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 ĐIỀU KHIỂN, GIÁM SÁT VÀ QUẢN LÝ NĂNG LƯỢNG CHO NHÀ SẢN XUẤT MÁY BAO BÌ

Người hướng dẫn : **TS. NGÔ ĐÌNH THANH**
Đồng hướng dẫn : **KS. TRẦN QUẢNG PHÚ**
Sinh viên thực hiện : **PHẠM XUÂN AN – MSSV: 105200441**
TRẦN VĂN HIỀN – MSSV: 105200447
Lớp : **20TDHCLC3**

Đà Nẵng, 6/2025

TÓM TẮT

Tên đề tài : **"*Thiết kế hệ thống điều khiển, giám sát và quản lý năng lượng cho nhà máy sản xuất bao bì*"**

Sinh viên thực hiện: Phạm Xuân An Số thẻ SV: 105200441

Trần Văn Hiền 105200447

Lớp : 20TDHCLC3

Nội dung tóm tắt của đề tài :

Đề tài **"Thiết kế hệ thống điều khiển, giám sát và quản lý năng lượng cho nhà máy sản xuất bao bì"** tập trung vào việc ứng dụng nền tảng WinCC Unified để xây dựng hệ thống BMS (Building Management System) cho nhà máy sản xuất bao bì Tetra Pak. Phạm vi đề tài được thiết kế để điều khiển và giám sát hệ thống điều hòa không khí (HVAC), đồng thời được tích hợp phân hệ quản lý năng lượng (EMS – Energy Management System) giúp theo dõi, phân tích và tối ưu hóa mức tiêu thụ năng lượng trong nhà máy. Đề tài không chỉ góp phần nâng cao hiệu quả vận hành và tiết kiệm chi phí năng lượng, mà còn tạo nền tảng cho việc triển khai các mô hình nhà máy thông minh, hướng đến mục tiêu chuyển đổi số và số hoà nhà máy.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN

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

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

TT	Họ tên sinh viên	Số thẻ SV	Lớp	Ngành
1	Phạm Xuân An	105200441	20TDHCLC3	Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa
2	Trần Văn Hiền	105200447	20TDHCLC3	Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa

1. *Tên đề tài luận văn: Thiết kế hệ thống điều khiển, giám sát và quản lý năng lượng cho nhà máy sản xuất bao bì*
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	Phạm Xuân An	- Lên ý tưởng và chọn đề tài - Tìm hiểu về nhà máy Tetra Pak - Tìm hiểu về hệ thống BMS - Tìm hiểu về hệ thống HVAC bao gồm Chiller, AHU, FCU, Cooling Tower… - Tìm hiểu về hệ thống quản lý năng lượng - Tìm hiểu về WinCC Unified
2	Trần Văn Hiền	

b. Phần riêng

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Phạm Xuân An	- Xây dựng quy trình công nghệ cho hệ thống Chiller và AHU - Lựa chọn kiến trúc, sơ đồ mạng hệ thống - Tính chọn các thiết bị, lên danh sách thiết bị dự án - Thiết kế hệ thống điều khiển - Viết chương trình điều khiển cho hệ thống HVAC - Đưa dữ liệu lên Internet
2	Trần Văn Hiền	- Xây dựng hệ thống quản lý năng lượng cho nhà máy - Xây dựng mô hình quản lý năng lượng - Viết chương trình quản lý năng lượng - Lên ý tưởng phác thảo giao diện web thông qua Figma - Thiết kế giao diện giám sát Web cho hệ thống HVAC - Thiết kế giao điện quản lý năng lượng

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
		- Thiết kế bản vẽ nguyên lý AHU cho cả nhà máy - Thiết kế bản vẽ nguyên lý của hệ thống Chiller

b. Phần riêng:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Phạm Xuân An	Thiết kế bản vẽ Wiring (A3)
2	Trần Văn Hiền	Thiết kế Layout bố trí thiết bị trong tủ (A3)

6. Họ tên người hướng dẫn:

Họ tên người hướng dẫn:	**Phần/Nội dung:**
TS. Ngô Đình Thanh	- Theo dõi và hướng dẫn trong suốt quá trình thực hiện đề tài - Cung cấp các tài liệu liên quan đến đề tài
KS. Trần Quảng Phú	

7. Ngày giao nhiệm vụ luận văn: 20/02/2025

8. Ngày hoàn thành luận văn: 10/06/2025

Hà Nội, ngày 10 tháng 06 năm 2025

Trưởng Bộ môn Tự động hoá	**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 VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU KIỂM SOÁT TIẾN ĐỘ LÀM ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

TT	Họ tên sinh viên	Số thẻ SV	Lớp	Ngành
1	Phạm Xuân An	105200441	20TDHCLC3	Kỹ thuật điều khiển và Tự động hoá
2	Trần Văn Hiền	105200447	20TDHCLC3	Kỹ thuật điều khiển và Tự động hoá

Tên đề tài đồ án: ***"Thiết kế hệ thống điều khiển giám sát và quản lý năng lượng cho nhà máy sản xuất bao bì".***

GVHD: TS.Ngô Đình Thanh CBHD: KS.Trần Quảng Phú

Đơn vị: ESTEC

Tuần	Ngày	Khối lượng		GVHD ký tên
		Đã thực hiện(%)	**Tiếp tục thực hiện(%)**	
1	11/03/2025	- Nhận đề tài	- Nghiên cứu đề tài, đọc hiểu các tài liệu đi kèm	
2	15/03/2025	- Tìm hiểu các đề tài tương tự và ứng dụng	- Xác định mục tiêu, định hướng cụ thể cho đề tài	
3	20/03/2025	- Đưa ra phương án thiết kế, phân chia công việc cần thực hiện.	- Viết báo cáo chương 1 - Tìm hiểu về nhà máy Tetra PAK - Tìm hiểu phần mềm Tia Portal, WinCC Unifiled, Figma	
4	01/04/2025	- Hoàn thành báo cáo chương 1. - Hiểu được chức năng, ứng dụng phần mềm Tiaportal, WinCC unified, Figma - Hiểu được nhu cầu về chất lượng không khí cho nhà máy	- Viết báo cáo chương 2 - Phác hoạ giao diện hệ thống trên Figma - Nghiên cứu về quy trình công nghệ hệ thống Chiller - Nghiên cứu về quy trình công nghệ hệ thống AHU	
		Duyệt lần 1: Đánh giá khối lượng hoàn thành..……% :		

		Được tiếp tục làm ĐATN □ Không được tiếp tục thực hiện ĐATN □		
5	15/04/2025	- Hiểu được quy trình công công nghệ hệ thống Chiller - Hiểu được quy trình công công nghệ hệ thống AHU	- Thiết kế lưu đồ thuật toán - Lập trình hệ thống trên Tia Portal. - Khảo sát mặt bằng và tính toán lắp đặt các thiết bị - Vẽ bảng vẽ Layout, Wiring. - Xác định mô hình phân cấp cho hệ thống	
6	25/04/2025	- Hoàn thành được lưu đồ thuật toán. - Thuyết minh sơ đồ điều khiển cho hệ thống	- Tính chọn các thiết bị có trong hệ thống. - Nghiên cứu thiết kế hệ thống điều khiển cho toà nhà - Lên phương án bố trí tủ điện	
7	05/05/2025	- Hoàn thành báo cáo chương 2. - Hoàn thành chương trình điều khiển của AHU - Hoàn thành phương án bố trí tủ	- Viết báo cáo chương 3. - Thiết kế hệ thống BMS điều khiển HVAC cho nhà máy - Xây dựng Web Server Thông qua phần mềm WinCC Unified	
8	10/05/2025	- Hoàn thành chương trình điều khiển của hệ thống Chiller - Hoàn thành các thiết bị cho hệ thống	- Nghiên cứu phương pháp truyền thông. - Viết báo cáo chương 3	
		Duyệt lần 2: Đánh giá khối lượng hoàn thành..……% : Được tiếp tục làm ĐATN □ Không được tiếp tục thực hiện ĐATN □		
9	15/05/2025	- Hoàn thiện bảng vẽ Layout, Wiring. - Hoàn thiện phương án truyền thông - Hoàn thành báo cáo chương 3	- Viết báo cáo chương 4 - Xác định cấu trúc của hệ thống BMS - Đưa dữ liệu từ WebServer lên Internet	
10	20/05/2025	- Lên ý tưởng thiết kế mô hình giám sát năng lượng sử dụng đồng hồ đo PAC3200. - Hoàn thành báo cáo chương 4.	- Lập trình Tia Portal đọc dữ liệu từ PAC3200. - Cách điều khiển động cơ không đồng bộ 3 pha bằng biến tần G120 - Viết báo cáo chương 5	

11	27/05/2025	- Đọc dữ liệu từ PAC3200. - Cấu hình phần cứng được các thiết bị	- Tìm hiểu về giải pháp quản lý năng lượng - Xuất báo cáo về điện năng tiêu thụ ra file Excel	
12	01/06/2025	- Điều khiển được động không đồng bộ thông quá biến tần	- Tiến hành đưa dữ liệu lên HMI, giao diện trực quan qua WinCC Unified của hệ thống quản lý năng lượng.	
		Duyệt lần 3: Đánh giá khối lượng hoàn thành..…..% : Được tiếp tục làm ĐATN □ Không được tiếp tục thực hiện ĐATN □		
13	03/06/2025	- Viết báo cáo chương 5. - Đưa được dữ liệu thể hiện lên HMI, - Hoàn thành chạy thử mô hình thực hiện lấy mẫu điện năng tiêu thụ tại công ty ESTEC.	- Tạo các giới hạn cảnh báo về điện năng - Khắc phục sửa lỗi phần cứng để hoàn thiện hơn. - Chờ mô hình lấy mẫu tiêu thụ điện năng. - Nghiên cứu hoàn thiện thuyết minh.	
14	10/06/2025	- Quay video mô hình - Hoàn thành báo cáo chương 5. - Hoàn thiện thuyết minh.		

LỜI CẢM ƠN

Trong suốt quá trình học tập, thực hiện và hoàn thành đồ án tốt nghiệp này, chúng em đã nhận được rất nhiều sự hướng dẫn tận tình của các thầy cô trong Khoa Điện, các anh/chị ở công ty ESTEC. Chúng em xin được bày tỏ lời cảm ơn chân thành đến:

- Ban giám hiệu Trường Đại học Bách khoa - Đại Học Đà Nẵng, Khoa Điện đã tạo mọi điều kiện để chúng em thực hiện đề tài tốt nghiệp này.

- Chúng em xin gửi lời cảm ơn đến thầy TS. Ngô Đình Thanh - Giảng viên bộ môn Tự động hóa đã hết lòng chỉ bảo và giúp đỡ, tạo điều kiện tốt nhất để chúng em có thể hoàn thành tốt Đồ án tốt nghiệp của mình.

- Xin chân thành cảm ơn các thầy cô trong hội đồng bảo vệ, phản biện đã có những góp ý để đồ án của chúng em có thể hoàn thiện đồ án tốt hơn.

- Về phía công ty TNHH Kỹ thuật Công nghệ Điện Tự Động Biển Đông (ESTEC), chúng em xin chân thành cảm ơn anh Trần Quảng Phú và tất cả các anh chị khác trong công ty đã hướng dẫn, chỉ bảo tận tình, tạo những điều kiện tốt nhất để giúp em hoàn thành tốt Đồ án tốt nghiệp, các kĩ năng, kinh nghiệm quý báu trong kỳ thực tập tốt nghiệp cũng như đồ án tốt nghiệp này.

