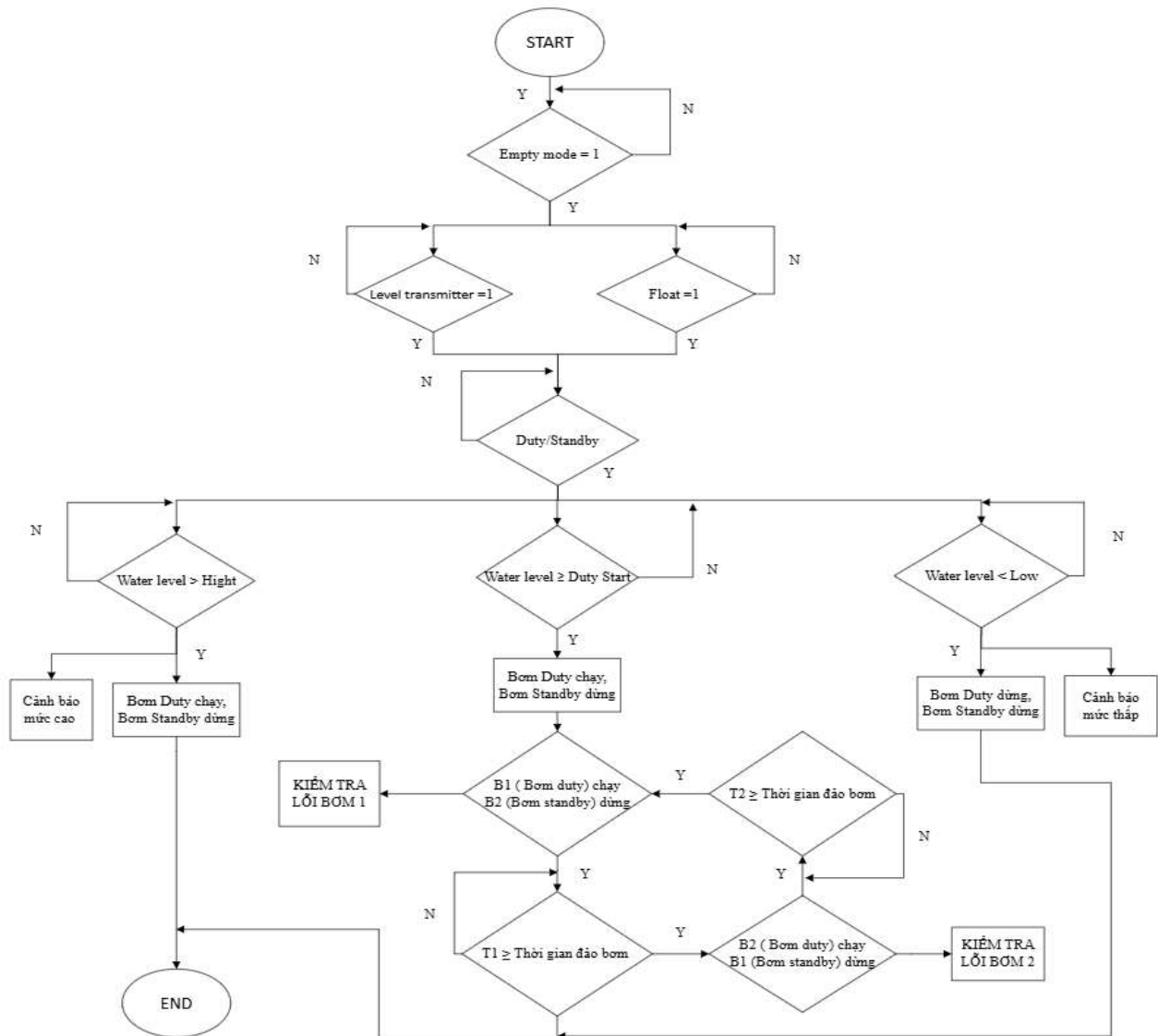
Hình 3.3 Lưu đồ thuật toán Duty/Assist ở Fill mode

Ở chế độ Duty/Assist của Fill mode, khi mức nước từ mức thấp đến mức Assist thì cả 2 bơm Duty và Assist đều sẽ hoạt động, khi mức nước vượt quá giá trị mức Assist hệ thống

sẽ chỉ chạy 1 bơm Duty; Khi mức nước dưới mức thấp sẽ được cảnh báo mức thấp và khi trên mức cao sẽ dừng bơm và cảnh báo mức cao.

Ngược lại ở chế độ Empty mode, đây là chế độ xả nước ra khỏi bể, chế độ này cũng được chia thành 2 chế độ khác nhau là level transmitter sử dụng tín hiệu tương tự và float sử dụng tín hiệu số, mỗi chế độ này được chia thành 2 chế độ khác là Duty/Standby và Duty/Assist;

Lưu đồ thuật toán ở chế độ Duty/Standby của Empty mode:

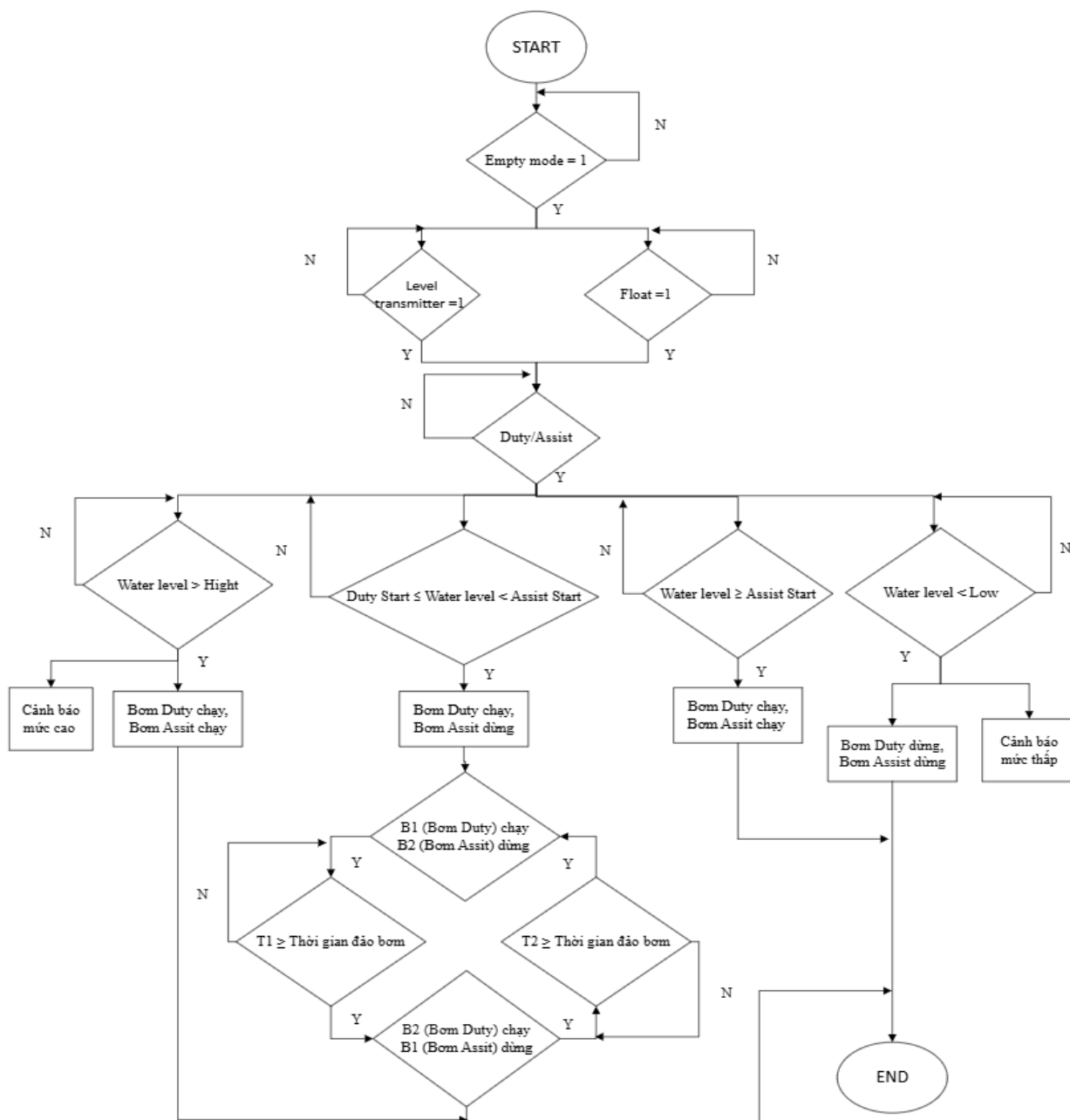


Hình 3.4 Lưu đồ thuật toán Duty/Standby ở Empty mode

Ở chế độ Duty/Standby của Empty mode, khi mức nước từ khoảng mức cao đến mức thấp bơm Duty sẽ hoạt động còn bơm Standby sẽ đợi đến khi bơm Duty gặp sự cố sau đó thay

thế bơm Duty hoạt động, 2 bơm sẽ được chạy luân phiên thay đổi vị trí cho nhau sau một khoảng thời gian được cài đặt.

Lưu đồ thuật toán ở chế độ Duty/Assist của Empty mode:



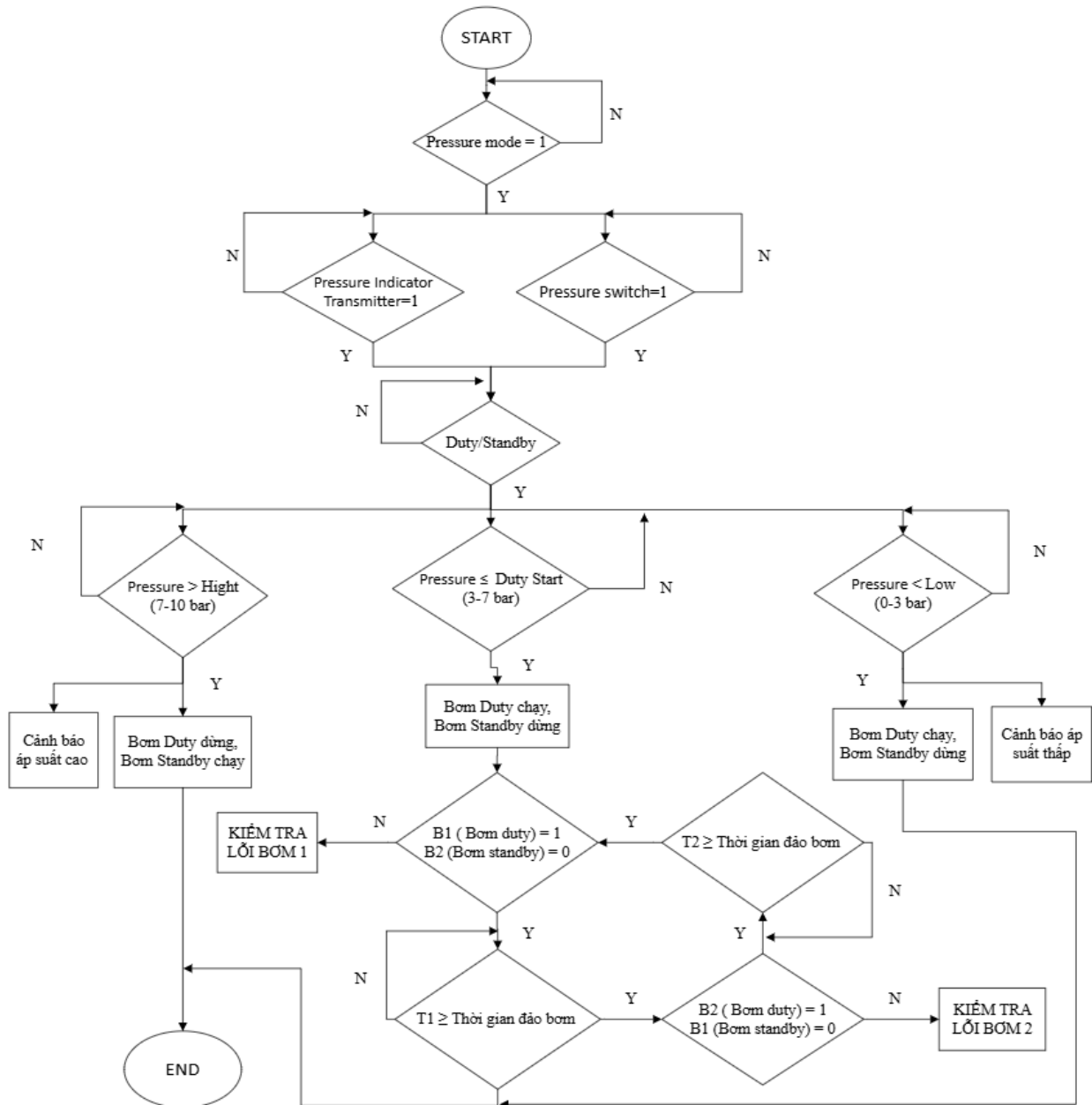
Hình 3.5 Lưu đồ thuật toán Duty/Assist ở Empty mode

Ở chế độ Duty/Assist của Empty mode, mức nước từ mức cao đến mức Assist thì cả 2 bơm Duty và Assist đều sẽ hoạt động, khi mức nước vượt quá giá trị mức Assist hệ thống sẽ chỉ chạy 1 bơm Duty; Khi mức nước dưới mức thấp cả 2 bơm sẽ dừng hoạt động và cảnh báo

mức thấp, còn khi trên mức cao hệ thống sẽ cảnh báo mức cao và cả 2 bơm đều sẽ hoạt động.

Chế độ Pressure mode gần giống với chế độ Fill mode nhưng điều khiển bơm theo tín hiệu tương tự của cảm biến áp suất, 2 chế độ pressure indicator transmitter và pressure switch hoạt động gần như giống nhau và trong mỗi chế độ này có 2 chế độ là Duty/Standby và Duty/Assist.

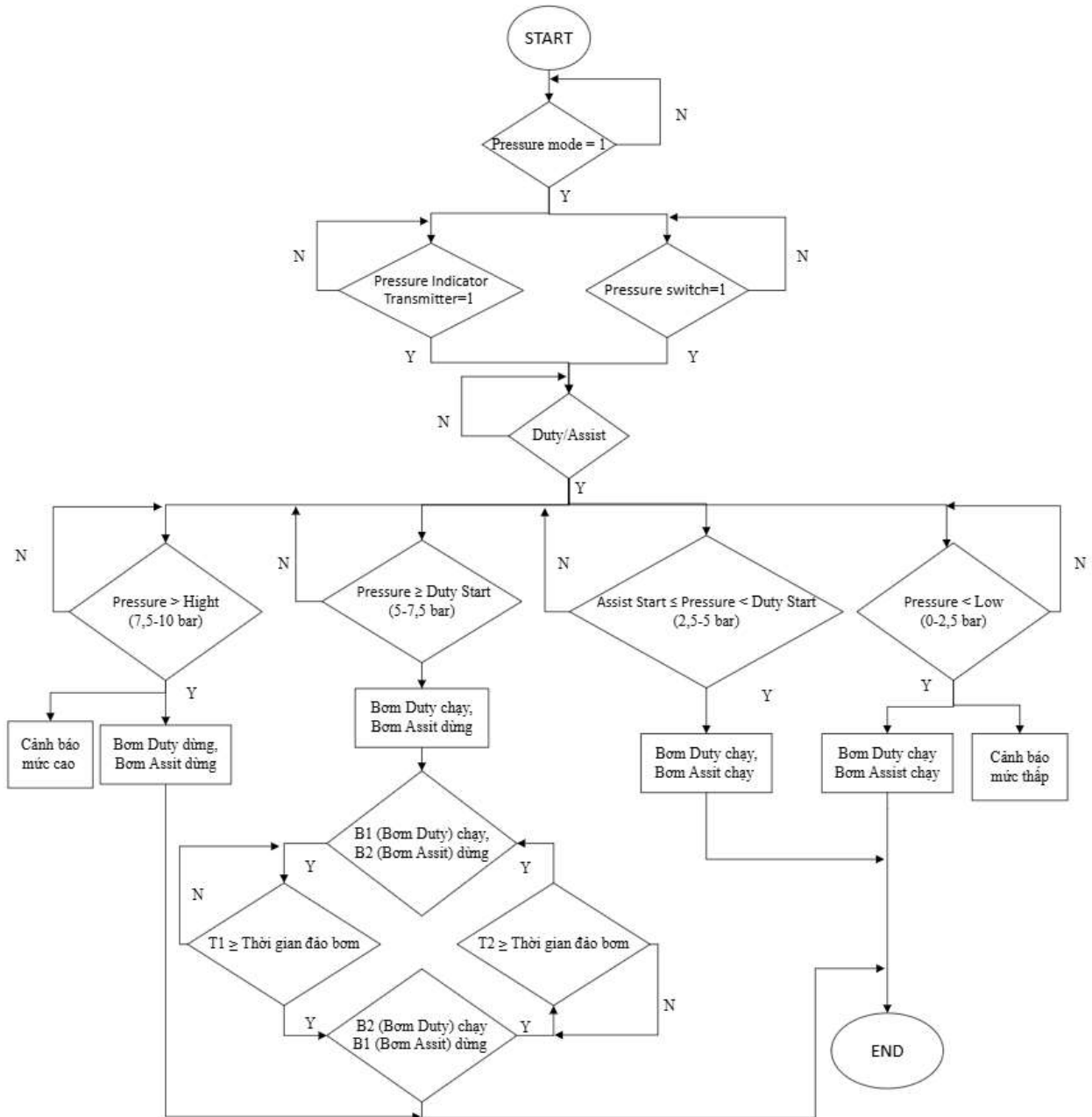
Lưu đồ thuật toán ở chế độ Duty/Standby của Pressure mode:



Hình 3.6 Lưu đồ thuật toán Duty/Standby ở Pressure mode

Ở chế độ Duty/Standby khi áp suất nằm trong khoảng từ áp suất thấp đến áp suất cao thì chỉ có bơm Duty hoạt động, còn bơm Standby sẽ dự phòng trường hợp lỗi bơm Duty. Khi áp suất quá thấp bơm Duty vẫn sẽ hoạt động và cảnh báo áp suất thấp. Còn khi áp suất quá lớn cả 2 bơm Duty và Standby đều không được hoạt động.

Lưu đồ thuật toán ở chế độ Duty/Assist của Pressure mode:

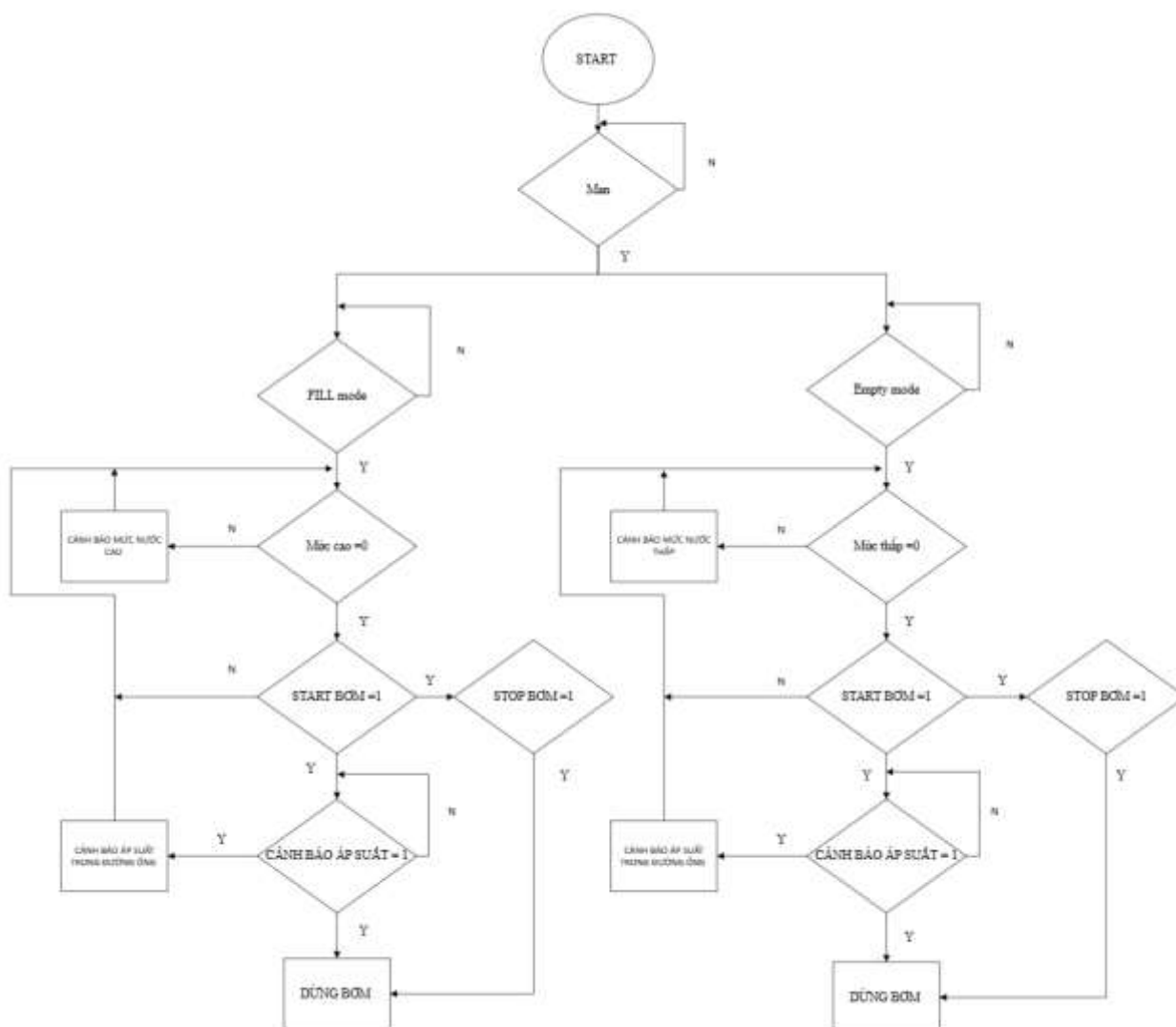


Hình 3.7 Lưu đồ thuật toán Duty/Assist ở Pressure mode

Ở chế độ Duty/Assist, mức áp suất thấp đến mức áp suất cài đặt Assist thì 2 bơm đều sẽ hoạt động, khi vượt quá giá trị áp suất cài đặt Assist thì chỉ còn 1 bơm hoạt động; Khi áp suất vượt quá giá trị cài đặt áp suất cao, cả 2 bơm sẽ dừng bơm và cảnh báo áp suất cao.

Hệ thống còn có chế độ bằng tay Manual mode, để có thể tự bật tắt bơm theo ý muốn người dùng, phòng trường hợp lỗi hệ thống hoặc hư hỏng các thiết bị cảm biến cũng như các trường hợp bảo trì,...

Lưu đồ thuật toán Manual mode:



Hình 3.8 Lưu đồ thuật toán Manual mode

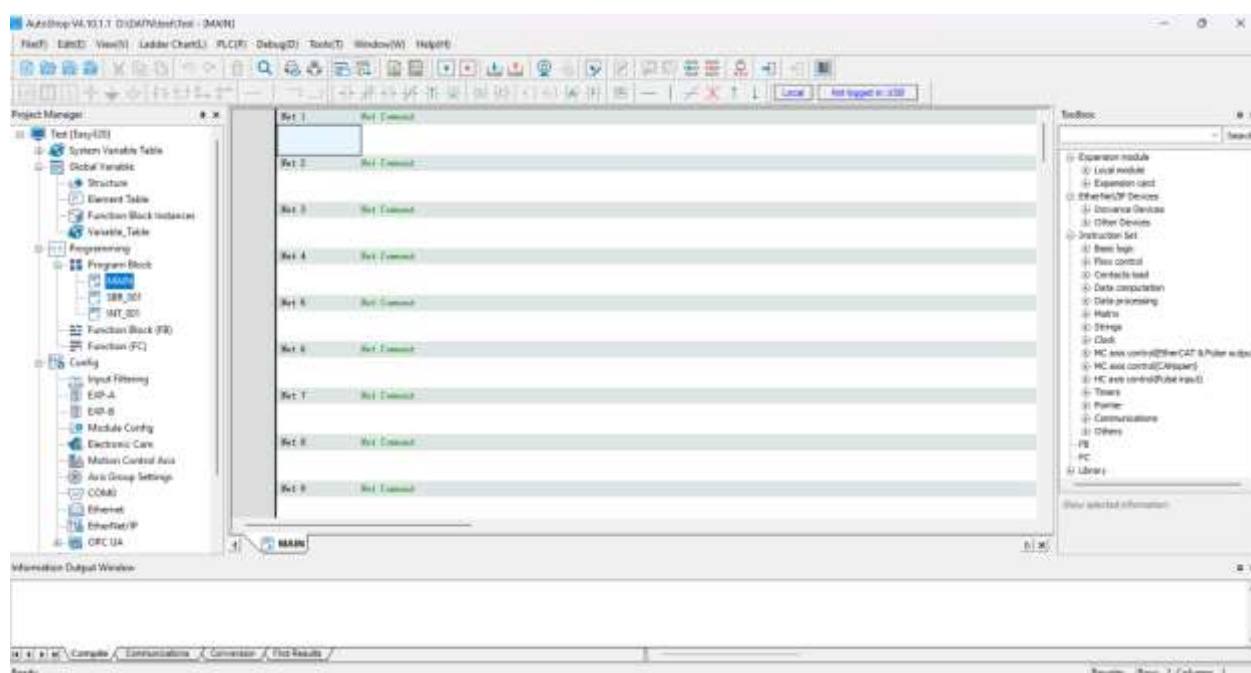
3.2 Tổng quan về phần mềm Autoshop

Autoshop là một phần mềm lập trình được phát triển bởi Inovance, hỗ trợ lập trình cho các PLC với khả năng giao tiếp và điều khiển đa dạng. Đây là công cụ lý tưởng cho các kỹ

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng

su muốn tối ưu hóa hệ thống tự động hóa, hỗ trợ nhiều ngôn ngữ lập trình như Ladder Diagram (LD), Structured Text (ST) và SFC (Sequential Function Chart). Bên cạnh đó, Autoshop còn cung cấp các tính năng khác như điều khiển chuyển động, giao tiếp mạng linh hoạt, bảo vệ quyền sở hữu trí tuệ và các phương pháp vận hành thuận tiện như: giám sát và sửa đổi chương trình trực tuyến, đồ thị hồ sơ chuyển động, chẩn đoán lỗi,... giúp người dùng dễ dàng thao tác và tăng cường hiệu quả sản xuất.

Trên phần mềm Autoshop này chúng em sử dụng chủ yếu là ngôn ngữ lập trình Ladder Diagram.

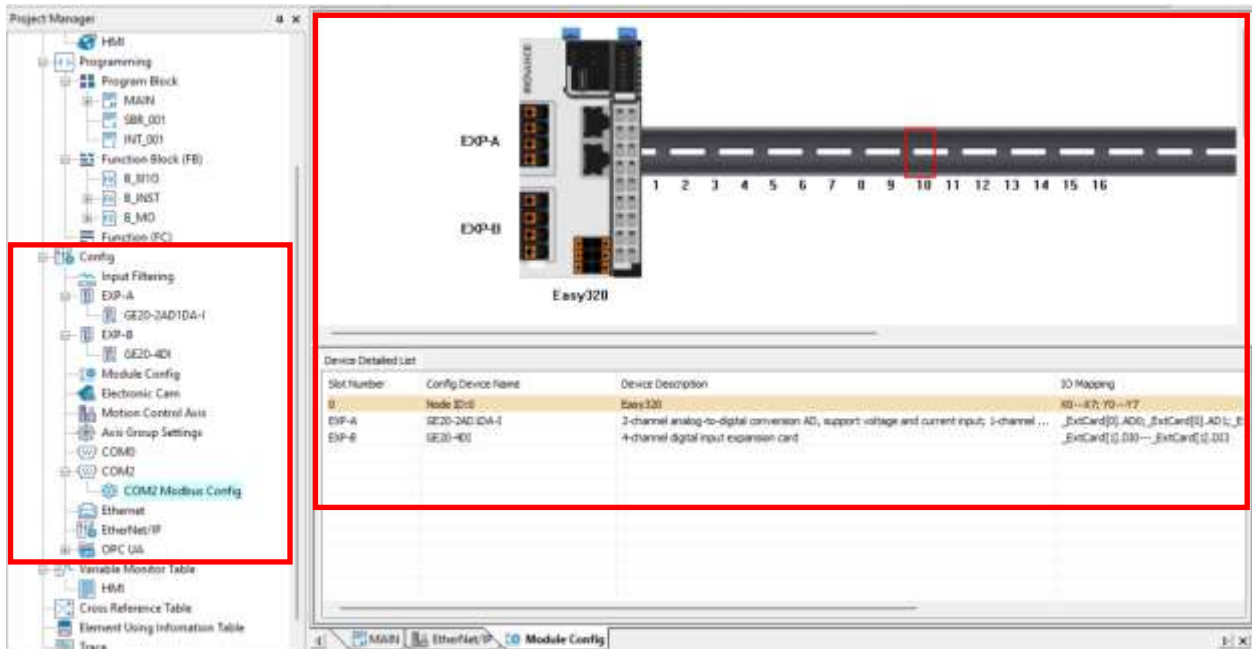


Hình 3.9 Giao diện làm việc của Autoshop

3.2.1 Thiết lập cấu hình PLC

Để thiết lập PLC trên phần mềm Autoshop ta sử dụng khu vực cấu hình (Config) trên thanh quản lý. Và lựa chọn PLC Inovance Easy 320 cùng với 2 module mở rộng GE20-4DI ở cổng B và GE20-2AD1DA-I ở cổng A của PLC.

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng



Hình 3.10 Khu vực cấu hình thiết lập PLC trên Autoshop

Cũng trên khu vực cấu hình ta tiến hành cài đặt truyền thông modbus RTU cho hệ thống.

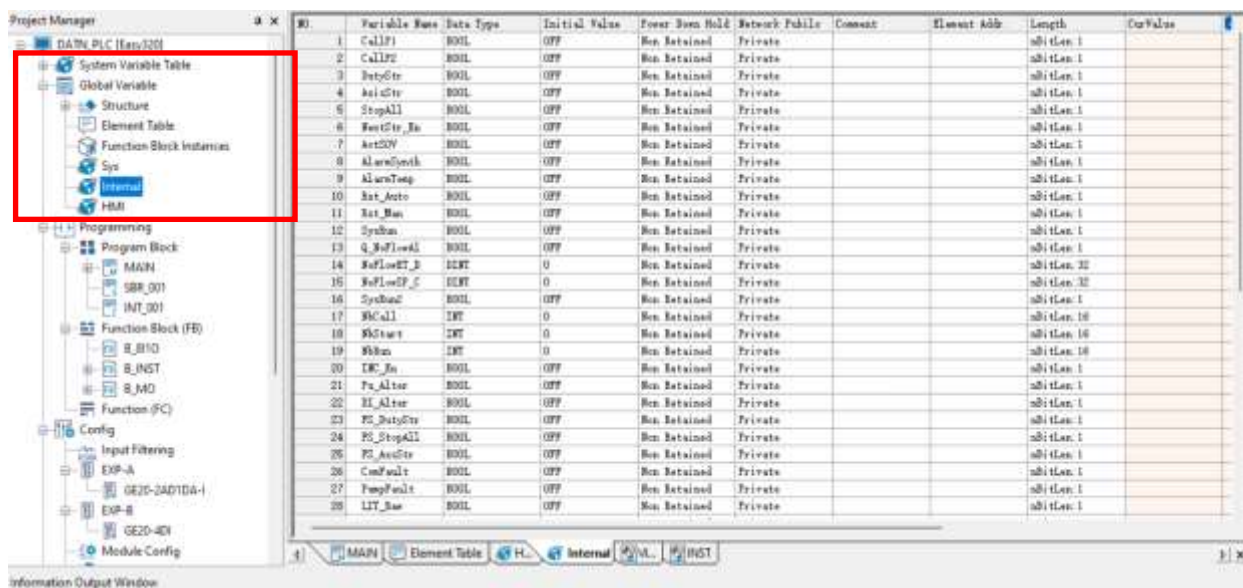


Hình 3.11 Cài đặt modbus RTU

3.2.2 Gán tag cho chương trình điều khiển

Ta sử dụng khu vực biến trên thanh quản lý để gán các tag cho chương trình điều khiển.