CAM ĐOAN

Chúng tôi xin cam đoan:

1. Những nội dung trong đồ án này là do chúng tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn trực tiếp của thầy TS. Ngô Đình Thanh và KS. Trần Quảng Phú.
2. Mọi kiến thức và tài liệu trong quá trình thực hiện đồ án này đã được chỉ rõ nguồn gốc.
3. Mọi sao chép không hợp lệ, vi phạm các quy chế đào tạo hay gian trá, chúng tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm.

Sinh viên 1	**Sinh viên 2**
(*Chữ ký, họ và tên sinh viên*)	(*Chữ ký, họ và tên sinh viên*)

MỤC LỤC

TÓM TẮT ..... **ii**
NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ..... **iii**
PHIẾU KIỂM SOÁT TIẾN ĐỘ LÀM ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ..... **iii**
LỜI CẢM ƠN ..... **iix**
CAM ĐOAN ..... **v**
MỤC LỤC ..... **vi**
DANH MỤC BẢNG ..... **xiv**
DANH MỤC HÌNH ẢNH ..... **xviii**
DANH SÁCH CHỮ VIẾT TẮT ..... **ixviii**
MỞ ĐẦU **1**
Chương 1: BỐI CẢNH VÀ ĐỘNG LỰC ĐỂ TÀI **1**
1.1 Tầm quan trọng của việc sử dụng năng lượng công nghiệp 3
1.2 Tổng quan về hệ thống BMS trong nhà máy 4
1.2.1 Giới thiệu chung về hệ thống BMS 4
1.2.2 Cấu trúc, xu hướng và tương lai của hệ thống BMS trong nhà máy 4
1.3 Tổng quan về hệ HVAC 6
1.3.1 Máy làm nước Chiller 6
1.3.2 Bộ xử lý không khí AHU 7
1.3.3 Tháp giải nhiệt 9
1.3.4 Dàn lạnh cục bộ FCU 9
1.4 Đặt vấn đề 10
1.4.1 Tổng quan về nhà máy Tetra Pak 10
1.4.2 Vấn đề đặt ra 10
1.5 Đề xuất giải pháp 11
Chương 2: NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG HVAC CHO NHÀ MÁY TETRA PAK **12**
2.1 Yêu cầu công nghệ của hệ thống 12
2.2 Sơ đồ nguyên lý của hệ thống 12

2.3 Quy trình công nghệ hệ thống Chiller 15
2.3.1 Sơ đồ nguyên lý của Chiller 15
2.3.2 Thuyết minh sơ đồ điều khiển 15
2.3.3 Lưu đồ thuật toán chạy hệ thống Chiller 20
2.4 Quy trình công nghệ hệ thống AHU 23
2.4.1 Sơ đồ nguyên lý của AHU 23
2.4.2 Thuyết minh sơ đồ điều khiển AHU 23
2.4.3 Lưu đồ thuật toán chạy hệ thống AHU 24
2.5 Sơ đồ bố trí các thiết bị 25
Chương 3: THIẾT KẾ PHẦN ĐỘNG LỰC CHO HỆ THỐNG 27
3.1 Mô hình phân cấp của hệ thống 27
3.1.1 Cấp vận hành 27
3.1.2 Cấp điều khiển 28
3.1.3 Cấp trường 28
3.2 Thiết kế phần cứng 28
3.3 Danh mục các thiết bị chính sử dụng 30
3.3.1 Máy làm lạnh nước Chiller 30
3.3.2 Tháp giải nhiệt 31
3.3.3 Bộ xử lý không khí AHU 31
3.3.4 Hệ thống bơm 32
3.3.5 Hệ thống van 33
3.3.6 Thiết bị đo 34
3.3.7 Các thiết bị trong tủ điều khiển 35
3.4 Xác định các biến điều khiển 38
3.5 Tính chọn các thiết bị điện 39
3.6 Thiết kế sơ đồ, bản vẽ thi công 39
Chương 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN 42
4.1 Cấu trúc chung của hệ thống 42
4.1.1 Thiết bị phòng điều khiển trung tâm 42

4.1.2 Các thiết bị điều khiển DDC 42
4.1.3 Mạng và truyền thông.....43
4.2 Chương trình điều khiển của hệ thống 43
4.2.1 Sơ đồ kết nối hệ thống điều khiển trong Tia Portal.....43
4.2.2 Chương trình điều khiển của hệ thống 44
4.2.3 Bộ điều khiển PID 46
4.3 Xây dựng hệ thống giao diện Web Server vận hành cho HVAC.....48
4.3.1 Giao diện giám sát và điều khiển 49
4.3.2 Hệ thống đồ thị, cảnh báo và lịch trình 51
4.3.3 Nhận xét.....52
4.4 Đưa dữ liệu lên Internet.....53
Chương 5: XÂY DỰNG HỆ THỐNG QUẢN LÝ NĂNG LƯỢNG CHO NHÀ MÁY.....55
5.1 Giải pháp quản lý năng lượng 55
5.1.1 Quản lý phụ tải theo khung giờ 55
5.1.2 Cài đặt đường cơ sở.....56
5.1.3 Thiết lập hệ thống cảnh báo.....57
5.2 Hệ thống quản lý năng lượng tại nhà máy.....59
5.2.1 Sơ đồ tổng quan của hệ thống quản lý năng lượng tại nhà máy.....59
5.2.2 Giao diện quản lý năng lượng của nhà máy 60
5.3 Thi công mô hình quản lý năng lượng 63
5.3.1 Mục đích xây dựng mô hình.....63
5.3.2 Tổng quan kết nối phần cứng 63
5.3.3 Giao thức truyền thông của mô hình 65
5.3.4 Giao diện HMI giám sát năng lượng 66
5.3.5 Kết quả chạy thực thế tại công ty ESTEC.....66
KẾT LUẬN 68
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....1

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2.1 Thông số kỹ thuật các hệ thống nước lạnh (Chiller) trong nhà máy 13
Bảng 3.1 Tín hiệu điều khiển 38
Bảng 4.1 Chức năng của các khối Function Block trong chương trình điều khiển 46
Bảng 5.1 Các thiết bị phần cứng 64

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1 Biểu đồ điển hình mức tiêu thụ năng lượng 3
Hình 1.2 Hiểu đúng về cấu trúc BMS trong nhà máy 5
Hình 1.3 Cấu trúc của hệ thống BMS cho nhà máy 5
Hình 1.4 Hệ thống HVAC điển hình 6
Hình 1.5 Cấu tạo của chiller giải nhiệt nước 7
Hình 1.6 Cấu tạo của AHU 8
Hình 1.7 Tháp giải nhiệt nước 9
Hình 1.8 Dàn lạnh cục bộ FCU 9
Hình 1.9 Nhà máy Tetra Pak Bình Dương 10
Hình 1.10 Giải pháp phần mềm cho hệ thống 11
Hình 2.1 Sơ đồ nguyên lý 13
Hình 2.2 Sơ đồ nguyên lý hệ thống Chiller 15
Hình 2.3 Quy trình chạy và dừng hệ thống Chiller – AUTO 20
Hình 2.4 Quá trình chạy Van bypass 20
Hình 2.5 Quy trình chạy tự động theo PID - AUTO 21
Hình 2.6 Quá trình điều tiết tải tăng và giảm số lượng Chiller – AUTO 21
Hình 2.7 Quá trình sắp xếp thứ tự ưu tiên theo thời gian hoạt động - AUTO 22
Hình 2.8 Sơ đồ nguyên lý của AHU 23
Hình 2.9 Quy trình chạy AUTO - FCU 24
Hình 2.10 Quy trình chạy AUTO – AHU 25
Hình 2.11 Sơ đồ công nghệ hệ thống xử lý không khí AHU của nhà máy 26
Hình 3.1 Mô hình phần cấp của hệ thống 27
Hình 3.2 Tổng quan về hệ thống điều khiển 29
Hình 3.3 Thông số kỹ thuật của máy làm lạnh nước Chiller 31
Hình 3.4 Thông số kỹ thuật của tháp giải nhiệt 31
Hình 3.5 Thông số kỹ thuật của AHU 32
Hình 3.6 Thông số kỹ thuật bơm nước giải nhiệt 32
Hình 3.7 Thông số kỹ thuật bơm nước lạnh 33
Hình 3.8 Thông số kỹ thuật của van AHU 33
Hình 3.9 Thông số van trong hệ thống Chiller 34
Hình 3.10 Cảm biến nhiệt độ - độ ẩm và sơ đồ đấu nối 34
Hình 3.11 Cảm biến áp suất và sơ đồ đấu nối 35
Hình 3.12 Cảm biến chênh áp và sơ đồ đấu nối 35

Hình 3.13 PLC S7-1500 36
Hình 3.14 Module I/O SIMATIC ET 200SP 36
Hình 3.15 Power Module PM230 37
Hình 3.16 Control Unit CU230P-2PN 37
Hình 3.17 Bản vẽ bố trí các thiết bị trong tủ 40
Hình 3.18 Sơ đồ truyền thông giữa các thiết bị 40
Hình 3.19 Sơ đồ mạch động lực của động cơ 41
Hình 3.19 Sơ đấu nối tin hiệu cảm biến 41
Hình 4.1 Phòng điều khiển trung tâm của hệ thống 42
Hình 4.2 Kết nối truyền thông các thiết bị 44
Hình 4.3 Sơ đồ khối chương trình điều khiển tại tủ 2104 45
Hình 4.4 Sơ đồ nguyên lý bộ điều khiển PID 46
Hình 4.5 Cách thông số chính của khối PID_Compact 47
Hình 4.6 Cấu hình cho bộ PID 47
Hình 4.7 Kết quả khi chạy Auto Tuning 48
Hình 4.8 Giao diện màn hình chính 49
Hình 4.9 Giao diện giám sát và vận hành hệ thống Chiller 49
Hình 4.10 Giao diện giám sát và vận hành hệ thống AHU 50
Hình 4.11 Dữ liệu các cảm biến 51
Hình 4.12 Giao diện cảnh báo 51
Hình 4.13 Màn hình cài đặt lịch trình 52
Hình 4.14 Mô hình điều khiển, giám sát từ xa 53
Hình 4.15 Mô hình truy cập giám sát hệ thống từ xa qua Internet 54
Hình 5.1 Thuật toán tính điện năng tiêu thụ và giá tiền tại các khung giờ 56
Hình 5.2 Minh hoạ về đường cơ sở tiêu thụ năng lượng 56
Hình 5.3 Thuật toán cảnh báo hệ thống điện 58
Hình 5.4 Sơ đồ cấu trúc F&B 59
Hình 5.5 Sơ đồ đấu nối Engergy meter tại tủ điều khiển 60
Hình 5.6 Dữ liệu điện năng tại mỗi khu vực 61
Hình 5.7 Giao diện hệ thống quản lý năng lượng 61
Hình 5.8 Quy trình xuất báo cáo 62
Hình 5.9 Báo cáo điện năng 62
Hình 5.10 Sơ đồ kết nối 63
Hình 5.11 Kết nối 3P4W, tải không cân bằng, không biến áp điện áp, với 3 biến dòng 64
Hình 5.12 Truyền thông Modbus TCP/IP 65

Hình 5.13 Khối lưu trữ dữ liệu lấy được từ đồng hồ đo PAC3200 65
Hình 5.14 Giao diện thông số điện năng và chi phí tiền điện từng khu vực 66
Hình 5.15 Biểu đồ công suất tiêu thụ theo chu kỳ 2 giờ 66
Hình 5.16 Biểu đồ công suất tiêu thụ tại các khung giờ trọng điểm 66
Hình 5.17 Chạy thử mô hình thực tế tại công ty ESTEC 67

DANH SÁCH CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Giải nghĩa tiếng Anh	Giải nghĩa tiếng Việt
BMS	Building Management System	Hệ thống quản lý tòa nhà
PLC	Programmable Logic Controller	Bộ điều khiển logic lập trình được
HMI	Human Machine Interface	Giao diện người – máy
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning	Hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí
CH	Chilled	Máy làm lạnh nước
SWT	Supply Water Temperature	Nhiệt độ nước cấp
RWT	Return Water Temperature	Nhiệt độ nước hồi
AHU	Air Handling Unit	Bộ xử lý không khí
FCU	Fan Coil Unit	Dàn quạt – ống gió
CT	Cooling Tower	Tháp giải nhiệt
DDC	Direct Digital Control	Điều khiển số trực tiếp
PID	Proportional–Integral–Derivative	Bộ điều khiển tỉ lệ – tích phân – vi phân
IoT	Internet of Things	Internet vạn vật
AI	Artificial Intelligence	Trí tuệ nhân tạo

MỞ ĐẦU

1. MỤC ĐÍCH THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

Nhà máy Tetra Pak là nhà máy sản xuất bao bì vô trùng đầu tiên tại Việt Nam. Nhà máy chuyên sản xuất bao bì cho thực phẩm và đồ uống dạng lỏng. Tetra Pak đã đạt được nhiều chứng nhận cao về an toàn thực phẩm, như BRCGS hạng AA+. Vì vậy, môi trường sản xuất trong nhà máy là yếu tố vô cùng quan trọng.