Để có thể quản lý dễ dàng các tag khi số lượng quá nhiều, cũng như để có thể dễ dàng bảo trì hay nâng cấp sau này ta chia các tag thành nhiều mục theo chức năng để tránh sự nhầm lẫn. Chẳng hạn như: Internal là để chứa các biến nội bộ dùng cho chương trình, làm biến trung gian, lưu trữ trạng thái hoặc xử lý dữ liệu; Còn trong HMI sẽ chứa các biến có thể liên kết tín hiệu từ PLC đến HMI và hiển thị trạng thái điều khiển từ người dùng.

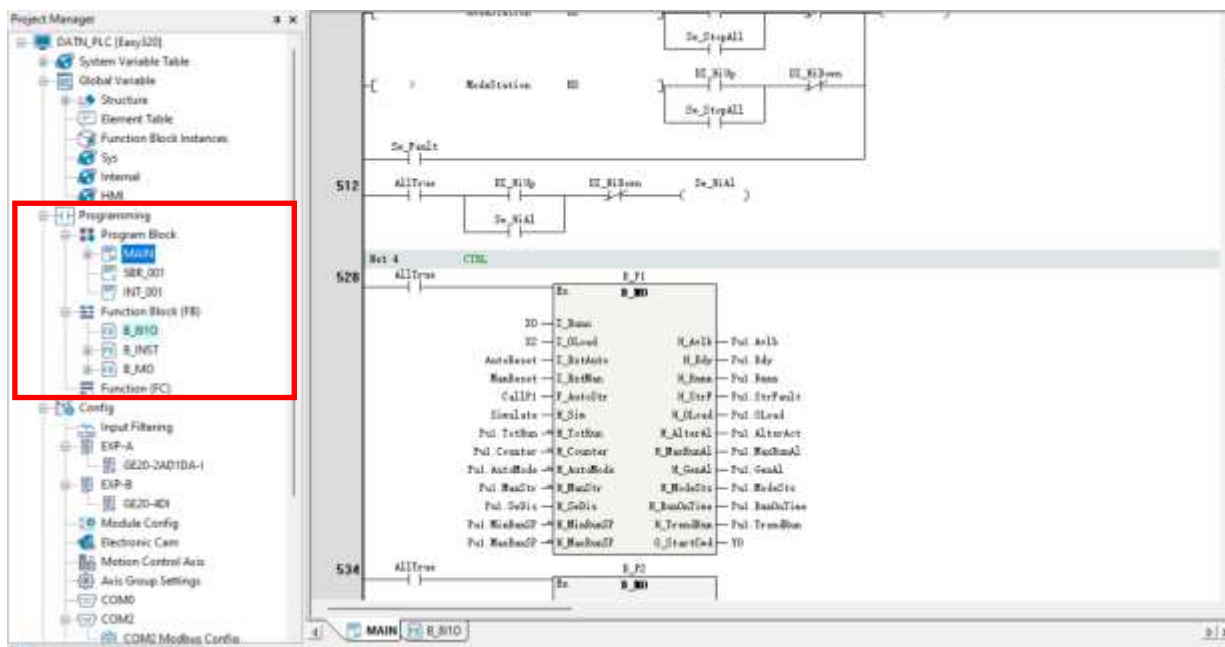


Hình 3.12 Khu vực biến trên Autoshop

3.2.3 Viết chương trình điều khiển

Ta sử dụng khu vực lập trình (Programming) để tiến hành viết chương trình điều khiển hệ thống. Tại đây, chương trình điều khiển được xây dựng thông qua các khối chương trình chính (Program Block) và các khối chức năng (Function Block – FB).

Tại Main ta viết các chương trình điều khiển chính như chia các chế độ trong hệ thống, điều khiển bơm cần chạy cho từng chế độ, điều khiển bơm chạy luân phiên, tạo độ trễ cho từng bơm và các loại cảnh báo; Và tại Function Block ta viết các chương trình điều khiển chức năng như tại khối FB - B_8I10 được sử dụng để viết chương trình tạo các tín hiệu đầu vào và đầu ra cho các khối chức năng khác; Khối FB – B_INST được sử dụng để viết chương trình về xử lý các tín hiệu analog từ cảm biến mức nước hay áp suất và từ đó tạo tín hiệu để điều khiển bơm; Còn khối FB – B_MO là khối được viết để điều khiển bơm theo các chế độ.

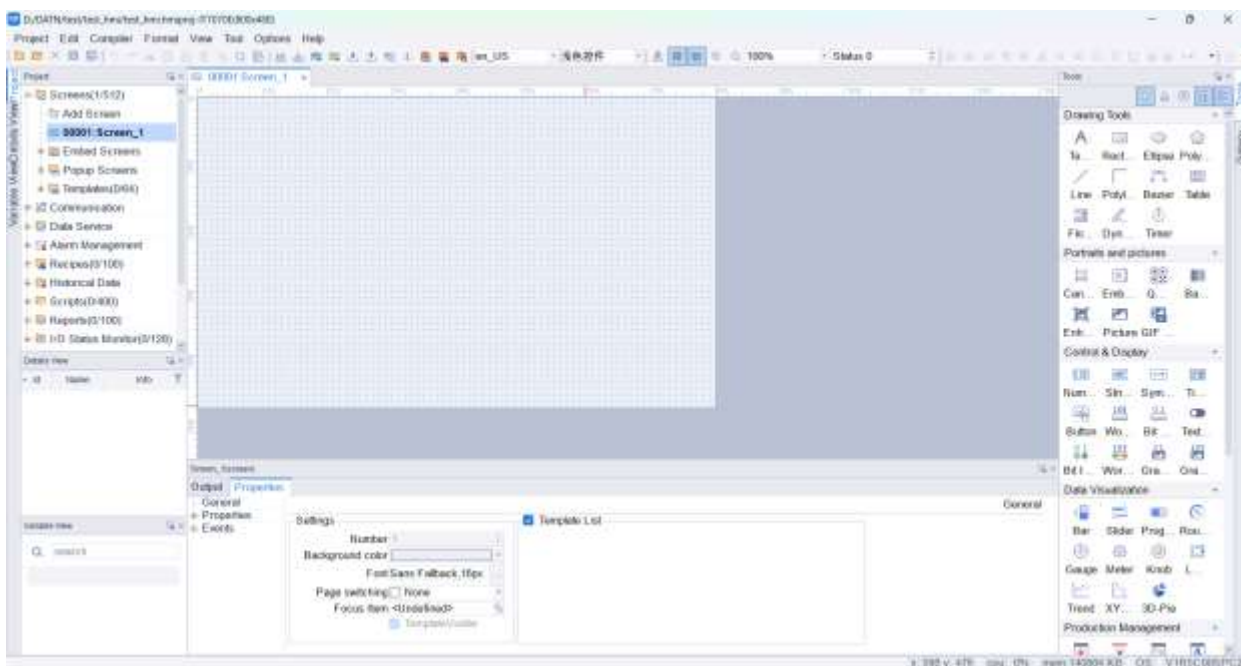


Hình 3.13 Khu vực lập trình trên Autosshop

3.3 Tổng quan về phần mềm InoTouchPad-V1R5C00SPC2

InoTouchPad là một phần mềm lập trình HMI dành cho các thiết bị HMI InoTouch của Inovance. Phần mềm này được trang bị môi trường phát triển tích hợp (IDE) với các chức năng phong phú, mạnh mẽ, cung cấp cho người sử dụng một giao diện trực quan dễ sử dụng, không chỉ vậy phần mềm còn có thể hoạt động độc lập như một hệ thống SCADA nhỏ gọn. Từ đó có thể đáp ứng các nhu cầu đa dạng từ khách hàng.

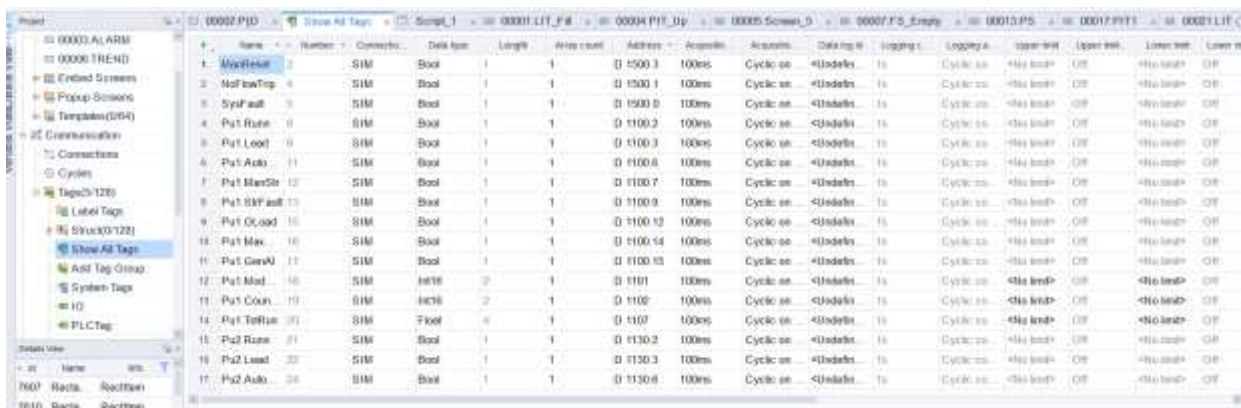
Thiết kế từ điều khiển trạm bơm đa năng



Hình 3.14 Giao diện thiết kế HMI của InoTouchPad

3.3.1 Thiết kế màn hình HMI

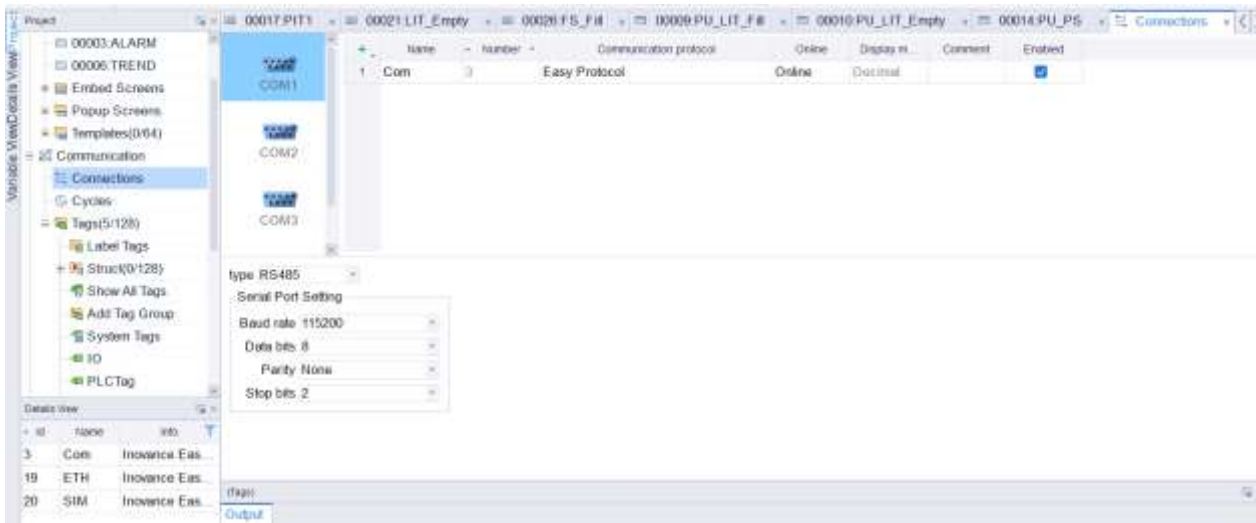
Đầu tiên ta thực hiện gán các tag như đã gán bên Autosshop.



Hình 3.15 Giao diện gán Tag trên InoTouchPad

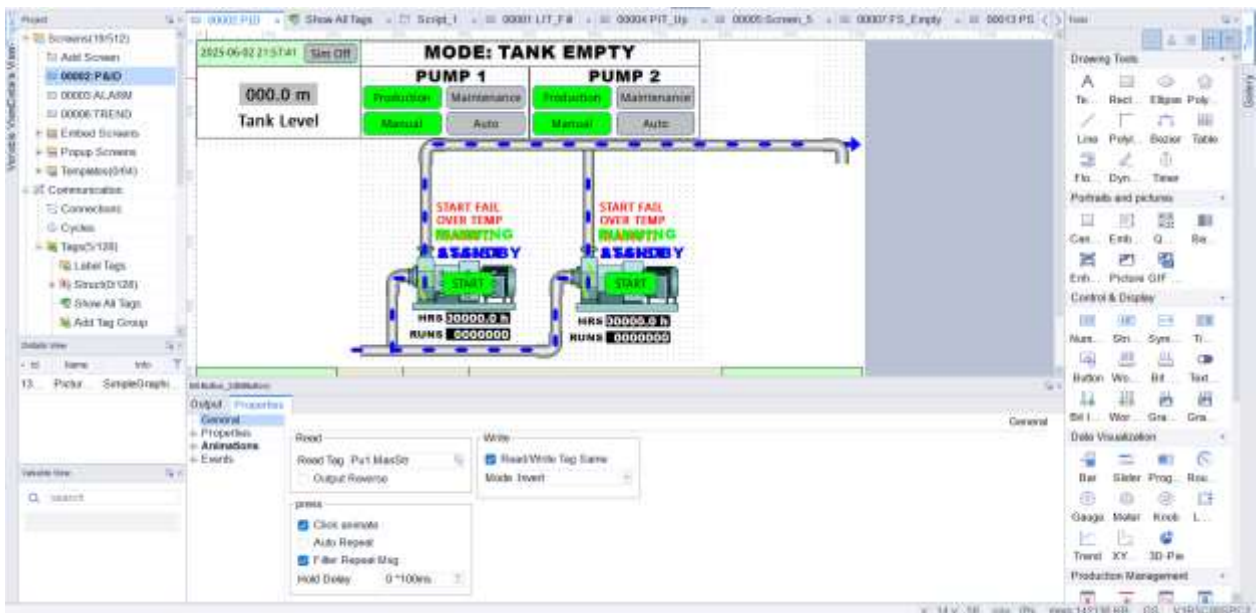
Sau đó ta tiến hành cài đặt truyền thông.

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng



Hình 3.16 Giao diện cấu hình Connections trên InoTouchPad

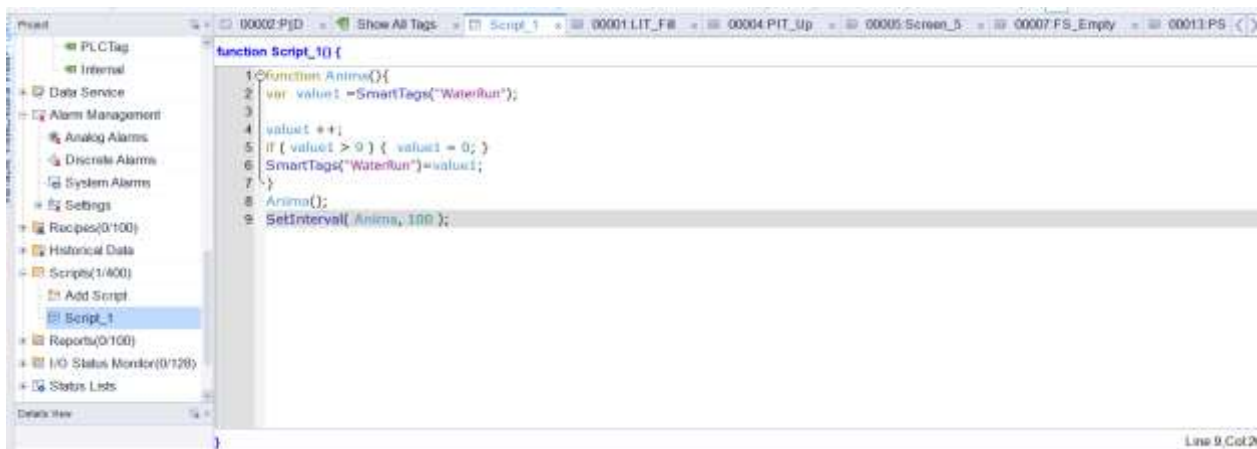
Ta sử dụng các công cụ trên thanh công cụ phía bên trái để vẽ các màn hình trên mục Screen như: P&ID, Alarm và Trend. Ngoài ra, ta còn có thể vẽ các màn hình con trên Embed Screens để đưa vào màn hình P&ID, tạo các chế độ hoạt động khác nhau của hệ thống như Empty mode, Fill mode,... Và vẽ các màn hình hộp thoại cài đặt thông số trên Popup Screens, mỗi hộp thoại là một màn hình cho từng chế độ khác nhau.