Vấn đề đặt ra ở đây là: "Làm thế nào để đảm bảo môi trường sản xuất luôn đạt chuẩn?" xuất phát từ thực tiễn đó đề tài của nhóm được đưa ra với trọng tâm là xây dựng hệ thống điều hoà không khí (HVAC) cho nhà máy.

2. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Mục tiêu chính của đề tài là ứng dụng hệ thống điều khiển toà nhà (BMS) nhằm thiết kế hệ thống điều khiển, giám sát và quản lý năng lượng cho hệ thống HVAC trong nhà máy Tetra Pak, từ đó góp phần tối ưu hóa vận hành, đảm bảo chất lượng môi trường sản xuất và tiết kiệm chi phí năng lượng cho nhà máy.

3. PHẠM VI VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Phạm vi đề tài tập trung vào xây dựng hệ thống quản lý năng lượng và điều hoà không khí trong nhà máy Tetra Pak, bao gồm các thành phần như: hệ thống Chiller, AHU (Air Handling Unit), FCU (Fan Coil Unit), Cooling Tower.

Các thiết bị trong mô hình quản lý năng lượng như: đồng hồ điện năng PAC3200, biến tần G120, động cơ không đồng bộ 3 pha, PLC S7-1500, màn hình HMI Simatic Unified Comfort Panel.

4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đề tài sử dụng các phương pháp sau:

- Ứng dụng kiến thức chuyên ngành đã được học tại trường.
- Nghiên cứu tài liệu kỹ thuật liên quan đến hệ thống BMS, HVAC và EMS.
- Khảo sát và phân tích hệ thống thực tế tại nhà máy.
- Thiết kế mô hình mô phỏng và kiểm chứng.

5. CẤU TRÚC CỦA ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Đồ án gồm 5 chương chính, cụ thể như sau:

Chương 1: Bối cảnh và động lực thực hiện đề tài

Trình bày tổng quan về hệ thống BMS, HVAC và vai trò của nó trong nhà máy Tetra Pak, từ đó đưa ra lý do chọn đề tài và giải pháp.

Chương 2: Nghiên cứu và xây dựng hệ thống HVAC cho nhà máy Tetra Pak

Trình bày quy trình công nghệ điều khiển của hệ thống HVAC

Chương 3: Thiết kế phần động lực cho hệ thống

Mô tả tổng quan cấu hình của dự án, sơ đồ kết nối các thiết bị được sử dụng và các bản vẽ thi công.

Chương 4: Thiết kế hệ thống điều khiển

Giới thiệu cấu trúc điều khiển của hệ thống BMS, xây dựng chương trình điều khiển, thiết kế giao diện Webserver bằng phần mềm WinCC Unified, và tích hợp dữ liệu lên Internet.

Chương 5: Xây dựng hệ thống quản lý năng lượng

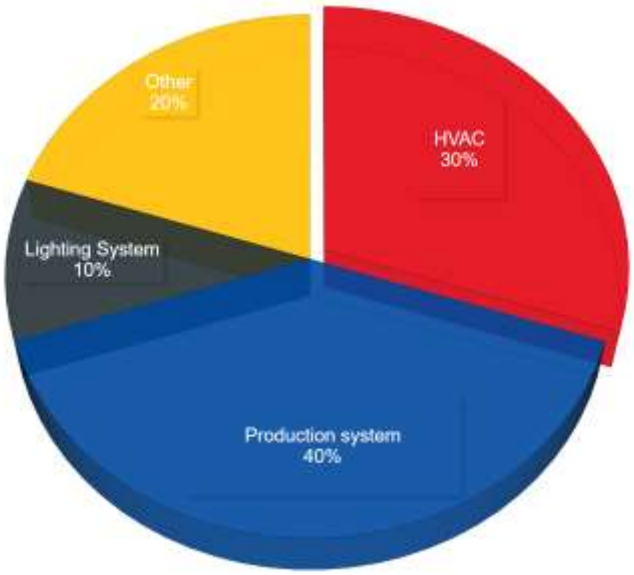
Trình bày giải pháp giám sát, thu thập và phân tích dữ liệu năng lượng trong nhà máy và xây dựng mô hình quản lý năng lượng.

Chương 1: BỐI CẢNH VÀ ĐỘNG LỰC ĐỂ TÀI

1.1 Tầm quan trọng của việc sử dụng năng lượng công nghiệp

Trong bối cảnh hiện nay, khi tốc độ công nghiệp hóa, đô thị hóa ngày càng cao, nhu cầu sử dụng năng lượng trong các nhà máy, xí nghiệp, trung tâm logistics và các công trình công nghiệp hiện đại đang không ngừng gia tăng. Một phần lớn năng lượng tiêu thụ trong công nghiệp không chỉ dành cho vận hành thiết bị sản xuất mà còn cho các hệ thống phụ trợ, đặc biệt là hệ thống HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning – hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí).

Theo thống kê, hệ thống HVAC có thể chiếm đến 30% tổng mức tiêu thụ điện năng trong các nhà máy. Tuy nhiên, ở nhiều nơi hệ thống này vẫn chưa được tối ưu về mặt vận hành, điều khiển chưa theo thời gian thực hoặc chưa tương thích với nhu cầu sử dụng thực tế, dẫn đến tình trạng lãng phí năng lượng, tăng chi phí vận hành, và gây áp lực lên hệ thống điện.



Hình 1.1 Biểu đồ điển hình mức tiêu thụ năng lượng

Trước thực trạng đó, việc ứng dụng các giải pháp công nghệ tiên tiến nhằm kiểm soát, giám sát và tối ưu hóa hoạt động tiêu thụ năng lượng là nhu cầu cấp thiết. Một trong những giải pháp nổi bật hiện nay là triển khai hệ thống BMS (Building Management System) – một hệ thống điều khiển và quản lý tòa nhà thông minh, cho phép kiểm soát tập trung, tự động hóa hoạt động của các thiết bị tiêu thụ năng lượng, đặc biệt là hệ thống HVAC. Việc ứng dụng BMS trong điều khiển HVAC không chỉ giúp

điều chỉnh linh hoạt, mà còn nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng, giảm thiểu tổn thất, kéo dài tuổi thọ thiết bị và hạn chế phát thải khí nhà kính. Đồng thời, hệ thống BMS cũng đóng vai trò là nền tảng kỹ thuật quan trọng cho việc chuyển đổi số ngành công nghiệp, số hoá nhà máy.

1.2 Tổng quan về hệ thống BMS trong nhà máy

1.2.1 Giới thiệu chung về hệ thống BMS

BMS là viết tắt của cụm từ Building Management System – Hệ thống quản lý toà nhà là một hệ thống đồng bộ cho phép điều khiển, giám sát và quản lý mọi hệ thống kỹ thuật trong tòa nhà như hệ thống chiếu sáng, hệ thống điện, hệ thống cung cấp nước, điều hoà thông gió, cảnh báo môi trường, an ninh, báo cháy - chữa cháy v.v…, đảm bảo cho việc vận hành các thiết bị trong tòa nhà hoặc nhà máy được chính xác, kịp thời.

❖ **Các tính năng điển hình của hệ thống BMS gồm có:**

- ✓ Cho phép các thiết bị thông minh trong tòa nhà hoạt động một cách đồng bộ, chính xác theo đúng yêu cầu của người điều hành.
- ✓ Cho phép điều khiển các ứng dụng trong tòa nhà thông qua cáp điều khiển và giao thức mạng.
- ✓ Kết nối các hệ thống kỹ thuật trong tòa nhà qua cổng giao diện mở của hệ thống với các ngôn ngữ giao diện theo tiêu chuẩn quốc tế.
- ✓ Giám sát môi trường không khí, môi trường làm việc của con người
- ✓ Cảnh báo sự cố, đưa ra những tín hiệu cảnh báo kịp thời.
- ✓ Hệ thống BMS linh hoạt, có khả năng mở rộng với các giải pháp sẵn sàng đáp ứng với mọi yêu cầu.

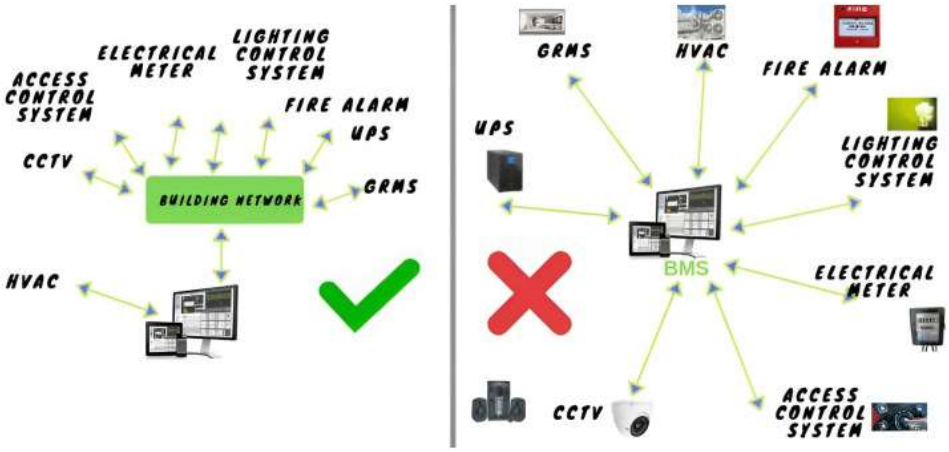
1.2.2 Cấu trúc, xu hướng và tương lai của hệ thống BMS trong nhà máy

Cấu trúc hệ thống BMS trong nhà máy công nghiệp đóng vai trò vô cùng quan trọng trong việc quản lý và điều khiển các hệ thống kỹ thuật của nhà máy. BMS là một hệ thống tự động hóa thông minh, tích hợp nhiều thiết bị và cảm biến để giám sát và điều chỉnh các yếu tố môi trường trong toàn bộ nhà máy.

Trước đây, nhiều hệ thống BMS được triển khai theo phương thức kết nối trực tiếp đến từng thiết bị hoặc hệ thống con trong nhà máy như: HVAC, đèn chiếu sáng, hệ thống báo cháy, CCTV, thiết bị đo điện năng, UPS, kiểm soát ra vào... Mặc dù phương pháp này có thể đảm bảo tính kết nối đầy đủ, nhưng gây ra nhiều hạn chế:

- Tăng số lượng kết nối vật lý, dây dẫn.
- Chi phí lắp đặt và bảo trì cao.
- Khó mở rộng, tích hợp thêm thiết bị mới.

- Khó đạt được khả năng giám sát và điều khiển tập trung toàn diện.

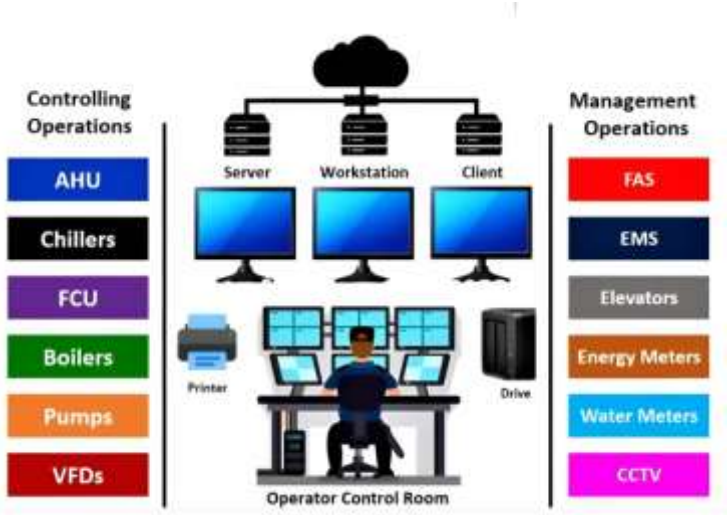


Hình 1.2 Hiểu đúng về cấu trúc BMS trong nhà máy

Hiện nay, cấu trúc BMS đang chuyển sang kiểu kết nối phân tầng thông qua mạng tòa nhà (Building Network), trong đó:

BMS chỉ kết nối trực tiếp với các hệ thống quan trọng như HVAC để đảm bảo kiểm soát chính xác. Các hệ thống còn lại (báo cháy, chiếu sáng, CCTV, đo điện, UPS, GRMS, kiểm soát truy cập...) sẽ kết nối đến một mạng trung gian đo là Building Network, sau đó tích hợp vào BMS thông qua giao thức truyền thông chuẩn. Cách làm này giúp:

- Tăng tính linh hoạt, dễ dàng mở rộng và tích hợp.
- Giảm chi phí triển khai và bảo trì.
- Tăng cường khả năng quản lý tập trung và tối ưu hóa vận hành.
- Tạo điều kiện ứng dụng các giải pháp AI, IoT trong nhà máy thông minh.

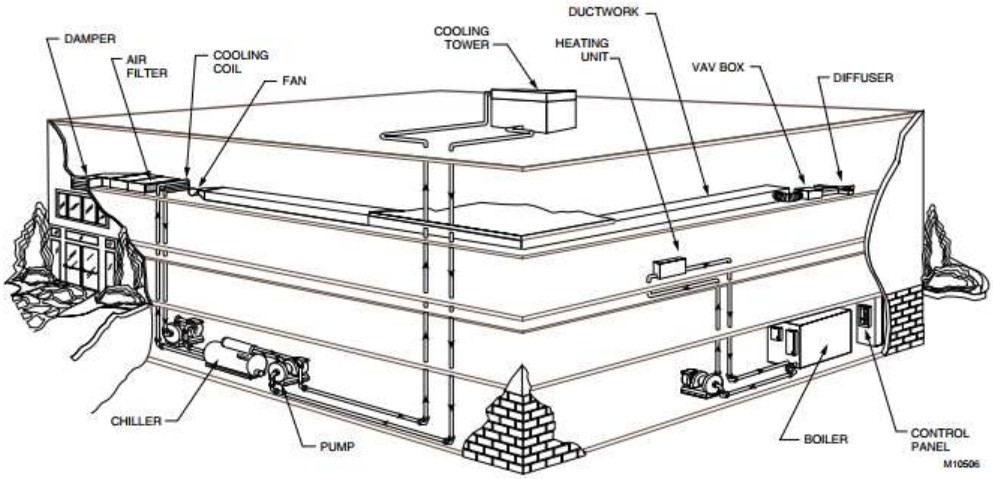


Hình 1.3 Cấu trúc của hệ thống BMS cho nhà máy

1.3 Tổng quan về hệ HVAC

HVAC là viết tắt của cụm từ Heating, Ventilating, and Air Conditioning (Hệ thống sưởi ấm, thông gió và điều hoà không khí) gọi chung là hệ thống điều hòa không khí. Các thiết kế của hệ thống HVAC được dựa trên những nguyên tắc truyền nhiệt, nhiệt động lực học và cơ học chất lỏng.

Mục đích cuối cùng của hệ thống là tạo ra một không gian với nhiệt độ, chất lượng và độ ẩm không khí đạt tiêu chuẩn, nhằm đảm bảo điều kiện tiện nghi và an toàn cho con người cũng như bảo vệ các thiết bị, vật liệu bên trong không gian đó.



Hình 1.4 Hệ thống HVAC điển hình

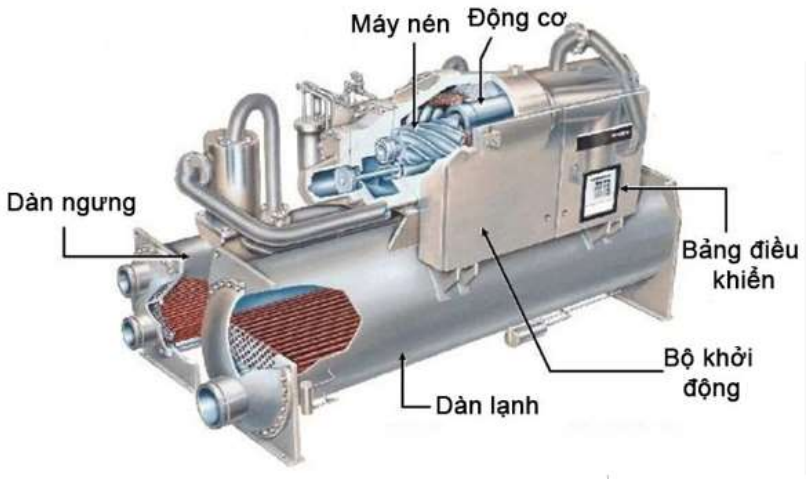
Các thành phần chính phục vụ cho quá trình làm lạnh trong hệ thống HVAC bao gồm:

- Chiller (Máy làm lạnh nước)
- Cooling Tower (Tháp giải nhiệt)
- AHU (Air Handling Unit – Bộ xử lý không khí trung tâm)
- FCU (Fan Coil Unit – Dàn lạnh cục bộ)

1.3.1 Máy làm nước Chiller

Chiller là thiết bị sản xuất nước lạnh để cung cấp cho các tải làm mát của công trình. Chillers thường được lắp đặt trong các tòa nhà cao tầng, trung tâm thương mại, nhà máy công nghiệp hoặc các công trình có nhu cầu điều hòa không khí lớn.

Hệ thống Chiller thường được biết đến là hệ thống điều hòa không khí trung tâm. Ngoài việc tạo nước lạnh để làm mát không khí, Chiller cũng có thể được sử dụng trong một số ứng dụng công nghiệp, như làm lạnh thực phẩm hoặc sản xuất.



Hình 1.5 Cấu tạo của chiller giải nhiệt nước

Phân loại Chiller: Chiller giải nhiệt không khí và Chiller giải nhiệt nước
Trong dự án này sử dụng Chiller giải nhiệt nước nên nhóm sẽ trình bày chi tiết về chiller giải nhiệt nước

❖ **Nguyên lý hoạt động của Chiller giải nhiệt nước**

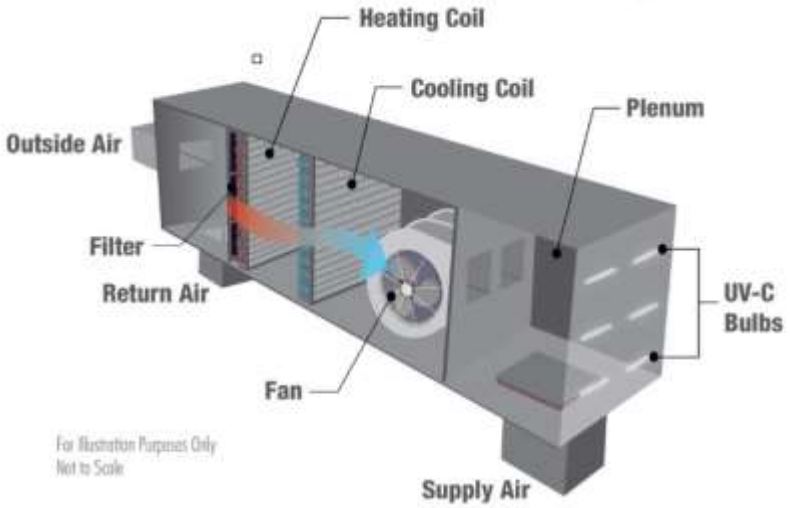
Áp dụng sự chuyển đổi lý tính trạng thái vật chất: hơi nước ngưng tụ thành lỏng, lỏng ngưng tụ thành rắn, rắn sang lỏng sang khí thì quá trình sẻ thu nhiệt: tức là lấy nhiệt môi trường xung quanh làm cho môi trường xung quanh bị mất nhiệt và lạnh đi. Ngược lại quá trình đó sẻ là tỏa nhiệt.

Hệ thống làm lạnh áp dụng cơ bản về quá trình lỏng sang khí (quá trình bay hơi) để thu nhiệt xung quanh môi trường và làm cho môi trường lạnh đi (gas lạnh lỏng bay hơi, thu nhiệt từ nước làm nước bị mất nhiệt và lạnh đi theo yêu cầu sử dụng).

Sau đó quá trình ngược lại: gas trạng thái hơi áp suất thấp được nén từ máy nén gas lạnh. Qua máy nén thì gas trạng thái hơi áp suất cao, được giải nhiệt (từ cooling tower hoặc dàn ống đồng gió thổi qua thu nhiệt) sẻ chuyển hoàn toàn sang lỏng trở thành một chu trình kín. Giữa 2 trạng thái gas lỏng và gas hơi được điều chỉnh bằng van tiết lưu gas.

1.3.2 Bộ xử lý không khí AHU

AHU là một thiết bị trao đổi nhiệt và xử lý nhiệt ẩm, tạo độ sạch cho không khí.AHU là một bộ phận trong hệ thống HVAC, có thể coi nó là đầu não của hệ thống này.



Hình 1.6 Cấu tạo của AHU

Cấu tạo hệ thống AHU thường được lắp ghép từ nhiều module như sau: Buồng hòa trộn, Bộ lọc khí, Dàn trao đổi nhiệt và Hộp quạt. Đặc biệt trên buồng hòa trộn sẽ có 2 cửa gắn van điều chỉnh, 1 cửa lấy gió tươi, 1 cửa nối với đường hồi gió.

Thông thường khi lựa chọn AHU người ta sẽ thiết kế sao cho phù hợp với yêu cầu của từng công trình. Tuy nhiên nó thường có cấu tạo chung bao gồm: Quạt gió, Dàn gia nhiệt, Dàn lạnh, Bộ lọc khí và Vỏ bảo vệ.

❖ **Nguyên lý hoạt động**

Khi cần đáp ứng như cầu của tải van cấp nước lạnh sẽ mở cho nước lạnh chảy qua dàn trao đổi nhiệt để làm lạnh không khí khi nhiệt độ ở khu vực cần làm lạnh cao hơn so với mức nhiệt độ cài đặt. Đến khi không khí làm cho nhiệt độ trong khu vực đó thấp hơn so với mức nhiệt độ như đã cài đặt ban đầu thì van này sẽ đóng lại. Sau đó dòng nước lạnh sẽ chảy theo đường Bypass đề về Chiller.