Hình 3.17 Giao diện P&ID của Screen trên InoTouchPad

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng

Scripts trên phần mềm được sử dụng để thêm các logic điều khiển, xử lý dữ liệu hoặc tạo hiệu ứng động trong giao diện HMI. Tại đây ta tạo một đoạn code làm hiệu ứng nước đang chảy trên Scripts.



Hình 3.18 Giao diện Script trên InoTouchPad

3.4 Kết luận chương 3

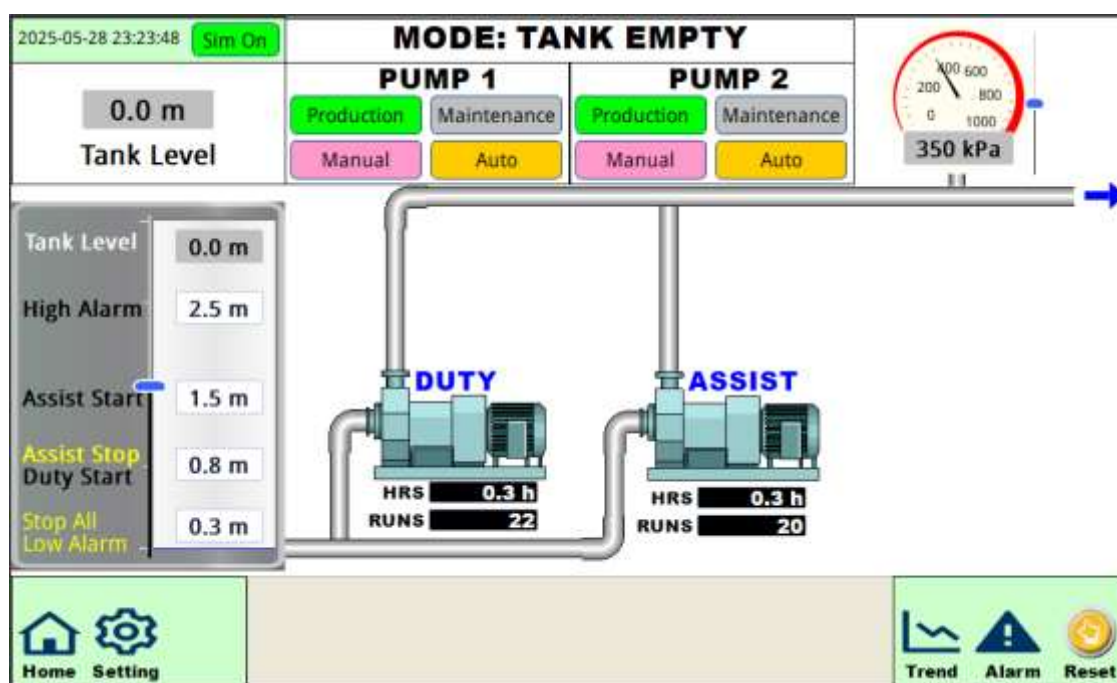
Trong chương 3, chúng em đã thiết kế quy trình điều khiển toàn diện cho hệ thống thông qua việc phân tích, xây dựng các lưu đồ thuật toán cho các chế độ vận hành khác nhau như Fill mode, Empty mode, Pressure mode và Manual và chúng em cũng đã đưa ra các giải thích về lưu đồ. Từ đó chúng em đã lập trình PLC trên phần mềm AutoShop và thiết kế giao diện HMI bằng phần mềm InoTouchPad để tạo ra một hệ thống điều khiển linh hoạt, có thể chuyển đổi giữa các chế độ sử dụng tín hiệu số hoặc analog, cũng như các chế độ chức năng bơm Duty/Standby và Duty/Assist. Đặc biệt, chúng em đã thiết kế các cơ chế bảo vệ và chạy luân phiên cho các bơm nhằm đảm bảo an toàn và tối ưu hóa tuổi thọ. Với việc thiết kế logic điều khiển hiệu quả này sẽ là nền tảng quan trọng để chúng em có thể triển khai, mô phỏng và vận hành thành công hệ thống trong chương cuối.

CHƯƠNG 4: MÔ PHỎNG VẬN HÀNH HỆ THỐNG


4.1 Cách thao tác trên HMI

4.1.1 Các thao tác cài đặt chung

Đầu tiên là màn hình làm việc chính của HMI là trang P&ID có 2 bơm, có nút chỉnh chế độ Auto qua Manual và ngược lại. Nút Maintenance dùng để dừng bơm để tiến hành bảo trì khi bơm gặp sự cố. Ở góc dưới bên trái ta có nút Home và Setting, còn phía còn lại là các trang cảnh báo Alarm, Trend và nút Reset.



Hình 4.1 Màn hình làm việc chính của HMI

Bấm vào  **Setting** ta có giao diện như hình:


PUMP SETTINGS		PUMP 1	PUMP 2
Minimum Run Time (s)		10	10
Maximum Run Time (s)		30	30
Run On Time (s)		0	0
GENERAL SETTINGS			
Controller Mode		Empty	Fill Pressure
Main Control Input		Digital	Analog
Auto Reset		Disable	Enable
Duty Mode		Assist	Standby

Hình 4.2 Bảng cài đặt chế độ bơm


Trước tiên ta có cài đặt thời gian chạy cho hai bơm. Minimum Run Time là thời gian tối thiểu cho bơm chạy, Maximum Run Time là thời gian tối đa cho bơm chạy, Run On Time là tổng thời gian bơm đã chạy. Ta có thể chỉnh sửa thời gian chạy tối đa và tối thiểu sao cho phù hợp với nhu cầu của khách hàng.

Tiếp theo là phần cài đặt chung cho hệ thống gồm:

- Controller Mode : Cài đặt chế độ vận hành gồm ba chế độ là Empty, Fill và Pressure.
- Main Control Input : cài đặt kiểu tín hiệu input của các thiết bị đo lường là Digital hoặc Analog.
- Auto Reset : Bật để hệ thống tự động reset sau khi giải quyết tất cả sự cố hoặc tắt để người vận hành bấm nút Reset ngoài trang chính.
- Duty Mode : Lựa chọn chế độ chạy bơm Assist hoặc Standby.

Ngoài ra ta có thể xem các cảnh báo gặp phải ở Alarm, đồ thị mức nước và áp suất thay đổi trong ngày ở Trend. Khi muốn quay lại giao diện chính bấm  .

4.1.2 Chế độ Empty

Ta sẽ mô phỏng vận hành hệ thống cho bơm nước ra khỏi bể với chế độ Empty. Lựa chọn chế độ Empty trong phần  Setting.

Với chế độ Empty, bể chứa nước sẽ nằm góc trái màn hình và có thể thay đổi chiều cao của bể bằng các bấm vào hình bể hoặc vào phía trên bể chỗ Tank Level.

Bấm vào bể để điều chỉnh chiều cao, các ngưỡng hoạt động phù hợp với mọi loại bể theo yêu cầu của khách hàng.



Tank Level Setting		
Parameter	Setpoint	Delay
Value	0.1 m	
Max Scale	3.0 m	
Min Scale	0.0 m	
High Alarm, Stop All	2.5 m	3 s
Assist Start	1.5 m	3 s
Duty Start, Assist Stop	0.8 m	3 s
Low Alarm, Stop All	0.3 m	3 s

Hình 4.3 Thiết lập thông số các ngưỡng mức nước của bể

Trong đó:


- Value: chiều cao mức nước hiện tại trong bể
- Max Scale: chiều cao tối đa của nước có thể đạt tới
- Min Scale: chiều cao tối thiểu của nước

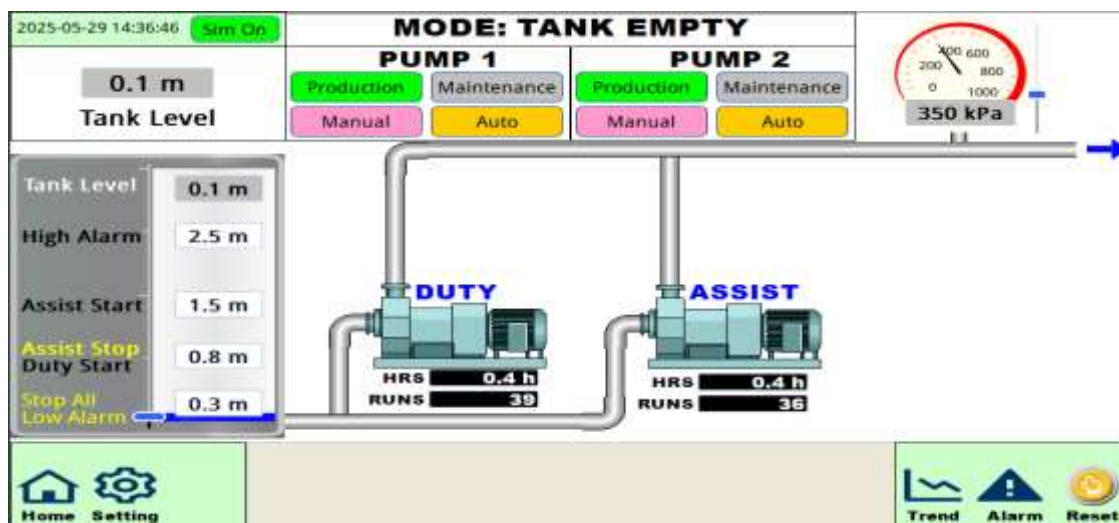
Ở đây bể được chia 4 mức gồm:

- Stop All/Low Alarm : dừng tất cả các bơm và cảnh báo mức nước thấp
- Assist Stop/Duty Start: dừng bơm Assist, chỉ chạy bơm Duty
- Assist Start: bắt đầu cho chạy bơm Assist
- High Alarm: cảnh báo mức nước đạt ngưỡng cao.

Phần Delay để cài đặt độ trễ của thiết bị đo lường vì khi nước dâng hoặc rút thì sẽ có dao động làm cho tín hiệu không ổn định nên cài độ trễ giúp cho mực nước được đo chính xác.

4.1.2.1 Mô phỏng với tín hiệu Analog

Để mô phỏng hệ thống với tín hiệu Analog, ta vào phần  và ở Main Control Input chọn Analog.



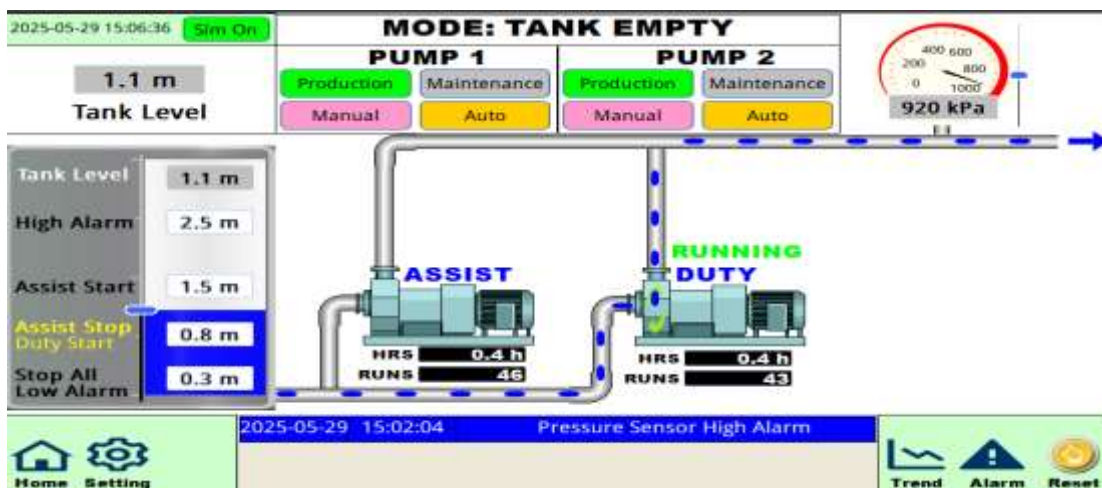
Hình 4.4 Giao diện chế độ Empty, chế độ bơm Assist với tín hiệu Analog

Độ cao của bể và các ngưỡng hoạt động có thể tùy chỉnh tùy vào nhu cầu thực tế của khách hàng.

Ta sẽ chạy chế độ Assist và giả sử bể đang sử dụng cao tối đa 3m, chiều cao thấp nhất là 0m, Stop All/Low Alarm ở 0.3m, Assist Stop/Duty Start ở 0.8m, Assist Start ở 1.5m và High Alarm ở 2.5m.

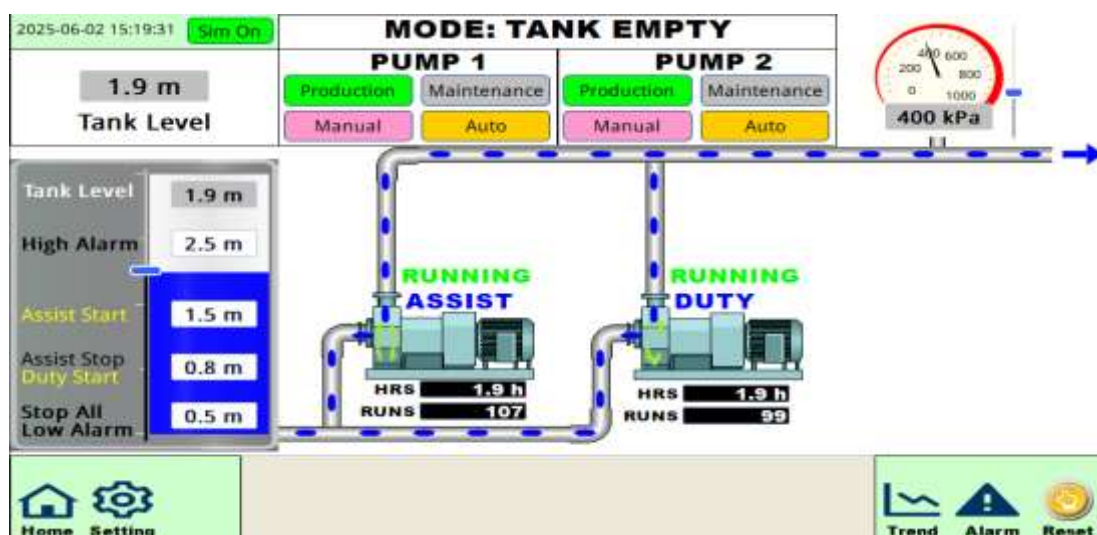
Ban đầu nước ở 0.1m thì sẽ hiện cảnh báo “Level Transmitter Low Alarm”. Cho nước lên 1.1m, cao hơn ngưỡng Assist Stop/Duty Start thì bơm Duty sẽ chạy.

Trong khoảng thời gian bơm Duty chạy, khi đã tới thời gian chạy bơm tối đa, bơm còn lại sẽ bật và chạy, bơm Duty ban đầu sẽ chạy một khoảng thời gian sau đó tắt, bơm còn lại sẽ thành bơm Duty đưa nước khỏi bể. Quá trình được lặp lại khi bơm chạy tới thời gian tối đa và đổi qua bơm khác.



Hình 4.5 Bắt đầu chạy bơm Duty khi mức nước trên ngưỡng Assist Stop/Duty Start

Sau đó cho nước dâng tới 1.1m, cao hơn ngưỡng Assist Start, thì bắt đầu cho chạy bơm Assist tăng cường.



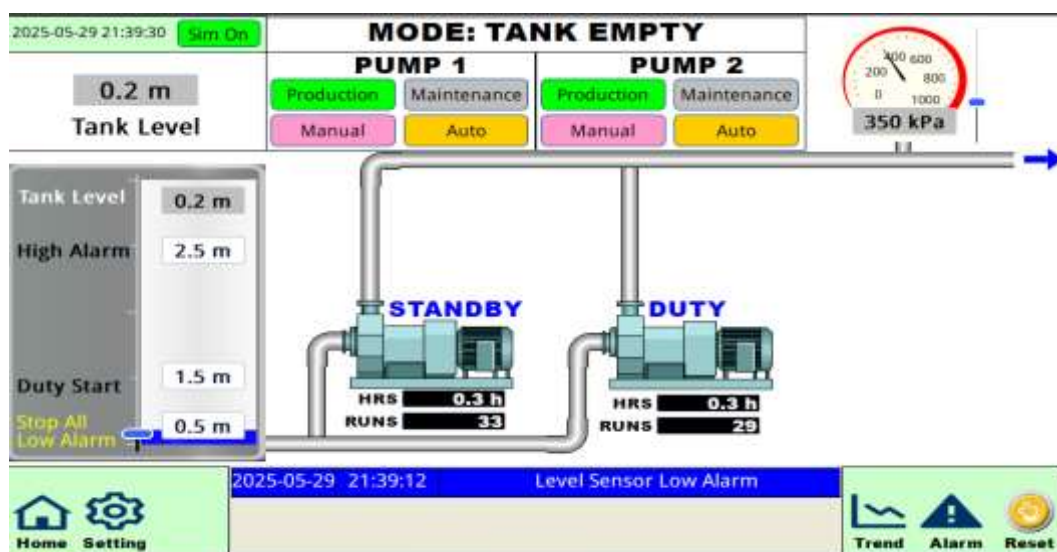
Hình 4.6 Bơm chạy Assist khi nước trên ngưỡng Assist Start

Sau khoảng thời gian cho chạy bơm Assist, khi nước đã xuống dưới ngưỡng Assist Stop/Duty Start thì cho dừng bơm Assist, chỉ chạy bơm Duty. Cho nước cao hơn ngưỡng High Alarm sẽ đưa ra cảnh báo “Level Transmitter High Alarm”.