Cùng lúc đó, không khí trước khi được đưa vào dàn lạnh AHU sẽ được lọc qua các bộ lọc thô và bộ lọc túi, chúng ta còn gọi nó là bộ phận tiền lọc. Không khí sau khi đã đi qua hệ thống lọc sẽ được tiếp xúc với dàn trao đổi nhiệt ở bên trong hệ thống AHU và sau đó nó sẽ tạo ra không khí lạnh cho môi trường.

Tiếp theo, không khí sẽ đi đến buồng tuần hoàn, và cuối cùng, phần không khí lạnh sẽ được thổi qua đường ống gió của hệ thống HVAC để đi đến khu vực cần xử lý không khí. Mức nhiệt độ của không khí đầu ra sẽ phụ thuộc vào tốc độ của quạt gió và được điều chỉnh bởi Valve nước lạnh. Thông thường thì các hệ thống điều hòa AHU được sử dụng chủ yếu đề xử lý sơ bộ cho luồng không khí chứ không chính xác một cách tuyệt đối. Nếu muốn xử lý độ ẩm một cách chính xác nhất thì người ta sẽ sử dụng thêm hệ thống FCU tại từng khu vực cụ thể cần thiết

1.3.3 Tháp giải nhiệt

Tháp giải nhiệt (Cooling Tower) là thiết bị dùng để giải nhiệt cho nước nóng sau khi trao đổi nhiệt tại bộ ngưng tụ của Chiller. Vai trò của tháp giải nhiệt là làm mát nước nóng bằng cách trao đổi nhiệt giữa nước và không khí, sau đó đưa nước đã được làm mát tuần hoàn về lại Chiller để tiếp tục làm lạnh.

Hình 1.7 Tháp giải nhiệt nước

❖ **Nguyên lý hoạt động:**

Nước nóng từ bộ ngưng tụ của Chiller được bơm lên trên đỉnh tháp giải nhiệt và phun qua các vòi phun. Khi nước rơi xuống qua các tấm tản nhiệt (Fill), không khí từ bên ngoài được quạt cưỡng bức hút vào tháp và tiếp xúc với dòng nước. Quá trình bay hơi một phần nước sẽ mang nhiệt ra môi trường ngoài, làm giảm nhiệt độ của nước. Nước sau khi được làm mát sẽ chảy về bể chứa ở đáy tháp và được bơm tuần hoàn lại Chiller. Tháp giải nhiệt là thiết bị không thể thiếu trong hệ thống Chiller giải nhiệt nước, giúp đảm bảo hiệu suất làm mát ổn định và tiết kiệm năng lượng.

1.3.4 Dàn lạnh cục bộ FCU

FCU (Fan Coil Unit) là thiết bị xử lý không khí cục bộ, thường được sử dụng để điều chỉnh nhiệt độ và độ ẩm trong các phòng hoặc khu vực riêng biệt, nơi cần điều khiển nhiệt độ chính xác hơn so với hệ thống AHU

Hình 1.8 Dàn lạnh cục bộ FCU

Nguyên lý hoạt động:

Khi có nhu cầu làm lạnh, van cấp nước lạnh sẽ mở cho nước lạnh từ Chiller chảy qua dàn trao đổi nhiệt của FCU. Không khí lạnh được quạt thổi ra ngoài làm mát không gian. Khi đạt nhiệt độ cài đặt van cấp nước lạnh sẽ đóng lại nước lạnh được dẫn về Chiller.

1.4 Đặt vấn đề

1.4.1 Tổng quan về nhà máy Tetra Pak

Tetra Pak Bình Dương là nhà máy của tập đoàn Tetra Pak đặt tại Khu công nghiệp Việt Nam - Singapore II-A (VSIP II-A), phường Vĩnh Tân, thành phố Tân Uyên, tỉnh Bình Dương. Đây là cơ sở đầu tiên của Tetra Pak tại Việt Nam chuyên sản xuất bao bì giấy tiệt trùng phục vụ cho ngành thực phẩm và đồ uống, đáp ứng nhu cầu thị trường nội địa cũng như xuất khẩu sang các quốc gia thuộc khu vực ASEAN, Úc và New Zealand.

Hình 1.9 Nhà máy Tetra Pak Bình Dương

Với diện tích hơn 100.000 m², nhà máy được thiết kế hiện đại, tích hợp công nghệ sản xuất tiên tiến và tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn quốc tế về môi trường, năng lượng và hiệu suất vận hành. Đặc biệt, nhà máy đã đạt chứng nhận công trình xanh LEED Vàng (Leadership in Energy and Environmental Design), thể hiện cam kết mạnh mẽ của Tetra Pak đối với phát triển bền vững và sử dụng năng lượng hiệu quả.

1.4.2 Vấn đề đặt ra

Nhà máy Tetra Pak, với đặc thù sản xuất bao bì giấy dùng trong ngành thực phẩm và đồ uống do đó cần duy trì các điều kiện môi trường nghiêm ngặt, đáp ứng các tiêu

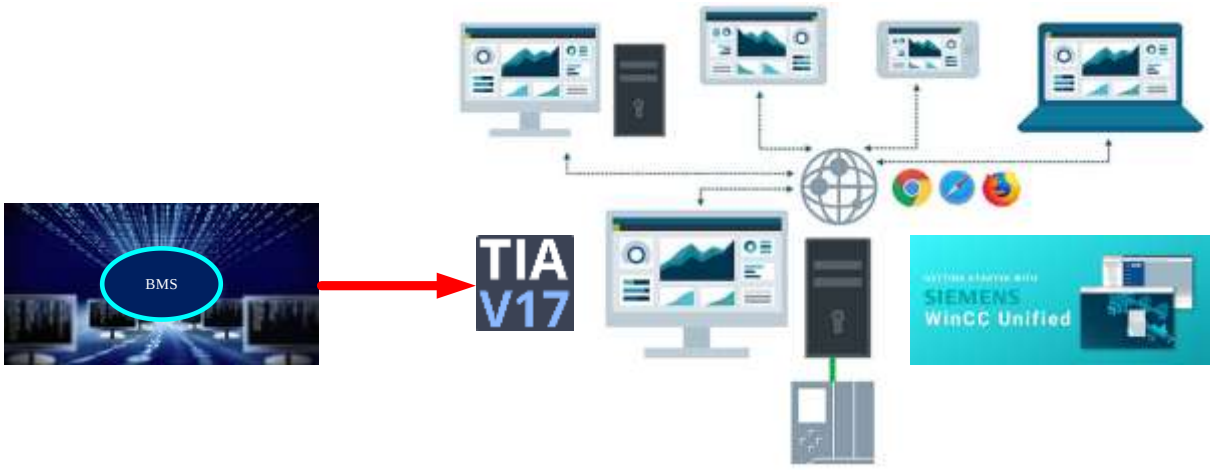
chuẩn quốc tế như ISO 22000 về an toàn thực phẩm và vệ sinh môi trường. Điều này đòi hỏi hệ thống điều hòa không khí và thông gió phải đảm bảo sạch, vô trùng khả năng kiểm soát nhiệt độ, độ ẩm không khí ở mức tối ưu.

Bên cạnh đó, qua khảo sát thực tế cho thấy diện tích xây dựng của nhà máy lên đến khoảng 36.000 m², được chia thành nhiều khu vực chức năng như: khu sản xuất, khu phụ trợ, khu văn phòng và nhà bảo vệ. Tổng cộng nhà máy có hơn 200 phòng với cấu trúc và sơ đồ bố trí chi tiết được trình bày trong phụ lục. Với quy mô lớn và nhiều khu vực như vậy, việc kiểm soát môi trường làm việc và tiêu thụ năng lượng đòi hỏi một hệ thống HVAC được thiết kế và điều khiển hiệu quả, thông minh và linh hoạt.

Xuất phát từ thực tế trên, đề tài *"Thiết kế hệ thống điều khiển giám sát và quản lý năng lượng cho nhà máy sản xuất bao bì"* được xây dựng với trọng tâm là hệ thống HVAC cho nhà máy. Mục tiêu của đề tài là giải quyết bài toán về điều kiện môi trường trong sản xuất, tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng, nâng cao hiệu quả vận hành hướng tới số hoá nhà máy.

1.5 Đề xuất giải pháp

Xuất phát từ thực tế về yêu cầu kiểm soát môi trường nghiêm ngặt, tiết kiệm năng lượng và quy mô lớn của nhà máy Tetra Pak, nhóm đề xuất giải pháp ứng dụng hệ thống BMS giám sát, điều khiển và tối ưu hóa vận hành hệ thống HVAC một cách hiệu quả.



Hình 1.10 Giải pháp phần mềm cho hệ thống

Trong đề tài này chúng em thực hiện 3 phần chính như sau:

Phần 1: Nghiên cứu và thiết kế hệ thống HVAC bao gồm hệ thống Chiller và AHU

Phần 2: Thiết kế hệ thống điều khiển và giám sát trên nền tảng Web Server của WinCC Unified.

Phần 3: Xây dựng hệ thống quản lý năng lượng cho nhà máy và triển khai mô hình thực nghiệm.

Chương 2: NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG HVAC CHO NHÀ MÁY TETRA PAK

2.1 Yêu cầu công nghệ của hệ thống

❖ **Đảm bảo điều kiện môi trường không khí**

- Duy trì nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, lưu lượng gió và nồng độ không khí đạt chuẩn.
- Đảm bảo chất lượng không khí phù hợp từng khu vực sử dụng.

❖ **Thiết kế và vận hành hệ thống**

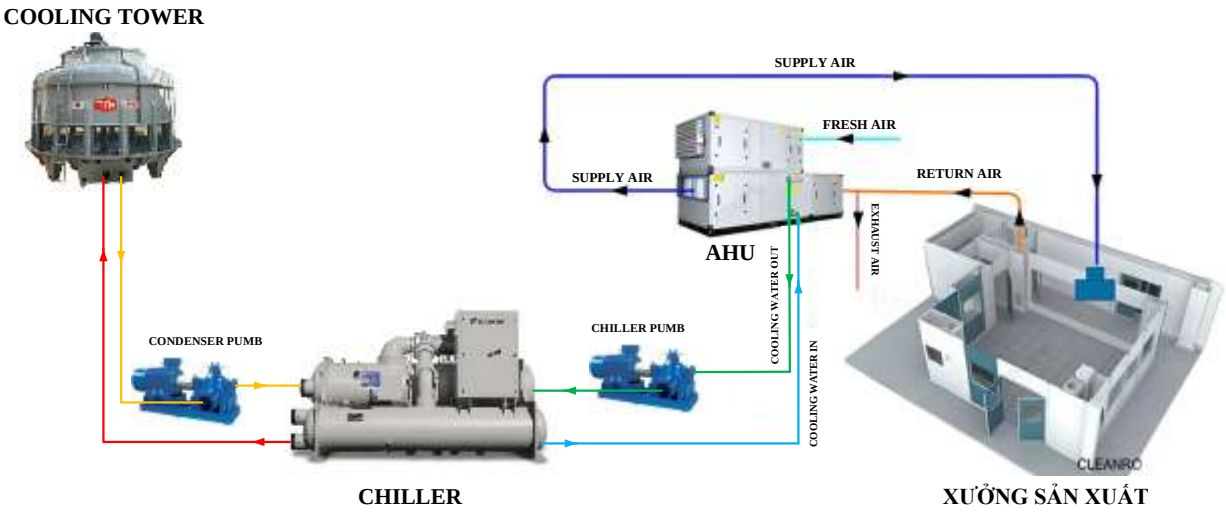
- Hoạt động ổn định 24/7, có dự phòng tích hợp hệ thống BMS giám sát tập trung
- Thiết kế tối ưu, tiết kiệm năng lượng, dễ bảo trì và mở rộng.
- Thiết bị chất lượng cao, đạt chuẩn quốc tế, tuổi thọ cao, chi phí vận hành thấp.
- Tích hợp điều khiển tự động theo môi trường hoặc lịch trình.

❖ **Yêu cầu giám sát và điều khiển**

- Giám sát hoạt động thiết bị: Chiller, AHU, bơm, van, cảm biến,...
- Cảnh báo sự cố, tự động xử lý và điều khiển ưu tiên theo mức độ quan trọng.
- Theo dõi tiêu thụ năng lượng theo thiết bị và khu vực.
- Giao diện trực quan, dễ sử dụng và bảo mật và lưu lịch sử thay đổi.
- Hỗ trợ giám sát, điều khiển từ xa nâng cao hiệu quả quản lý.

2.2 Sơ đồ nguyên lý của hệ thống

Nhà máy sử dụng hệ thống điều hòa không khí trung tâm Chiller kết hợp AHU, FCU và CT để cung cấp nhiệt độ, độ ẩm, và độ sạch của không khí cho nhà máy.



Hình 2.1 Sơ đồ nguyên lý

Nguyên lý hoạt động của hệ thống:

Chiller là thiết bị chính, chịu trách nhiệm tạo ra nước lạnh. Nước lạnh này được bơm bởi bơm nước lạnh đến AHU.

Tại AHU, nước lạnh được sử dụng để làm mát không khí. Không khí này bao gồm:

+ Không khí tươi (Fresh Air) được lấy từ môi trường bên ngoài.
+ Không khí hồi (Return Air) được lấy từ khu vực sản xuất.

Sau khi được làm mát và xử lý trong AHU, không khí được phân phối trở lại khu vực cần điều hòa thông qua hệ thống ống gió cấp (Supply Air). Quá trình này giúp duy trì nhiệt độ, độ ẩm, và mức độ sạch theo yêu cầu của khu vực sản xuất.

Trong quá trình hoạt động, Chiller sử dụng môi chất lạnh để hấp thụ nhiệt từ nước lạnh và sau đó cần thải nhiệt ra ngoài môi trường. Để thực hiện điều này, hệ thống sử dụng nước giải nhiệt) được bơm bằng bơm giải nhiệt đến bình ngưng của Chiller. Sau khi hấp thụ nhiệt từ môi chất lạnh, nước này được đưa lên tháp giải nhiệt nơi nhiệt được thải ra môi trường. Nước đã được làm mát sẽ quay lại bình ngưng để tiếp tục chu trình giải nhiệt. Hệ thống hoạt động theo chu trình tuần hoàn khép kín, đảm bảo duy trì điều kiện nhiệt ẩm và độ sạch ổn định cho khu vực sản xuất.

❖ **Dữ liệu thiết kế**

Từ tài liệu về nhà máy do công ty Estec cung cấp, dữ liệu thiết kế của hệ thống nước lạnh (Chiller) được tổng hợp như bảng dưới đây:

Bảng 2.1 Thông số kỹ thuật các hệ thống nước lạnh (Chiller) trong nhà máy

System	Application	Temperature Range	Working Pressure

CW1	Laminator system	12°C – 16°C	1.5 bar
(CW1 Sub)	Secondary Laminator systems	Refer to flowchart "21-M-Z9-1004"	1.5 bar
CW2	HVAC system	7°C – 17°C	1.5 bar
CW3	Air compressors	85°C – 30°C and 35°C – 30°C	1.5 bar
CW4	Shunt groups	See flowcharts	1.5 bar
CW5	Safety system for Laminator	See flowcharts	1.5 bar
CW6	AHU inside printers	See flowcharts	1.5 bar

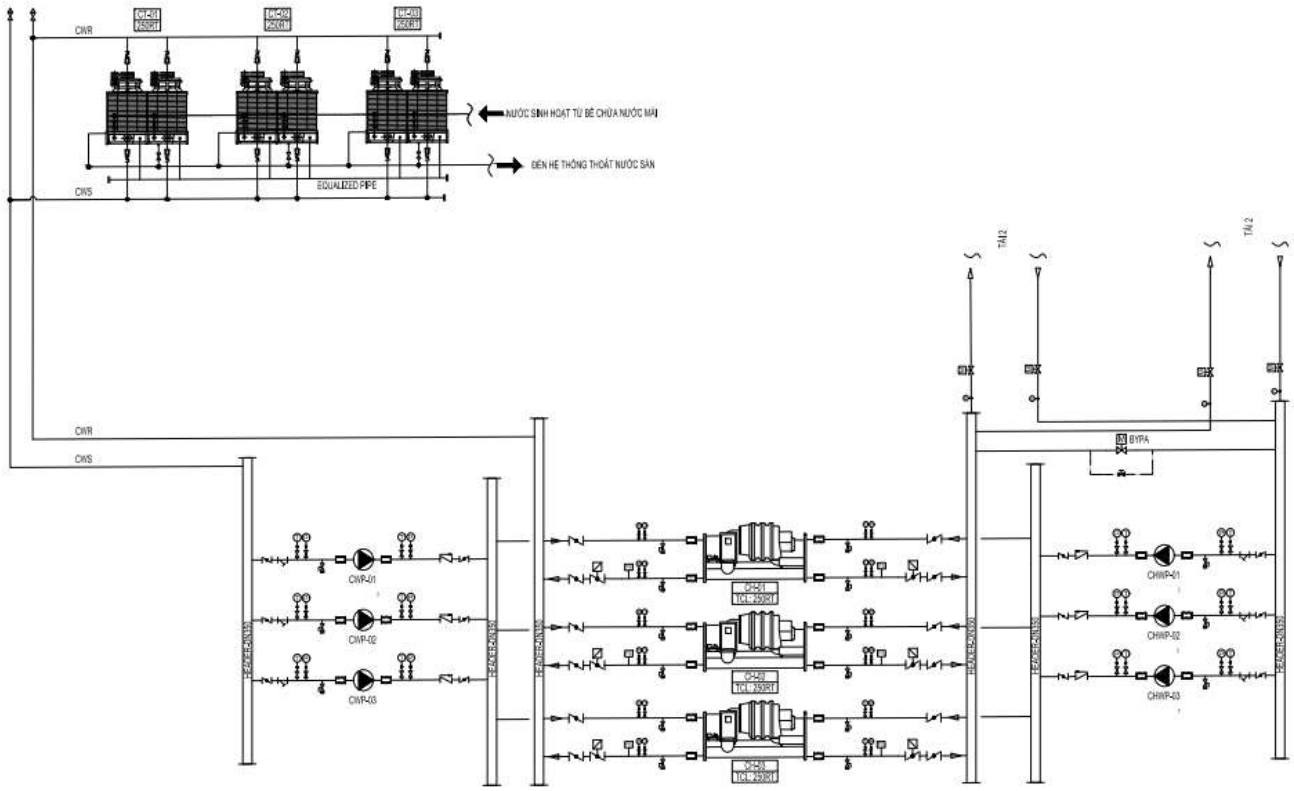
Trong nhà máy, hệ thống nước lạnh Chilled Water được chia thành nhiều phân hệ phục vụ cho các mục đích khác nhau như: hệ thống cán màng (CW1), hệ thống máy nén khí (CW3), bộ xử lý không khí bên trong khu vực in ấn (CW6), v.v.

Trong đề tài này chỉ tập trung vào hệ thống HVAC, cụ thể là phân hệ CW2, được thiết kế để cung cấp nước lạnh cho hệ thống điều hòa không khí trong nhà xưởng.
Thông số thiết kế của hệ thống CW2 như sau:

- **Tên hệ thống**: CW2 – HVAC system
- **Dải nhiệt độ nước lạnh**: 7°C (nước cấp) – 17°C (nước hồi)
- **Áp suất làm việc**: 1,5 bar

2.3 Quy trình công nghệ hệ thống Chiller

2.3.1 Sơ đồ nguyên lý của Chiller



Hình 2.2 Sơ đồ nguyên lý hệ thống Chiller

2.3.2 Thuyết minh sơ đồ điều khiển

Hệ thống Chiller bao gồm các cụm hoạt động độc lập, trong mỗi cụm gồm có các nhánh thiết bị hoặc thiết bị ký hiệu theo số thứ tự trong cụm (thiết bị nhánh N):

- ✓ Cụm tháp giải nhiệt bao gồm các tháp giải nhiệt với các van tháp và quạt giải nhiệt được sắp xếp thứ tự ưu tiên theo thời gian hoạt động.
- ✓ Cụm bơm giải nhiệt bao gồm các bơm giải nhiệt được sắp xếp thứ tự ưu tiên theo thời gian hoạt động.
- ✓ Cụm bơm nước lạnh bao gồm các bơm nước lạnh được sắp xếp thứ tự ưu tiên theo thời gian hoạt động.
- ✓ Cụm Chiller bao gồm 3 nhánh Chiller với các van chặn đầu nước lạnh, đầu nước giải nhiệt và Chiller được sắp xếp thứ tự ưu tiên theo thời gian hoạt động.

a) Cụm tháp giải nhiệt (CT)

- ✓ Khi gọi tháp giải nhiệt (CT), chương trình sẽ tự động gọi CT chạy ít nhất
- ✓ Biến tần CT sẽ được điều tốc để giữ nhiệt độ nước giải nhiệt hồi về chiller như cài đặt (có thể hiệu chỉnh theo thực tế công trường). CT sẽ được cài đặt để hoạt

động từ tần số minimum (có thể hiệu chỉnh theo thực tế công trường) đến 50Hz, tần số minimum là tần số nhỏ nhất mà CT vẫn còn có thể trao đổi nhiệt hiệu quả với môi trường bên ngoài.

- ✓ Cụm tháp CT nào chạy thì valve điện từ của cụm đó sẽ mở theo

b) Cụm bơm nước giải nhiệt (P-GN)

- ✓ Khi gọi bơm nước giải nhiệt , hệ thống sẽ chạy bơm của chiller nào được ưu tiên chạy.
- ✓ Khi bơm hiện hữu đang chạy bị lỗi BMS sẽ gọi chiller khác chạy.
- ✓ Bơm bị lỗi sau khi reset lại bơm sẽ được đưa vào trạng thái chờ cho lần chạy tiếp theo

c) Bơm nước lạnh (P-NL) và cụm van Bypass

Cụm bơm nước lạnh:

- ✓ Khi gọi bơm nước lạnh, hệ thống sẽ chạy bơm của chiller nào được ưu tiên chạy.
- ✓ Khi bơm hiện hữu đang chạy bị lỗi BMS sẽ gọi chiller khác chạy.
- ✓ Bơm bị lỗi sau khi reset lại bơm sẽ được đưa vào trạng thái chờ cho lần chạy tiếp theo
- ✓ Cụm bơm được điều khiển bằng VSD, bơm sẽ được điều tốc để giữ chênh lệch áp suất giữa đường cấp và đường hồi mạch nước lạnh cấp ra tải như cài đặt (có thể hiệu chỉnh theo thực tế). Bơm CHWP sẽ được cài đặt để hoạt động từ tần số min (có thể hiệu chỉnh theo thực tế) đến 50Hz, tần số min là tần số tương ứng với lưu lượng nước min yêu cầu từ chiller.
- ✓ Khi tải lạnh tiêu thụ giảm, chênh lệch áp suất đường nước lạnh tăng thì bơm CHWP sẽ giảm tốc độ để đạt áp suất cài đặt. Khi chênh áp lớn hơn chênh áp cài đặt mở van bypass thì van Bypass sẽ được mở tiết lưu để giữ áp suất cài đặt và đảm bảo lưu lượng hoạt động cho chiller