Để chuyển qua cho bơm chạy chế độ Standby chọn Standby trong Duty Mode ở 

Ở chế độ Standby, chỉ có một bơm chạy, bơm còn lại đợi khi bơm kia chạy hết thời gian tối đa thì đổi qua bơm này chạy. Quá trình đổi bơm được lặp lại khi một trong hai bơm chạy hết thời gian tối đa. Mức nước được chia ba mức gồm:

- Stop All/Low Alarm : dừng tất cả các bơm và cảnh báo mức nước thấp
- Duty Start: Chạy bơm Duty
- High Alarm: cảnh báo mức nước đạt ngưỡng cao.

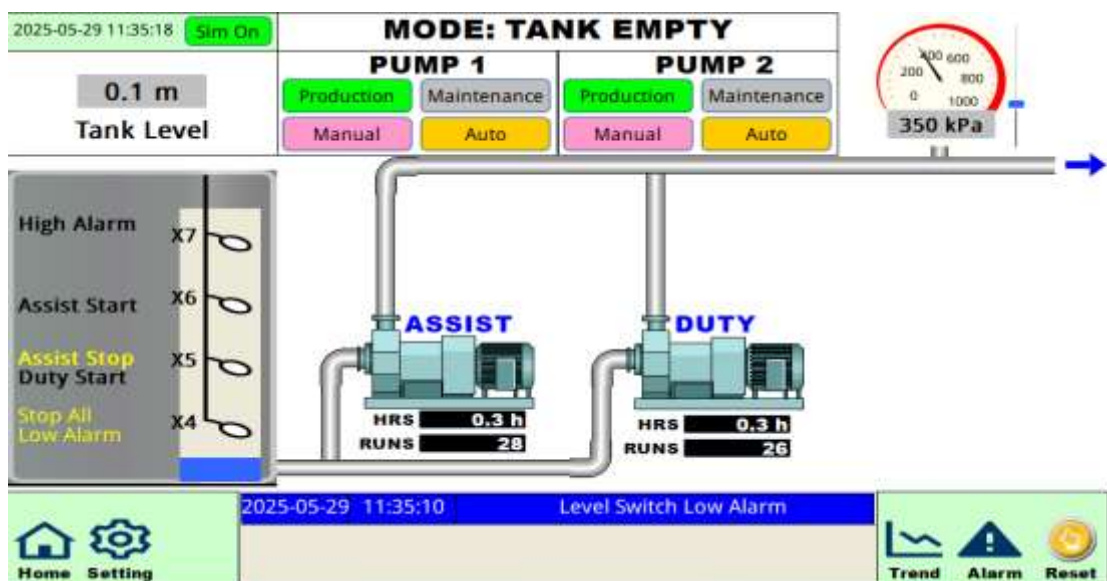


Hình 4.7 Giao diện chế độ Empty, chế độ bơm Standby với tín hiệu Analog

4.1.2.2 Mô phỏng với tín hiệu Digital

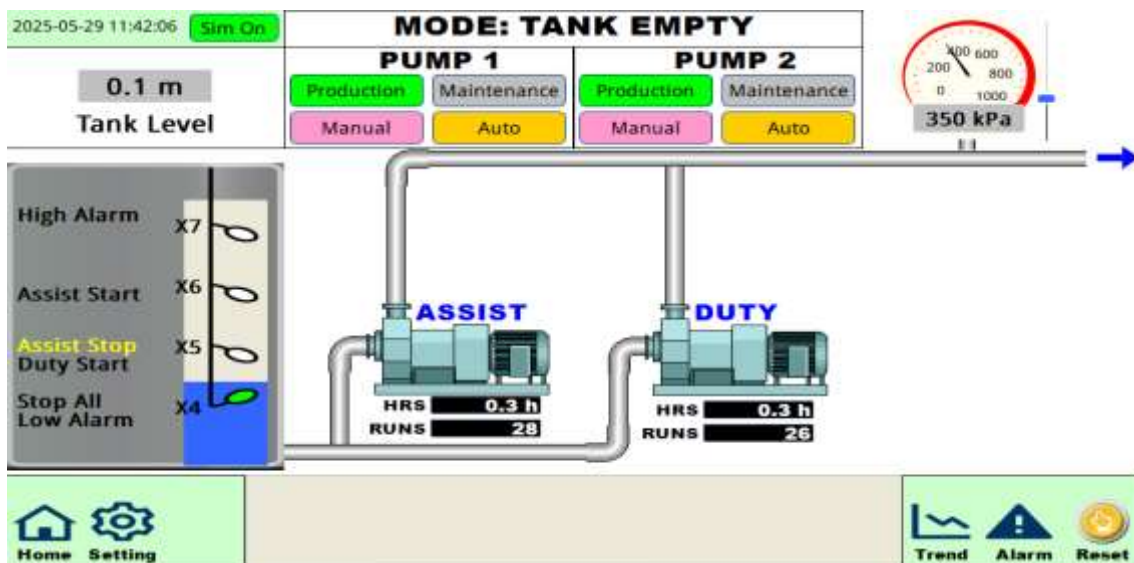
Để chạy mô phỏng với tín hiệu Digital vào  và chỉnh phần Main Control Input sang Digital. Trước tiên ta cho hai bơm chạy theo chế độ Assist bằng cách chỉnh qua Assit ở Duty Mode.

Quay lại màn hình chính ta có giao diện sau:



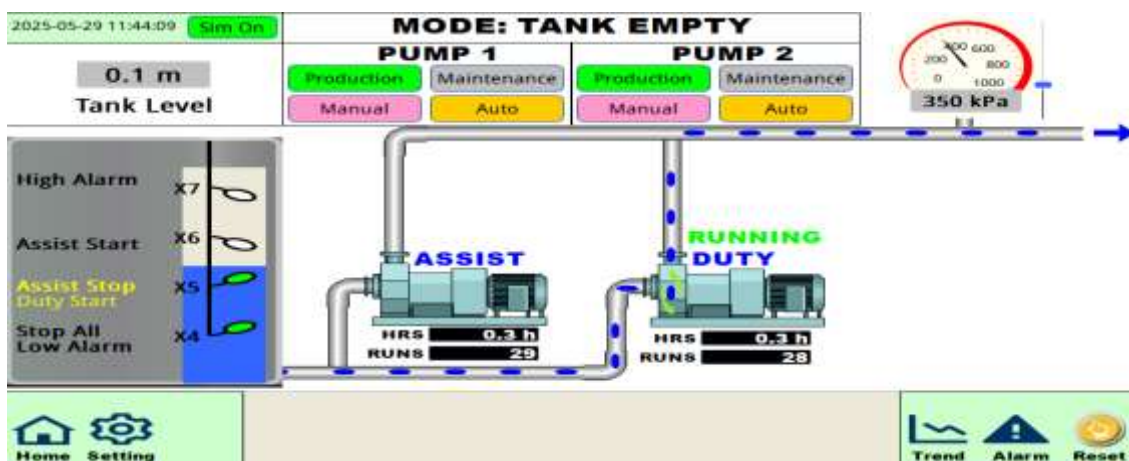
Hình 4.8 Giao diện chế độ Empty, chế độ bơm Assist với tín hiệu Digital

Để thay đổi mức nước, ta bật tắt các tín hiệu input để bật các phao tương ứng với từng mức nước. Ban đầu các phao chưa bật nên hệ thống ra cảnh báo “Level Switch Low Alarm”, tức nước đang ở dưới ngưỡng thấp. Cho bật tín hiệu X4, phao ở X4 bật, mức nước dâng qua tới mức Stop All/Low Alarm. Lúc này bơm chưa chạy, chỉ tắt đi cảnh báo.



Hình 4.9 Phao X4 được bật

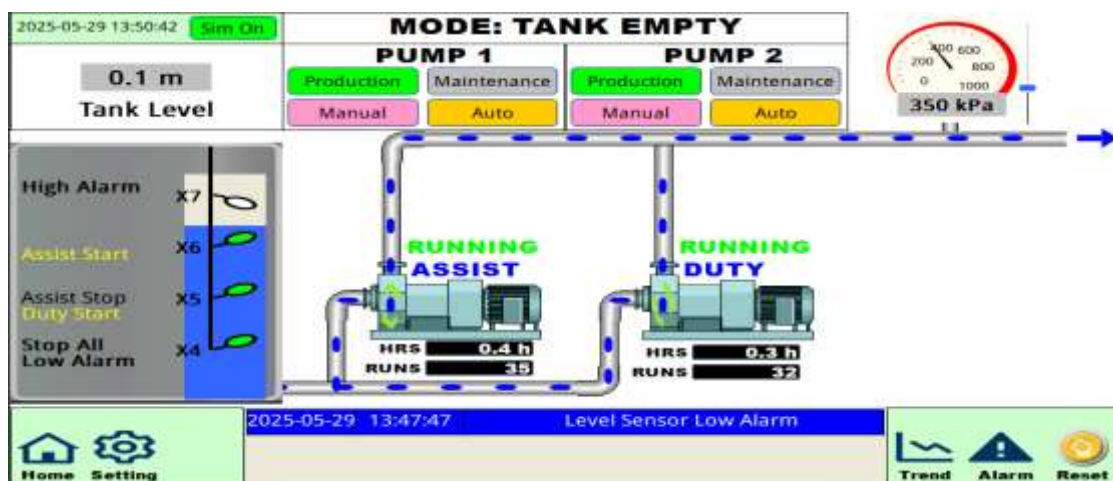
Bật tín hiệu X5, nước sẽ dâng đến ngưỡng Assist Stop/Duty Start. Lúc này bơm Duty sẽ chạy và bơm nước ra bể.



Hình 4.10 Phao X5 được bật và bắt đầu chạy bơm Duty


Như đã đề cập ở trên, khi đã tới thời gian chạy bơm tối đa, bơm còn lại sẽ bật và chạy, bơm Duty ban đầu sẽ chạy một khoảng thời gian sau đó tắt, bơm còn lại sẽ thành bơm Duty đưa nước khỏi bể. Quá trình được lặp lại khi bơm chạy tới thời gian tối đa và đổi qua bơm khác.

Tiếp đến cho mức nước qua ngưỡng Assist Start bằng cách bật tín hiệu X6, bơm Assist bật để chạy tăng cường đưa nước khỏi bể.

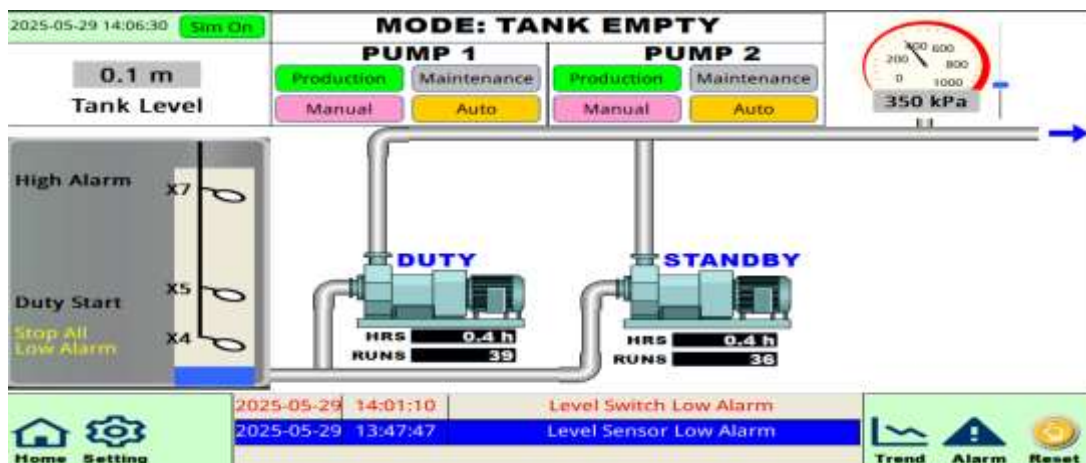


Hình 4.11 Phao X6 được bật và bắt đầu chạy bơm Assist

Bật tín hiệu X7 sẽ đưa ra cảnh báo nước đã đạt ngưỡng cao “Level Switch High Alarm”.

Tiếp đến là mô phỏng chế độ bơm Standby, vào  và chọn Standby ở Duty Mode. Giao diện sẽ hiện như sau:

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng



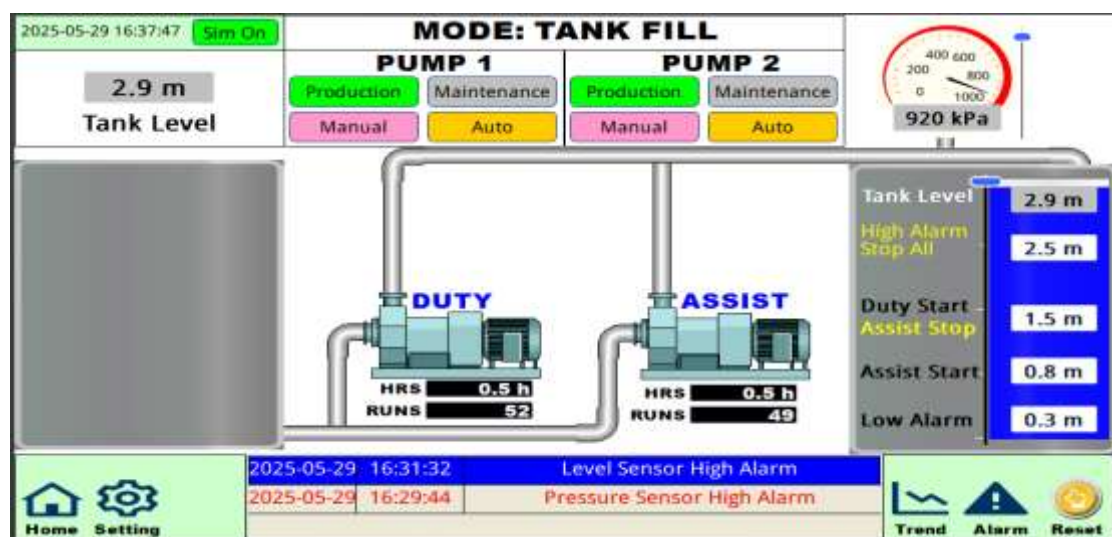
Hình 4.12 Giao diện chế độ Empty, chế độ bơm Standby với tín hiệu Digital

Ở chế độ Standby cũng chỉ có một bơm Duty chạy nên chỉ có ba mức. Quy trình chạy mô phỏng giống chế độ Assist, chỉ khác nhau ở chỗ không còn hai bơm chạy tăng cường mà một bơm chạy tới khoảng thời gian tối đa thì bơm còn lại chạy thay cho bơm kia và luân phiên nhau.

4.1.3 Chế độ Fill

4.1.3.1 Mô phỏng với tín hiệu analog

Chế độ Fill là cho chạy bơm nước vào bể, giao diện chế độ Fill có bể nằm góc bên phải. Trước tiên ta cho bơm chạy chế độ Assist và tín hiệu input là analog, khi hoàn tất cài đặt sẽ có giao diện sau:

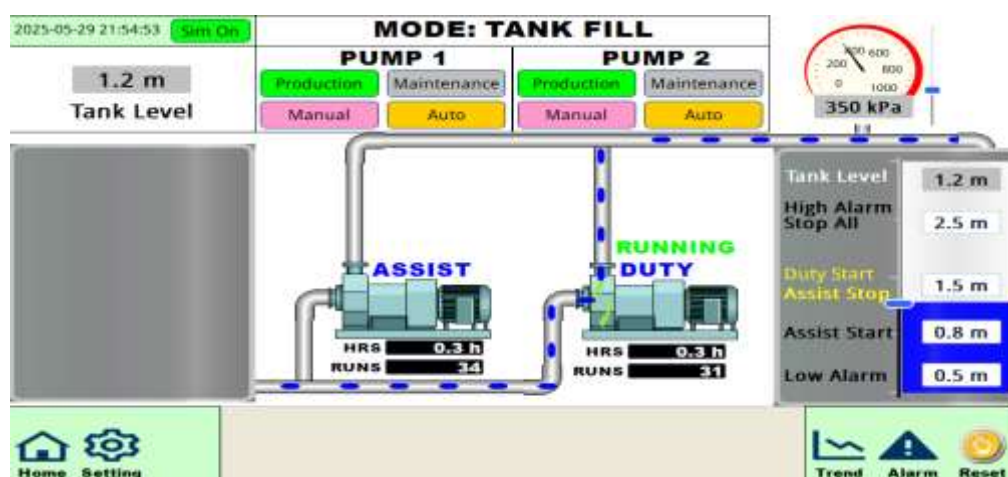


Hình 4.13 Giao diện chế độ Fill, chế độ bơm Assist với tín hiệu Analog

Các thao tác cài đặt độ cao, ngưỡng hoạt động như chế độ Empty, nhưng có vài thay đổi:

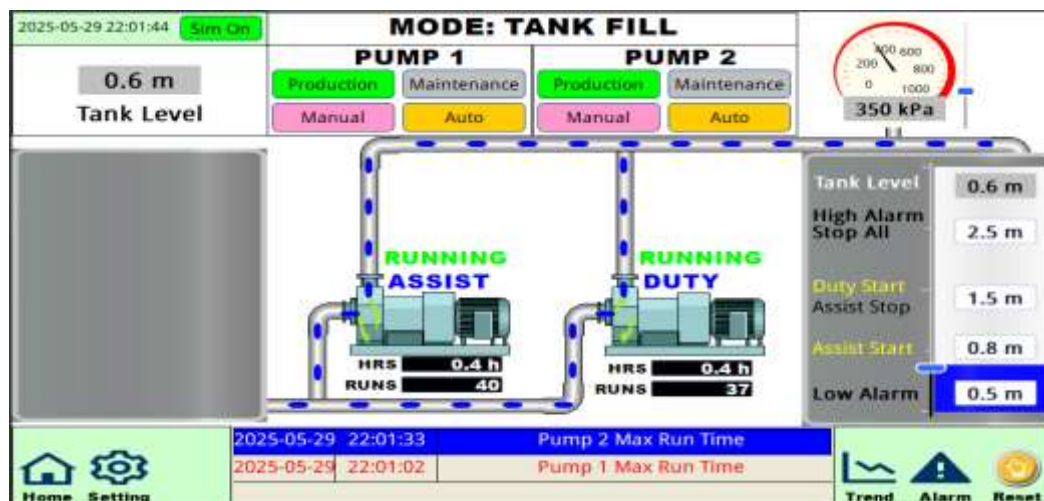
- Low Alarm : Cảnh báo nước đạt ngưỡng thấp
- Assist Start: Bắt đầu cho chạy bơm Assist
- Assist Stop/Duty Start : Ngừng chạy bơm Assist, chỉ chạy bơm Duty
- High Alarm/Stop All: Cho dừng tất cả các bơm và cảnh báo mức nước đạt ngưỡng cao.

Các thông số chiều cao tối thiểu, tối đa của bể, ngưỡng hoạt động tương tự chế độ Empty. Hiện tại nước trong bể đang là 2.9 m nên hai bơm không hoạt động. Kéo mức nước xuống dưới ngưỡng High Alarm/Stop All thì cảnh báo sẽ tắt. Mức nước dưới ngưỡng Duty Start/Assist Stop thì bơm Duty sẽ chạy bắt đầu bơm nước vào.



Hình 4.14 Bơm Duty bắt đầu chạy khi nước dưới ngưỡng Duty Start/ Assist Stop

Vì tác động bên ngoài nào đó làm nước trong bể xuống dưới ngưỡng Assist Start thì bơm Assist được hoạt động để hỗ trợ bơm Duty.

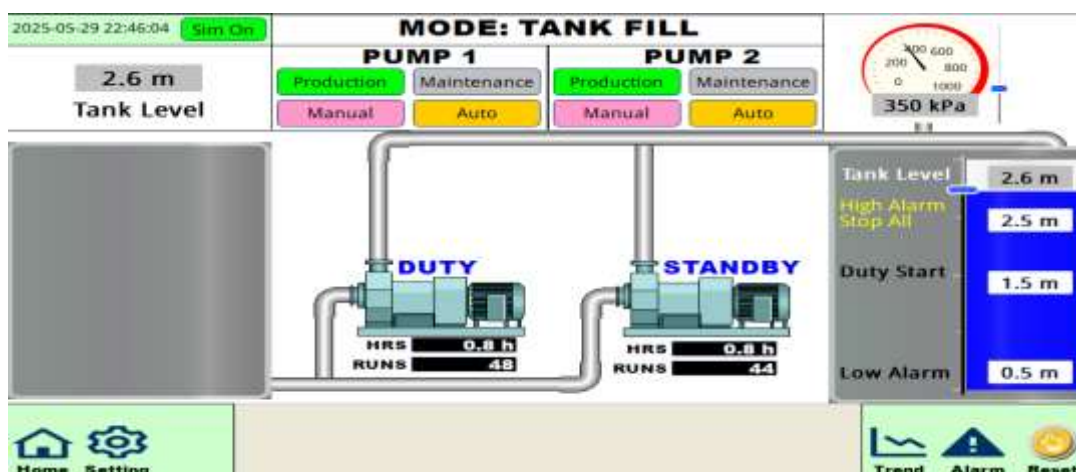


Hình 4.15 Bơm Assist bắt đầu chạy khi nước dưới ngưỡng Assist Start

Khi nước đã bị rút xuống dưới ngưỡng Low Alarm hệ thống sẽ cảnh báo “Level Transmitter Low Alarm”.


Sau thời gian bơm nước vào bể, nước qua ngưỡng Duty Start/Assist Stop thì cho ngừng bơm Assist tiếp tục cho bơm Duty chạy và nếu nước qua ngưỡng High Alarm/Stop All thì cho ngừng chạy bơm.

Về chế độ Standby cũng có ba mức như chế độ Empty và chỉ có bơm Duty chạy nhưng ở chế độ Fill, nếu nước xuống dưới ngưỡng Duty Start thì cho chạy bơm Duty và nếu bơm đã chạy hết thời gian tối đa thì sẽ đổi qua bơm còn lại.

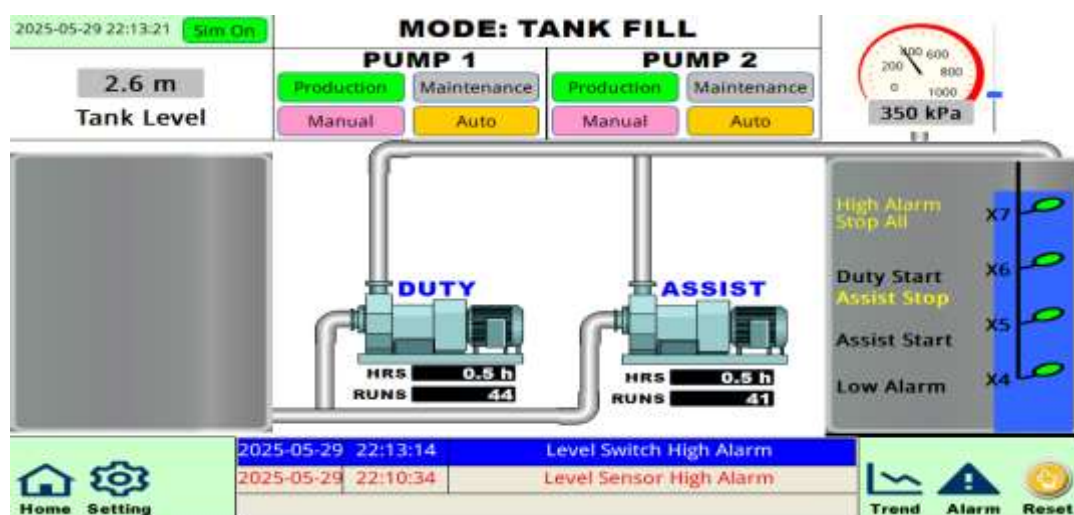


Hình 4.16 Giao diện chế độ Fill, chế độ bơm Standby với tín hiệu Analog

4.1.3.2 Mô phỏng với tín hiệu digital

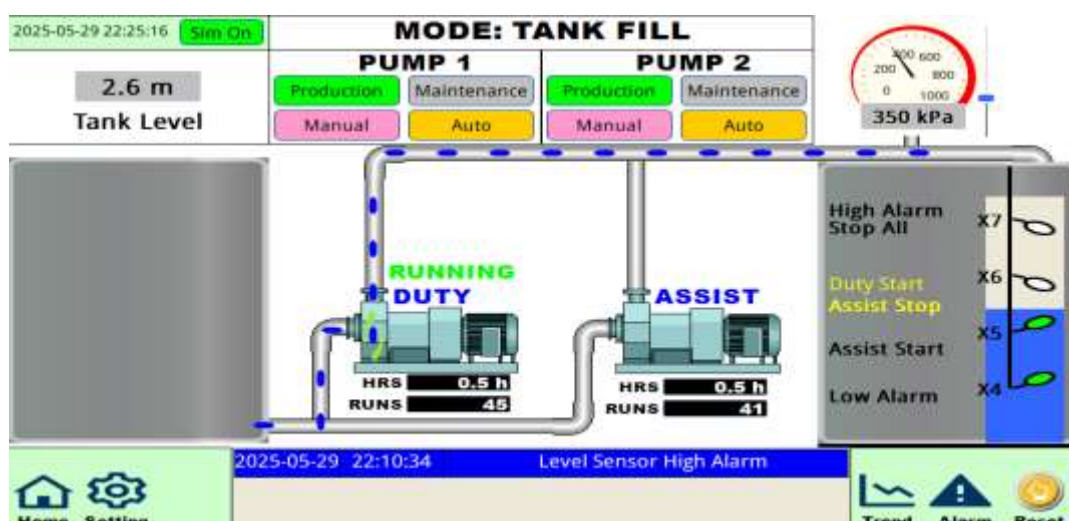
Để chạy mô phỏng với tín hiệu Digital vào  và chỉnh phần Main Control Input sang Digital. Trước tiên ta cho hai bơm chạy theo chế độ Assist bằng cách chỉnh qua Assit ở Duty Mode.

Quay lại màn hình chính ta có giao diện sau:



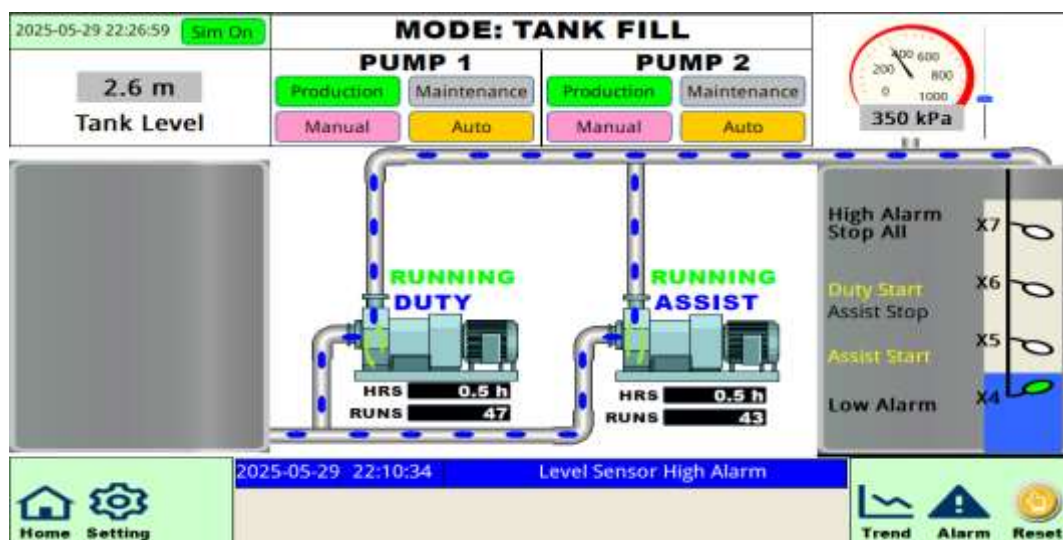
Hình 4.17 Giao diện chế độ Fill với tín hiệu Digital

Ta mô phỏng các tín hiệu X4,X5,X6,X7 tương ứng với mỗi ngưỡng hoạt động của bơm. Hiện tại tất cả các phao đều bật nên nước đã đạt ngưỡng High Alarm/Stop All vì thế bơm không hoạt động. Ta giảm mức nước dưới ngưỡng Duty Start/Assist Stop bằng cách tắt X7 và X6 thì bơm Duty sẽ hoạt động.



Hình 4.18 Bơm Duty bắt đầu chạy khi tắt X7,X6

Tắt X5 để nước xuống dưới ngưỡng Assist Start thì bơm Assist được kích hoạt để hỗ trợ bơm Duty.

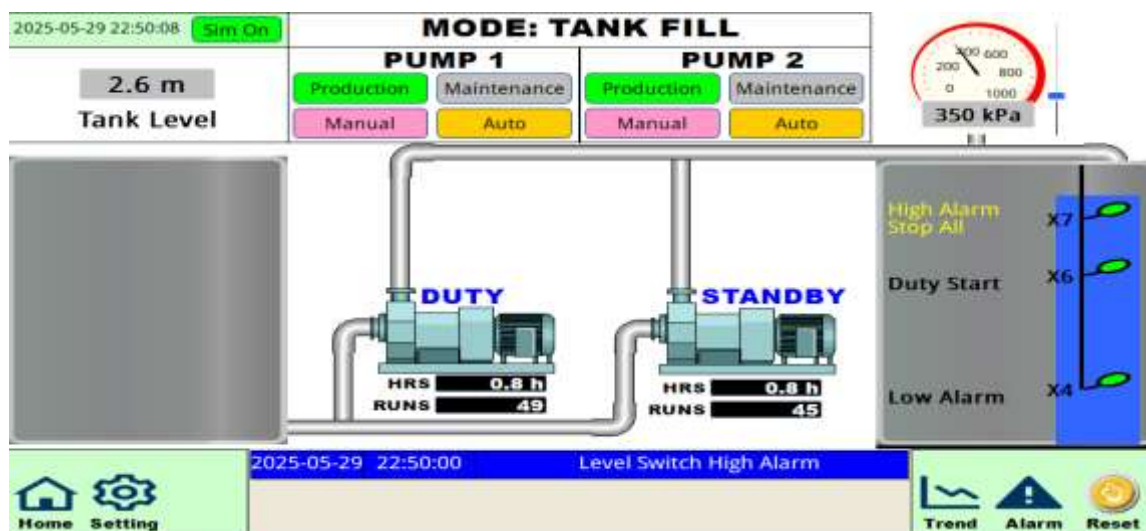


Hình 4.19 Bơm Assist bắt đầu chạy khi tắt X5

Tắt X4 thì hệ thống cảnh báo nước đã quá ngưỡng tối thiểu Low Alarm và đưa cảnh báo “Level Switch Low Alarm”.

Bật X5 và X6 để mô phỏng nước dâng lên qua ngưỡng Duty Start/ Assist Stop thì ngừng chạy bơm Assist và bơm Duty tiếp tục bơm nước cho đến khi nước qua ngưỡng High Alarm/ Stop All, tức X7 bật, thì cho ngừng chạy tất cả các bơm.


Chế độ Standby có ba mức và chỉ có bơm Duty chạy và luân phiên nhau.



Hình 4.20 Giao diện chế độ Fill, chế độ bơm Standby với tín hiệu Digital

Tắt X7, X6 thì nước xuống ngưỡng Duty Start, cho chạy bơm Duty. Trong thời gian bơm Duty chạy nếu đã tới thời gian tối đa cho bơm chạy thì bơm Standby sẽ được cho chạy, bơm Duty ban đầu sẽ tắt. Lúc này bơm chạy sẽ trở thành bơm Duty và sẽ tiếp tục bơm cho đến khi đủ thời gian tối đa cho chạy bơm thì đổi sang chạy bơm Standby. Bật X6, X7 lúc này nước đã qua ngưỡng High Alarm/Stop All nên cho ngừng chạy tất cả bơm.