Cụm van Bypass:

- ✓ Áp suất cài đặt cho bơm nước lạnh là 1.5 barg (có thể hiệu chỉnh theo thực tế dự án)
- ✓ Áp suất cài đặt cho van bypass tại chiller là 1.5 barg (có thể hiệu chỉnh theo thực tế dự án)
- ✓ Khi tải tòa nhà giảm, bơm nước lạnh sẽ giảm tốc để lưu lượng nước lạnh cấp ra tải giảm, khi tốc độ bơm giảm xuống mức tần số min (tần số min sẽ được cài đặt theo thực tế yêu cầu lưu lượng min của chiller) mà chênh lệch áp suất giữa đường cấp và đường hồi mạch nước lạnh vẫn còn cao hơn chênh lệch áp suất cài đặt ở valve bypass thì van by-pass sẽ được điều khiển tiết lưu để giữ chênh

lệch áp suất giữa đường cấp và đường hồi mạch nước lạnh theo giá trị cài đặt 1.5 barg

- ✓ Khi hệ thống có hiện tượng áp suất tăng đột ngột vượt áp suất cài đặt cho van bypass 1.5 bar (do tải đóng đột ngột, van tay bị khóa . . .), thì van by-pass sẽ được điều khiển tiết lưu để giữ chênh lệch áp suất giữa đường cấp và đường hồi mạch nước lạnh theo giá trị cài đặt 1.5 barg nhằm mục đích duy trì lưu lượng nước ổn định cho Chiller.

d) Cụm chiller

- ✓ Khi gọi chiller, BMS sẽ tự động dò chiller nào có thời gian nghỉ lâu nhất để chạy (giúp cân bằng thời gian chạy của các chiller).
- ✓ Khi Chiller hiện hữu đang chạy bị lỗi, BMS sẽ gọi Chiller khác để thay thế và chương trình cũng sẽ tự động dò chiller nào có thời gian nghỉ lâu nhất để chạy
- ✓ Chiller bị lỗi sau khi reset (reset tại chiller + reset tại BMS) lại sẽ được đưa vào trạng thái chờ cho lần chạy luân phiên kế tiếp hoặc chạy bổ sung.

Quy trình chạy hệ thống Chiller:

- ✓ Kiểm tra nhánh Chiller ưu tiên.
- ✓ Kiểm tra tháp giải nhiệt ưu tiên.
- ✓ Mở van nước tháp giải nhiệt ưu tiên.
- ✓ Mở van giải nhiệt/van nước lạnh nhánh Chiller ưu tiên.
- ✓ Chạy quạt tháp giải nhiệt.
- ✓ Chạy bơm giải nhiệt ưu tiên.
- ✓ Chạy bơm nước lạnh ưu tiên.
- ✓ Chờ 30-180 giây để ổn định nước.
- ✓ Chạy Chiller ưu tiên.

Quy trình dừng hệ thống Chiller:

- ✓ Kiểm tra nhánh Chiller có thời gian chạy nhiều nhất.
- ✓ Dừng Chiller có thời gian chạy nhiều nhất.
- ✓ Chờ 30-180 giây để ổn định nước.
- ✓ Dừng bơm nước lạnh có thời gian chạy nhiều nhất.
- ✓ Dừng bơm giải nhiệt có thời gian chạy nhiều nhất.
- ✓ Dừng quạt tháp giải nhiệt có thời gian chạy nhiều nhất.
- ✓ Kiểm tra bơm nước lạnh, bơm giải nhiệt dừng, đóng van tháp giải nhiệt, van giải nhiệt, van nước lạnh.

Lưu ý:

Quy trình khởi động và dừng hệ thống Chiller là rất quan trọng và phải tuân thủ đúng thứ tự các bước đã quy định. Do hệ thống vận hành theo nguyên lý tuần hoàn kín, nếu quy trình bị thực hiện sai hoặc bị gián đoạn đột ngột, có thể dẫn đến các sự cố nghiêm trọng như: tăng áp bất thường, gây vỡ hoặc nổ đường ống, hư hỏng thiết bị, đặc biệt là các cụm Chiller. Do đó, cần đặc biệt lưu ý khi vận hành hoặc bảo trì hệ thống.

Mô tả hoạt động của hệ thống Chiller - chế độ AUT:

Chạy theo lịch hoặc do người vận hành kích hoạt chế độ tự động START/STOP:

+ Khi Schedule ON, hệ thống sẽ kiểm tra xem có ít nhất một Chiller đang hoạt động hay chưa.
+ Khi Schedule OFF, hệ thống sẽ dừng đồng thời tất cả các Chiller đang hoạt động.
+ Trường hợp bị lỗi hệ thống (bị lỗi tất cả Chiller hoặc tất cả tháp giải nhiệt hoặc tất cả bơm giải nhiệt hoặc tất cả bơm nước lạnh) sẽ dừng đồng thời tất cả các Chiller đang hoạt động.

Quá trình giám sát và điều phối tải các thiết bị hệ thống Chiller:

+ Khi một Chiller bị lỗi (van giải nhiệt hoặc van nước lạnh hoặc Chiller bị lỗi), thì sẽ dừng Chiller bị lỗi.
+ Khi một bơm nước lạnh bị lỗi thì dừng bơm nước lạnh và gọi bơm nước lạnh khác thay thế.
+ Khi một bơm giải nhiệt bị lỗi thì dừng bơm giải nhiệt và gọi bơm giải nhiệt khác thay thế.
+ Tốc độ biến tần của bơm nước lạnh sẽ được điều khiển thay đổi theo chênh áp lực sử dụng của tòa nhà thấp nhất lắp tại cuối đường ống của hệ thống nước lạnh.
+ Van bypass (nếu dùng van điều khiển từ BMS) sẽ được điều khiển dựa vào chênh áp giữa hai đầu van bypass sau khi đã giảm tốc độ biến tần bơm nước lạnh về tốc độ thấp nhất cho phép để đảm bảo duy trì chênh áp xung quanh áp suất cài đặt.

Quá trình điều tiết tải - chế độ AUTO:

Dựa vào năng lượng tải được đo đếm từ 2 cảm biến nhiệt độ nước cấp, nhiệt độ nước hồi và cảm biến lưu lượng, xác định % tải thực tế và so sánh với % tải hiện hữu của chiller đang chạy để gọi hoặc sa thải chiller.

Dựa vào lưu lượng nước cộng với 2 cảm biến nhiệt độ Return và Supply từ đó sẽ tính toán được năng lượng tiêu thụ phía đầu tải theo công thức :

$$P\ (KW) = 4.186 \times F\ (l/s).\ \Delta t$$

Trong đó :

Δt : chênh lệch nhiệt độ giữa đường nước hồi và đường nước cấp

F(l/s) : Lưu lượng nước tức thời đo được từ flow meter

4.186 : nhiệt dung riêng của nước

Khi bắt đầu chạy hệ thống chiller, BMS sẽ chạy 1 chiller. Nếu 1 chiller không đủ công suất đáp ứng cho tải thì BMS sẽ gọi thêm chiller (việc chọn chiller chạy phụ thuộc vào thời gian làm việc của chúng) ngược lại nếu dư tải BMS sẽ tắt bớt chiller để tối ưu hệ thống và tiết kiệm năng lượng

❖ **Trường hợp tăng số lượng Chiller:**

Nếu tổng tải trung bình Chiller của hệ thống (SYSTEM AVERAGE LOAD) lớn hơn giá trị tải cài đặt (HIGH LOAD CUT IN), đồng thời nhiệt độ nước hồi lớn hơn (HIGH TEMP CUT IN) thì sau một thời gian chịu quá tải (CUT IN DELAY) sẽ tiến hành gọi thêm Chiller có mức ưu tiên cao hơn.

❖ **Trường hợp giảm số lượng Chiller:**

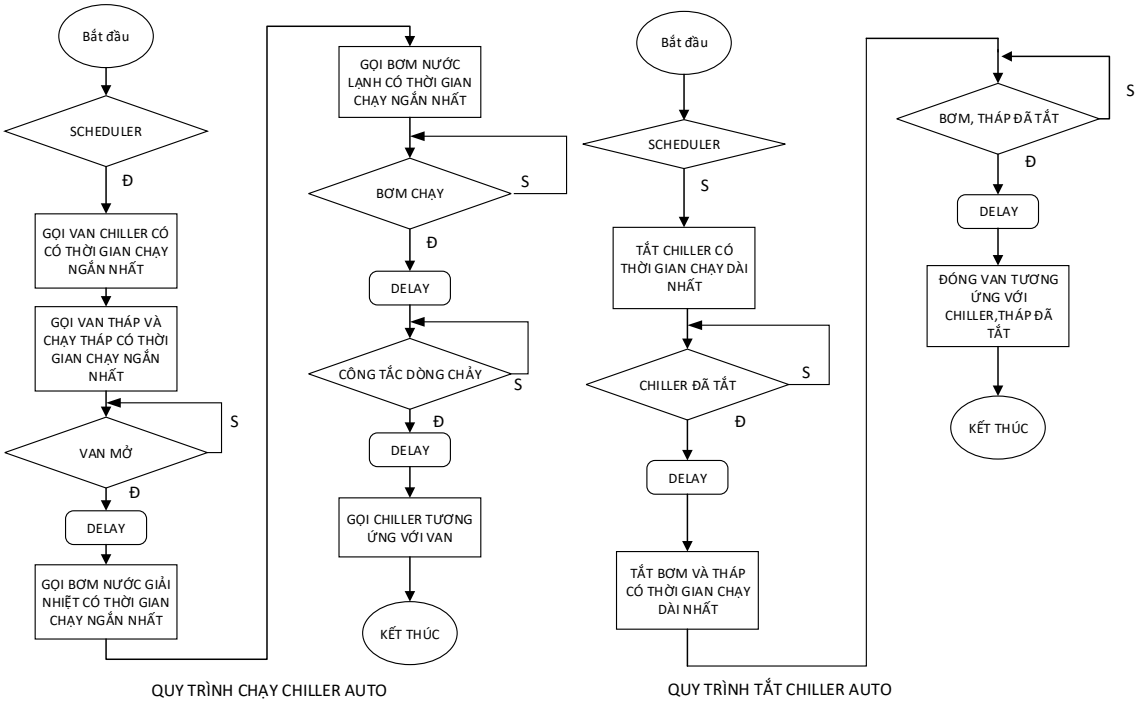
Nếu tổng tải trung bình Chiller của hệ thống xuống thấp hơn tổng tải cài đặt (LOW LOAD CUT OUT) thì sau một thời gian giảm tải (CUT OUT DELAY) sẽ tiến hành cắt giảm luôn Chiller có thời gian chạy nhiều nhất.

- Số lượng bơm nước lạnh/bơm giải nhiệt, tháp giải nhiệt tương ứng với số lượng Chiller.
- Khi gọi thêm một bơm nước lạnh/bơm giải nhiệt, tháp giải nhiệt thì chọn bơm/tháp có quyền ưu tiên. Khi dừng bớt một bơm nước lạnh/bơm giải nhiệt, tháp giải nhiệt thì chọn bơm/tháp có thời gian chạy nhiều nhất.