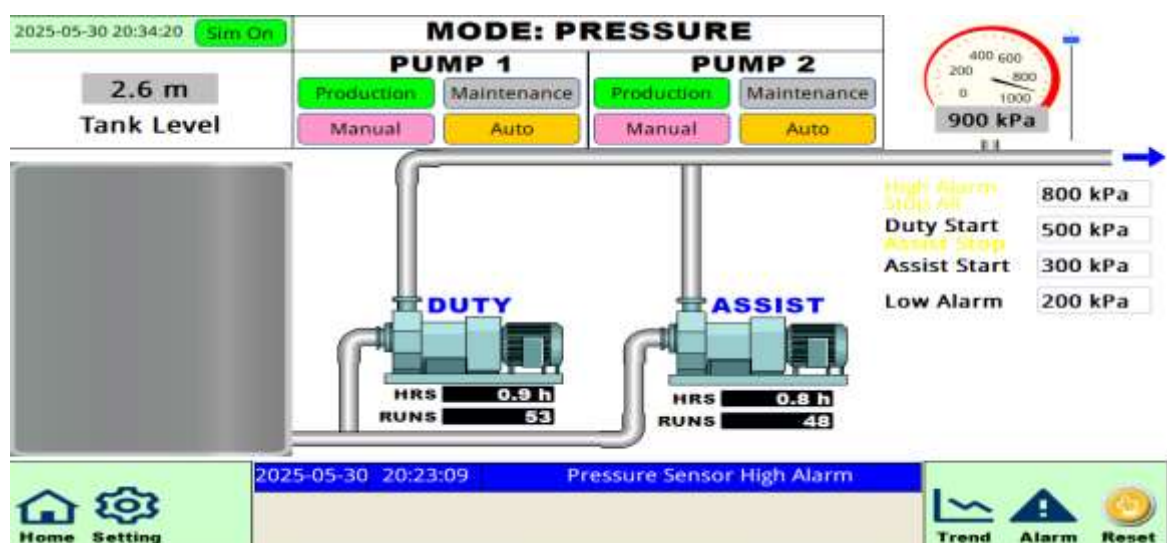
4.1.4 Chế độ Pressure

Chế độ Pressure được dùng cho các loại bơm tăng áp nhằm mục đích tăng áp lực lưu thông trong đường ống, làm cho nước chảy ra được mạnh hơn và nhiều hơn. Để chỉnh qua chế độ Pressure, vào phần  và chọn Pressure ở "Controller Mode".

Chế độ Pressure cũng làm việc với hai dạng tín hiệu: Digital và Analog, chế độ bơm cũng có hai chế độ: Assist và Standby.

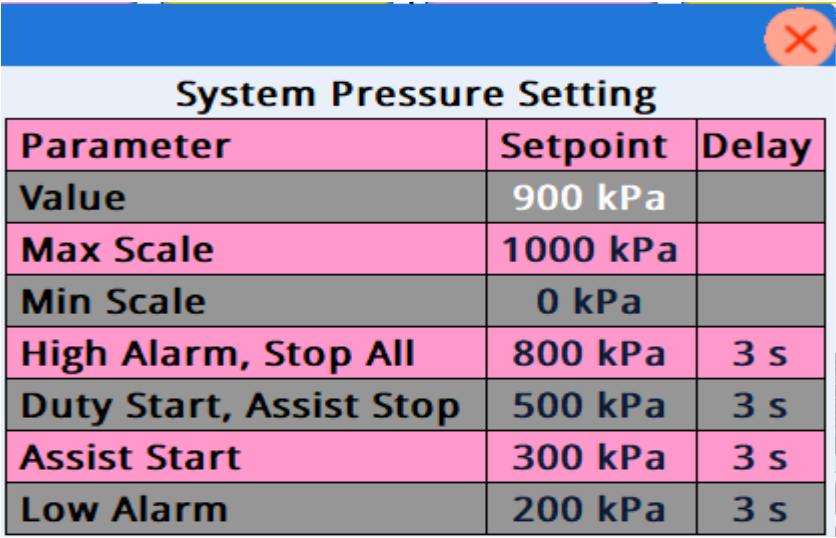
4.1.4.1 Mô phỏng với tín hiệu Analog

Để chọn tín hiệu input là Analog, chọn Analog ở "Main Control Input". Ta sẽ cho bơm chạy với chế độ Assist trước. Sau khi cài đặt xong ta sẽ có giao diện sau:



Hình 4.21 Giao diện chế độ Pressure, chế độ bơm Assist với tín hiệu Analog

Bấm vào icon đồng hồ đo áp suất ta sẽ có bảng để cài đặt các ngưỡng áp suất để bơm hoạt động:



Parameter	Setpoint	Delay
Value	900 kPa	
Max Scale	1000 kPa	
Min Scale	0 kPa	
High Alarm, Stop All	800 kPa	3 s
Duty Start, Assist Stop	500 kPa	3 s
Assist Start	300 kPa	3 s
Low Alarm	200 kPa	3 s

Hình 4.22 Bảng cài đặt thông số các ngưỡng áp suất

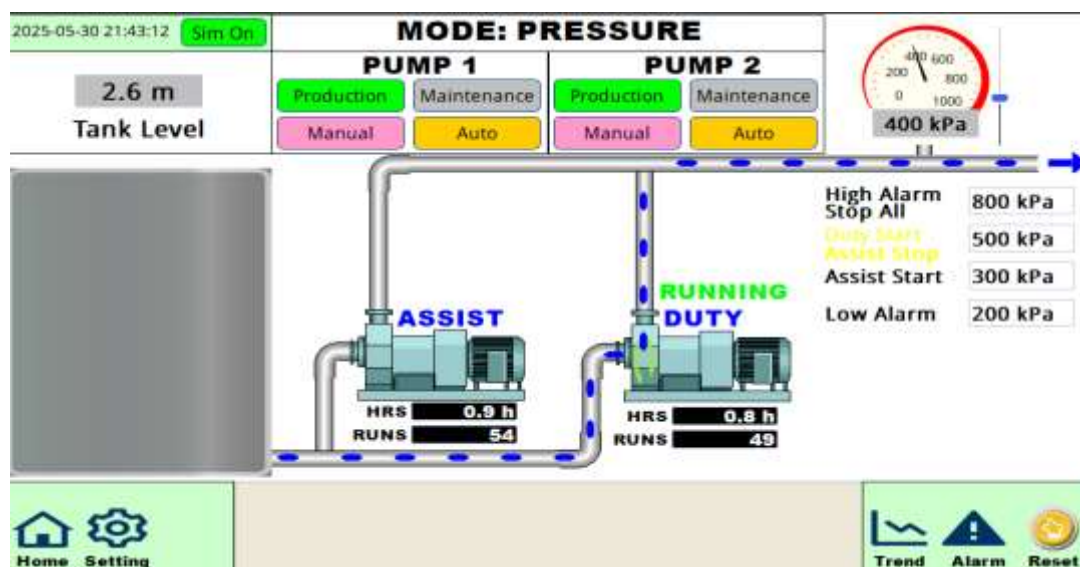
Trong đó:

- Value: giá trị áp suất hiện tại trong đường ống.
- Max Scale: Giá trị áp suất tối đa đường ống có thể chịu.
- Min Scale: Giá trị áp suất tối thiểu.

Ở đây áp suất được chia thành 4 mức:

- High Alarm/Stop All: cảnh báo áp suất đạt ngưỡng cao và ngừng chạy tất cả các bơm.
- Duty Start/Assist Stop: Ngừng chạy bơm Assist và bắt đầu chạy bơm Duty
- Assist Start: bắt đầu cho chạy bơm Assist
- Low Alarm: cảnh báo áp suất đạt ngưỡng thấp

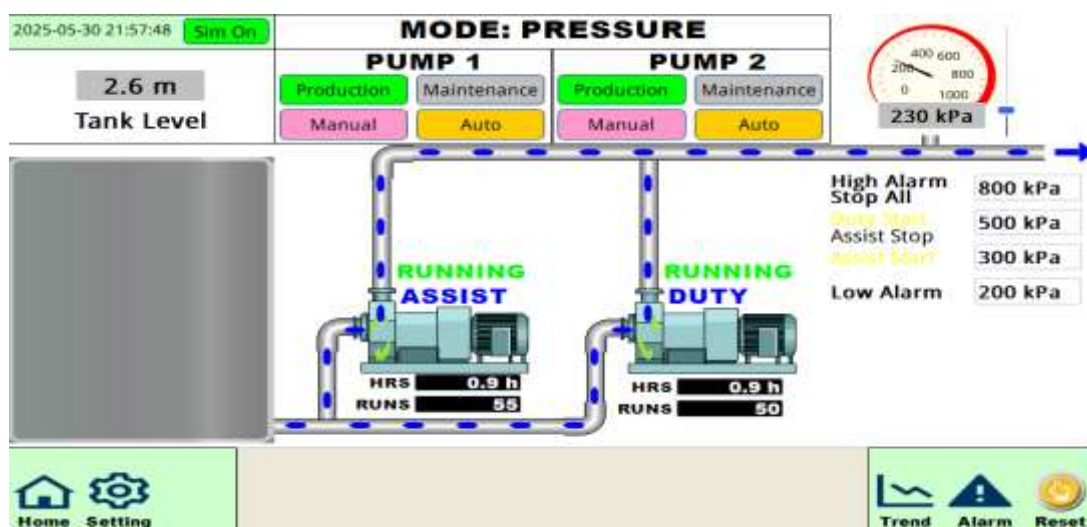
Ban đầu áp suất trong đường ống là 900 kPa, vượt qua ngưỡng High Alarm/Stop All nên bơm không hoạt động, hệ thống cảnh báo áp suất vượt ngưỡng cao “Pressure Transmitter High Alarm”. Cho áp suất xuống ngưỡng này thì cảnh báo sẽ mất. Tiếp tục cho áp suất xuống dưới ngưỡng Duty Start/Assist Stop, ví dụ là 400 kPa thì bơm Duty bắt đầu chạy.



Hình 4.23 Bơm Duty bắt đầu chạy khi áp suất dưới ngưỡng Duty Start/Assist Stop

Nếu trong thời gian chạy Duty, bơm chạy tới thời gian tối đa chạy bơm cho phép sẽ đổi sang bơm kế tiếp chạy và bơm ban đầu được tắt đi cho đến khi bơm kia cũng chạy tới thời gian tối đa cho phép thì được chạy trở lại.

Tiếp đến cho áp suất giảm xuống dưới ngưỡng Assist Start, ví dụ là 230 kPa thì bơm Assist được bật để chạy tăng cường.



Hình 4.24 Bơm Assist bắt đầu chạy khi áp suất dưới ngưỡng Assist Start

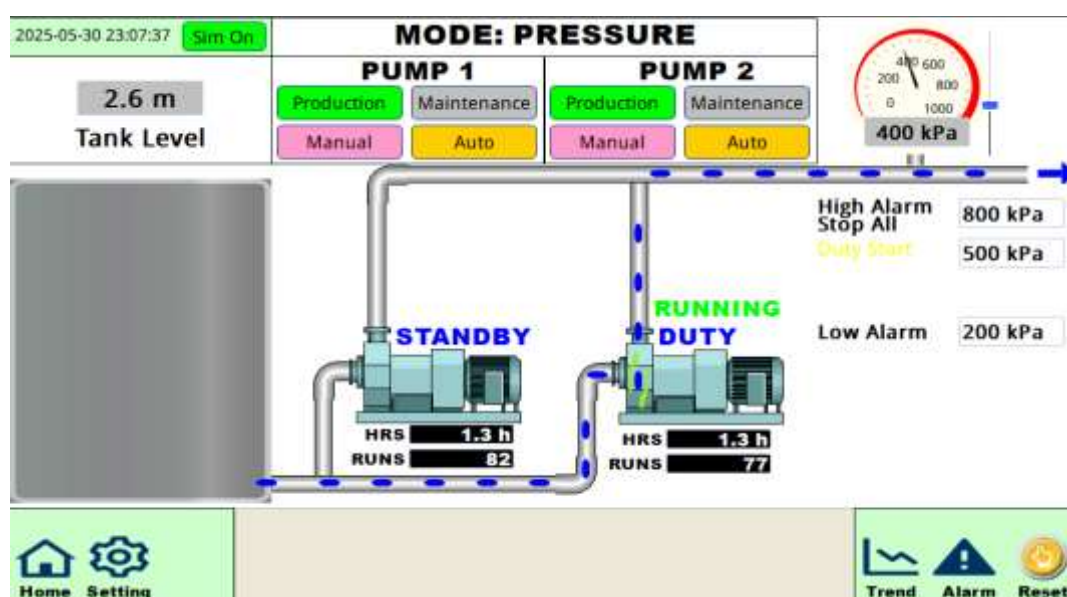
Giảm áp suất dưới 200 kPa thì hệ thống cảnh báo áp suất đã dưới ngưỡng thấp “Pressure Transmitter Low Alarm”.

Bây giờ cho áp suất dần tăng lại lên trên ngưỡng Duty Start/ Assist Stop thì bơm Assist sẽ tắt đi, chỉ còn bơm Duty chạy. Tăng áp suất lên trên ngưỡng High Alarm/Stop All thì sẽ ngừng chạy tất cả bơm.

Chuyển qua chế độ Standby ta có ba mức:

- High Alarm/Stop All : dùng tắt cả các bơm và cảnh báo áp suất đạt ngưỡng cao.
- Duty Start: Chạy bơm Duty
- Low Alarm: cảnh báo áp suất đạt ngưỡng thấp.

Ta cho áp suất giảm xuống dưới ngưỡng Duty Start là 500 kPa thì bơm Duty bắt đầu chạy.



Hình 4.25 Bơm Duty bắt đầu chạy khi áp suất dưới ngưỡng Duty Start

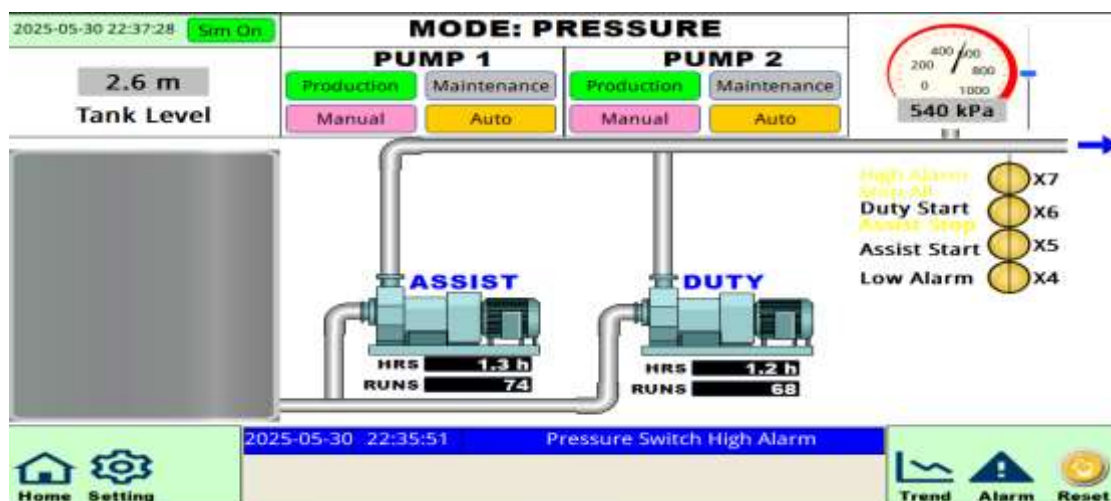
Trong khi bơm chạy Duty, hai bơm sẽ luân phiên nhau chạy để mỗi bơm đều có thời gian nghỉ. Cho áp suất tăng hơn ngưỡng High Alarm/Stop All thì cho ngừng chạy tất cả bơm.

4.1.4.2 Mô phỏng với tín hiệu Digital

Tiếp đến ta cho tín hiệu input là Digital, chọn Digital ở Main Control Input trong

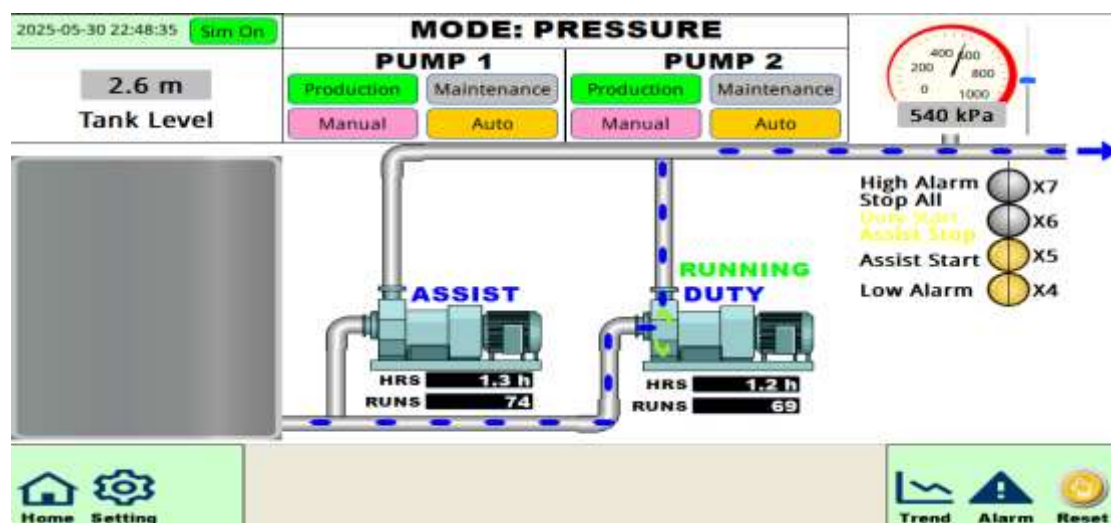


Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng



Hình 4.26 Giao diện chế độ Pressure, chế độ bơm Assist với tín hiệu Digital

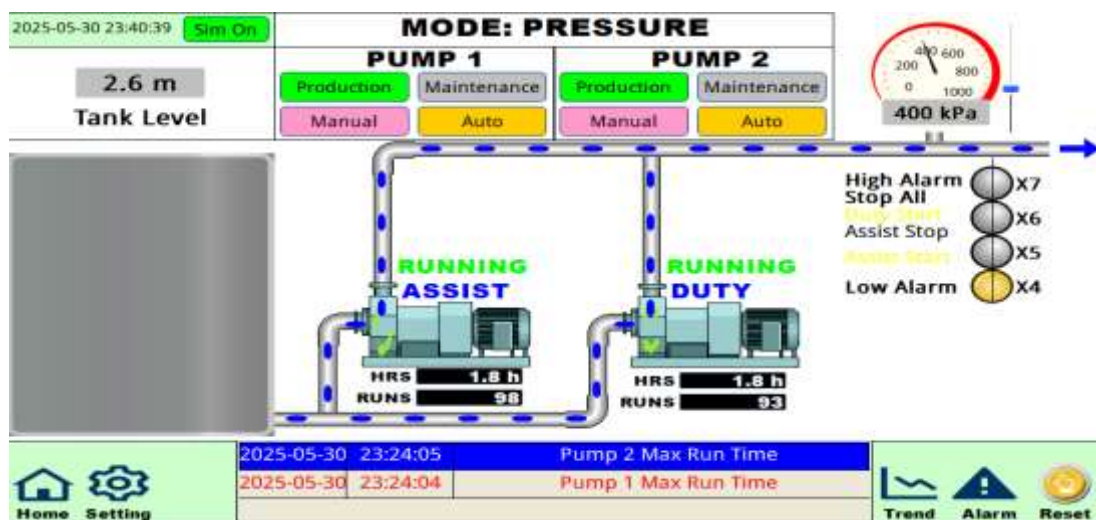
Hiện tại các công tắc áp suất đang được bật nghĩa là áp suất trong đường ống đã trên ngưỡng cao nên bơm không hoạt động. Tắt X7, nghĩa là công tắc ở ngưỡng High Alarm/Stop All được tắt, hệ thống hết cảnh báo. Tắt X6, công tắc ở ngưỡng Duty Start tắt thì bơm Duty bắt đầu chạy.



Hình 4.27 Bơm Duty bắt đầu chạy khi X7, X6 tắt

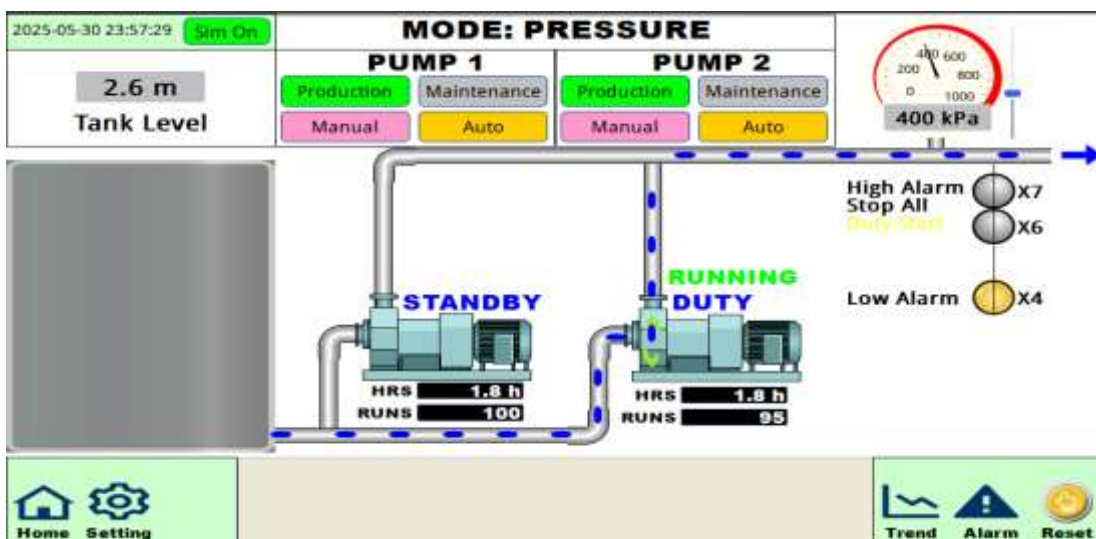
Tắt X5, công tắc ở ngưỡng Assist Start tắt, bơm Assist bắt đầu chạy tăng cường.

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng



Hình 4.28 Bơm Assist bắt đầu chạy khi X5 tắt

Tắt X4 thì sẽ hiển thị cảnh báo áp suất dưới ngưỡng thấp “Pressure Switch Low Alarm”.
 Bật X5 và X6 thì bơm Assist sẽ ngừng chạy, còn lại bơm Duty hoạt động và chạy đến khi X7 được bật thì cho ngừng toàn bộ bơm.
 Chế độ Standby cũng có ba mức tương ứng với ba ngưỡng hoạt động và chỉ chạy bơm Duty, bơm Standby chờ sẵn và chạy khi bơm Duty đã chạy hết thời gian tối đa và hai bơm chạy luân phiên nhau.



Hình 4.29 Bơm Duty chạy khi X7,X6 tắt ở chế độ Standby

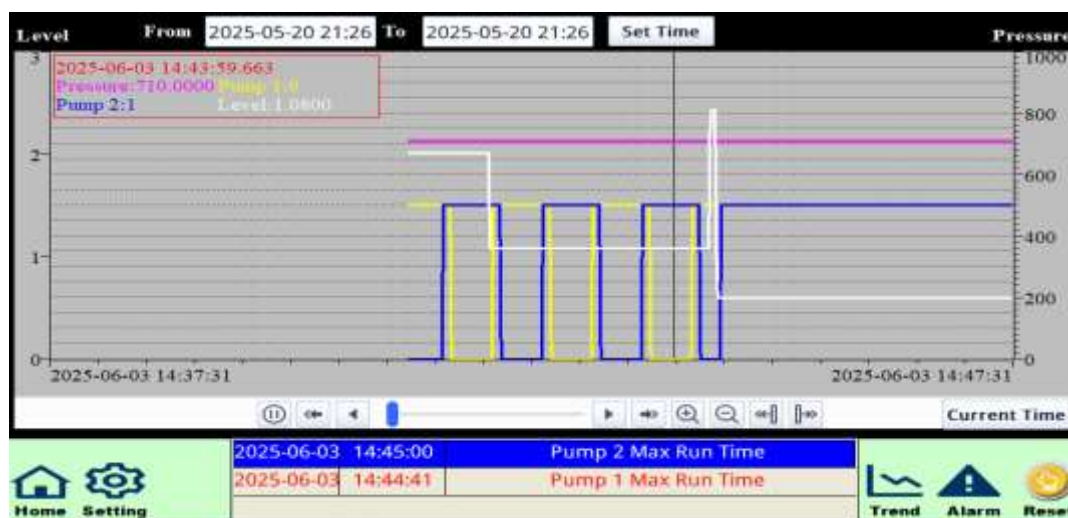
4.2 Các trang giao diện khác

Ngoài trang giao diện P&ID chính thì ta có hai trang khác là Alarm và Trend. Với trang Alarm ta có thể xem các cảnh báo, lỗi đã gặp phải trong suốt quá trình vận hành như: lỗi quá nhiệt bơm, cảnh báo High Alarm, Low Alarm, bơm đã chạy tới thời gian tối đa,...



Hình 4.30 Giao diện trang Alarm

Với trang Trend ta có thể theo dõi các thay đổi của mức nước, áp suất, tình trạng bật/tắt của các bơm. Ta có thể chọn vào một thời điểm bất kì trong ngày để kiểm tra các thông số trên.



Hình 4.31 Giao diện trang Trend

4.3 Kết luận chương 4

Trong chương cuối này, chúng em đã thực hiện mô phỏng thành công quy trình vận hành của hệ thống thông qua các chế độ Fill, Empty và Pressure, các chế độ điều khiển với tín hiệu số và tương tự, cùng với chế độ chức năng bơm Duty/Standby và Duty/Assist được trình bày rõ ràng. Ngoài ra, chương cũng mô tả các chức năng cảnh báo và xu hướng hoạt động qua các trang Alarm và Trend. Giao diện HMI được thiết kế thân thiện với người dùng đã giúp dễ dàng quan sát, theo dõi và điều khiển hệ thống. Kết quả mô phỏng đã chứng minh được tính linh hoạt, ổn định và khả năng ứng dụng cao của hệ thống điều khiển trạm bơm đa năng mà chúng em đã thiết kế.

KẾT LUẬN CHUNG

Đồ án “Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng” đã được thực hiện kịp tiến độ, đáp ứng các yêu cầu đề ra về thiết kế một hệ thống điều khiển linh hoạt, hiệu quả và phù hợp với nhiều kịch bản vận hành khác nhau. Hệ thống sử dụng PLC Inovance Easy320 kết hợp với HMI ITS7070EH-G đã tích hợp thành công các chế độ điều khiển đa dạng như Fill mode, Empty mode, Pressure mode, hỗ trợ cả tín hiệu số và tín hiệu tương tự từ các cảm biến như phao điện, cảm biến mức nước, công tắc áp suất và cảm biến áp suất. Việc áp dụng phương pháp khởi động trực tiếp (DOL) đã đảm bảo tính an toàn và độ bền cho hệ thống cỡ nhỏ và trung bình. Giao diện HMI thân thiện với các trang chức năng như P&ID, Setting, Alarm, và Trend đã cung cấp khả năng giám sát và vận hành dễ dàng, đáp ứng nhu cầu đa dạng của các ứng dụng thực tế như bơm nước cấp, tưới tiêu, cứu hỏa, và tăng áp.

Sau quá trình nghiên cứu, thiết kế, mô phỏng, đồ án đạt được các kết quả sau:

- Mô tả được quy trình vận hành của hệ thống, nêu được các chức năng bơm, phân tử đo lường và các phương pháp điều khiển.
- Tìm hiểu và lựa chọn các thiết bị như PLC, HMI, cảm biến, các phần tử cho phương pháp khởi động trực tiếp (DOL).
- Xây dựng lưu đồ thuật toán (kèm theo giải thích), lập trình PLC và HMI hiệu quả bằng phần mềm AutoShop và InoTouchPad.
- Mô phỏng được quy trình vận hành hệ thống, chứng minh khả năng hoạt động ổn định trong các kịch bản thực tế với hai bơm hoạt động ở chế độ Duty/Standby và Duty/Assist.
- Đảm bảo tính an toàn và tối ưu hóa tuổi thọ bơm thông qua các cơ chế chạy luân phiên nhờ vào việc cài đặt thời gian chạy tối đa/tối thiểu cho bơm.

Đồ án đã mang lại những đóng góp sau:

- Cung cấp một giải pháp điều khiển toàn diện, phù hợp với các hệ thống trạm bơm quy mô nhỏ đến trung bình, đáp ứng nhu cầu đa dạng của khách hàng.
- Góp phần nâng cao hiểu biết về ứng dụng PLC và HMI trong lĩnh vực tự động hóa, đặc biệt là trong các hệ thống trạm bơm.

Thiết kế tủ điều khiển trạm bơm đa năng

- Tạo nền tảng cho việc nghiên cứu và phát triển các hệ thống điều khiển trạm bơm tiên tiến hơn, hỗ trợ mở rộng và tích hợp với các công nghệ hiện đại.

Mặc dù đã đạt được những kết quả tích cực, đồ án vẫn còn nhiều hướng có thể phát triển thêm trong tương lai như: nâng cấp giao diện HMI, thêm các tính năng đăng nhập, mở rộng thêm số lượng bơm cần điều khiển, tích hợp thêm biến tần và PID, thêm hệ thống giám sát từ xa SCADA hoặc giao tiếp IOT,...

Trong quá trình thực hiện đồ án, nhóm em đã tích lũy được nhiều kinh nghiệm trong việc thiết kế, lập trình và vận hành hệ thống trạm bơm đa năng. Những sai sót gặp phải trong thời gian thực hiện đồ án sẽ là bài học quý báu để nhóm có thể rút ra nhiều kinh nghiệm và cố gắng cải thiện bản thân để giúp ích cho các dự án khác cũng như công việc sau này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Inovance, “H5U and Easy Series Programmable Logic Controllers – Instruction Guide”, 19012250 A12.
- [2] ThS Nguyễn Bê, ThS Khương Công Minh, KS Lê Tiến Dũng, “Bài giảng Trang bị điện trong máy”, Bộ môn TD-ĐL, Khoa Điện – Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng, 9-2005, Trang 68-74.
- [3] Westerntechn, “Cách tính toán lựa chọn khởi động từ, rơ le nhiệt”, <https://westerntechn.com.vn/cach-tinh-toan-lua-chon-khoi-dong-tu-ro-le-nhiet.htm>, truy cập ngày 4/6/2025.
- [4] Allied Pumps, “LOGIKOS Pump Control System Operation & Maintenance Manual”, <https://shop.alliedpumps.com.au/resources/LOGIKOS%20Pump%20Control%20System%20Manual%20Version%2006.pdf>, truy cập ngày 4/5/2025.
- [5] Inovance Technology Europe, “Easy Series PLC Brochure”, https://www.inovance.eu/fileadmin/downloads/Brochures/EN/Easy_Series_PLB_Cr_EN_Singles_Web_V0.1.pdf, truy cập ngày 22/4/2025.
- [6] Engineering ToolBox, “Pumps - Parallel vs. Serial Arrangement”, https://www.engineeringtoolbox.com/pumps-parallel-serial-d_636.html, truy cập ngày 20/4/2025.
- [7] Inovance, “Easy320 Programmable Logic Controller User Manual”, PS00005850A05.
- [8] Pumps UK Products, “What do the terms Standby, Duty and Assist mean?”, <https://www.pumpsukproducts.com/guides/standby-duty-assist/>, truy cập ngày 16/4/2025.
- [9] Moduquip, “Understanding Duty Standby Arrangements in Pump Stations”, <https://www.moduquip.com/post/understanding-duty-standby-arrangements-in-pump-stations>, truy cập ngày 16/4/2025.
- [10] Inovance Vietnam, “Tài phần mềm lập trình PLC Inovance – AutoShop V4.10.1.1, hướng dẫn chi tiết”, <https://inovancevietnam.vn/khoa-hoc-cong-nghe/tai-phan-mem-lap-trinh-plc-inovance-autoshop-v4-10-1-1-huong-dan-chi-tiet-248.html>, truy cập ngày 4/5/2025.
- [11] Hoàng Ngân TEC, “Hướng dẫn lập trình HMI Inovance cơ bản”, <https://hoangngantec.com.vn/huong-dan-lap-trinh-hmi-inovance/>, truy cập ngày 4/5/2025.
- [12] Wolf Automation, “What is Direct On Line (DOL) Motor Control?”, <https://www.wolfautomation.com/blog/what-is-direct-on-line-dol-motor-control/>, truy cập ngày 06/06/2025.