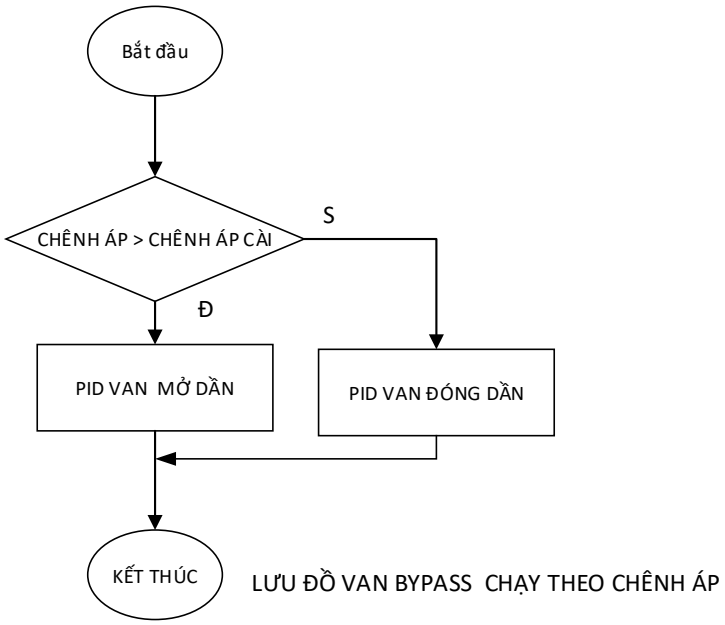
Hệ thống Chiller hoạt động ở chế độ MAN:

Chế độ này chỉ có chức năng hiển thị các thông số tải, nhiệt độ, áp suất, các thông số lỗi… nhưng không thực hiện bất cứ tác động gì mà người vận hành phải tự khởi động từng thiết bị theo đúng quy trình đồng thời phải tự giám sát hệ thống. Chế độ này chủ yếu được sử dụng khi bảo trì thiết bị hoặc trong những trường hợp đặc biệt.

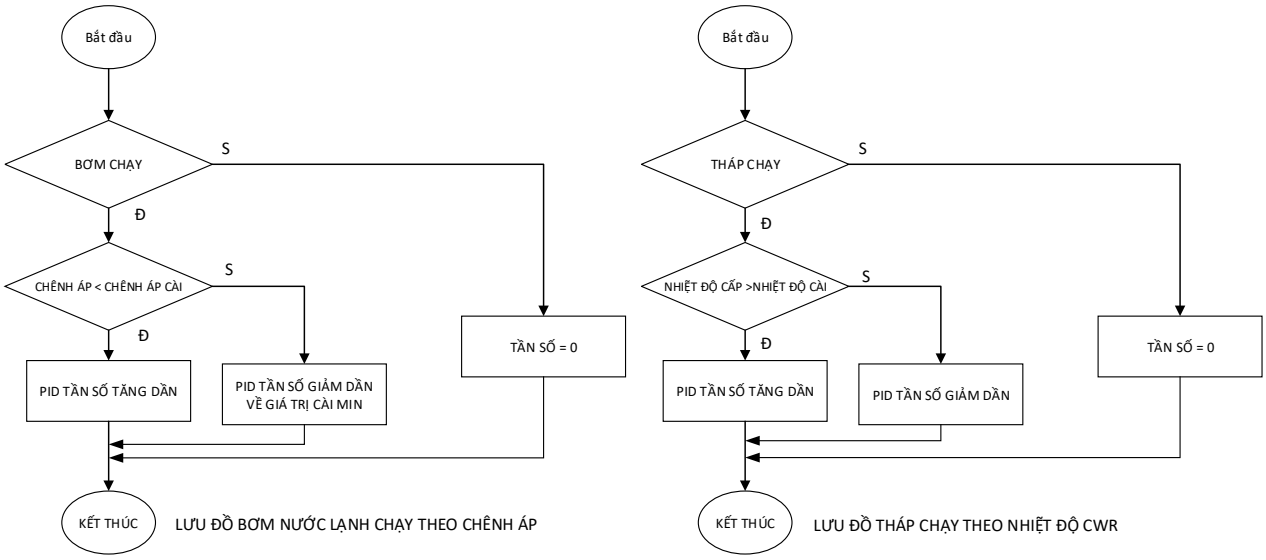
2.3.3 Lưu đồ thuật toán chạy hệ thống Chiller



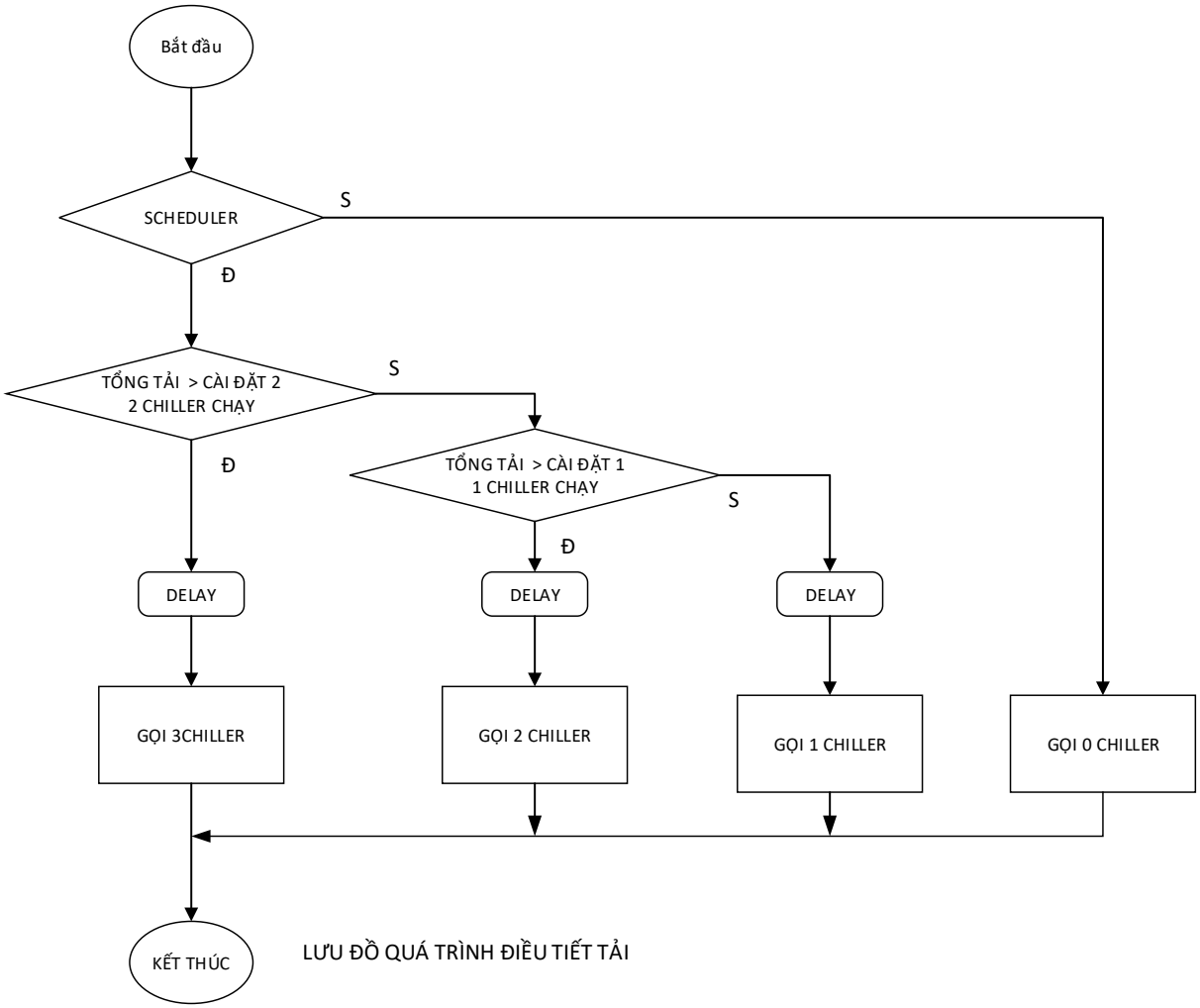
Hình 2.3 Quy trình chạy và dừng hệ thống Chiller – AUTO



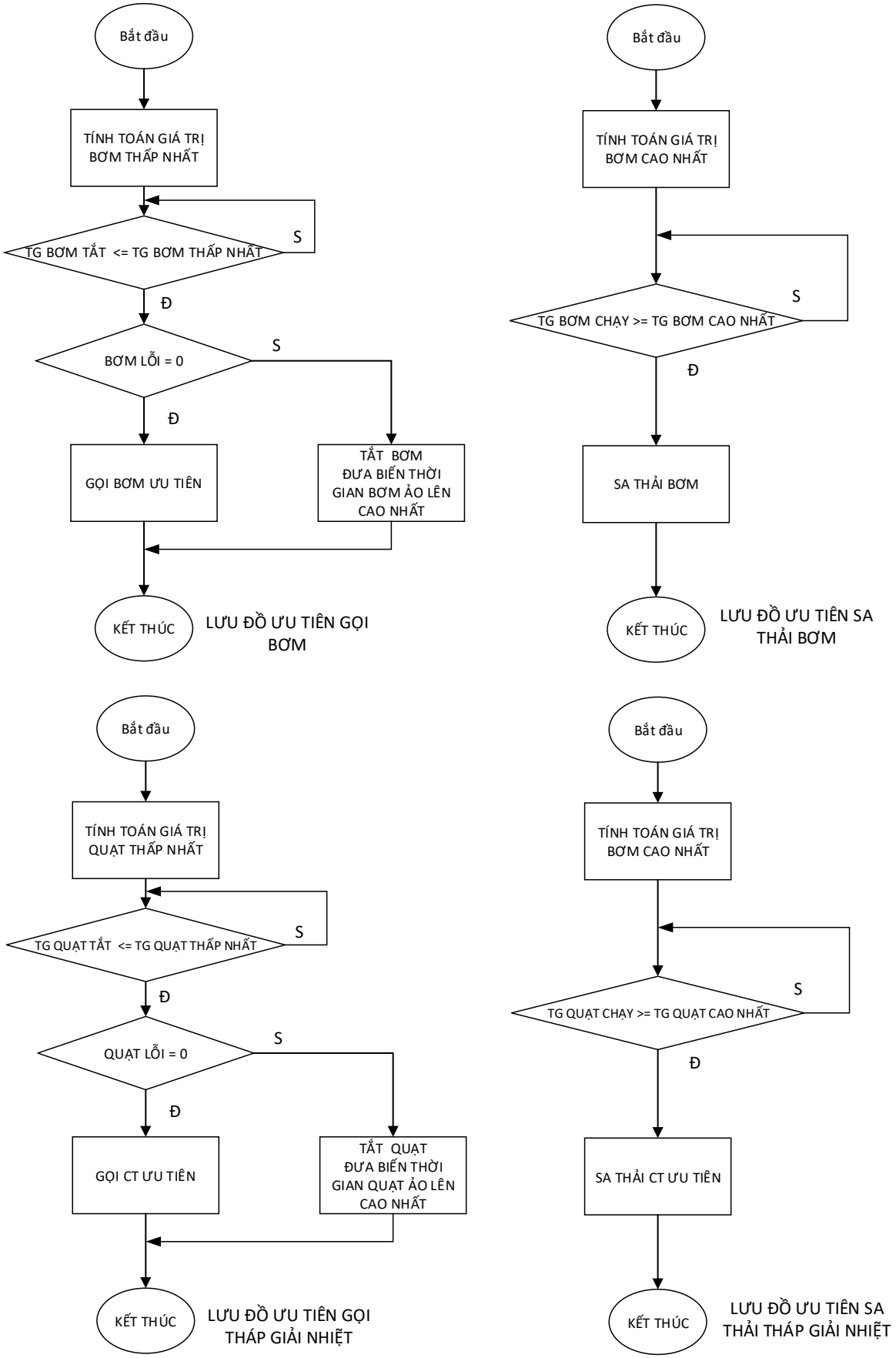
Hình 2.4 Quá trình chạy Van bypass



Hình 2.5 Quy trình chạy tự động theo PID - AUTO



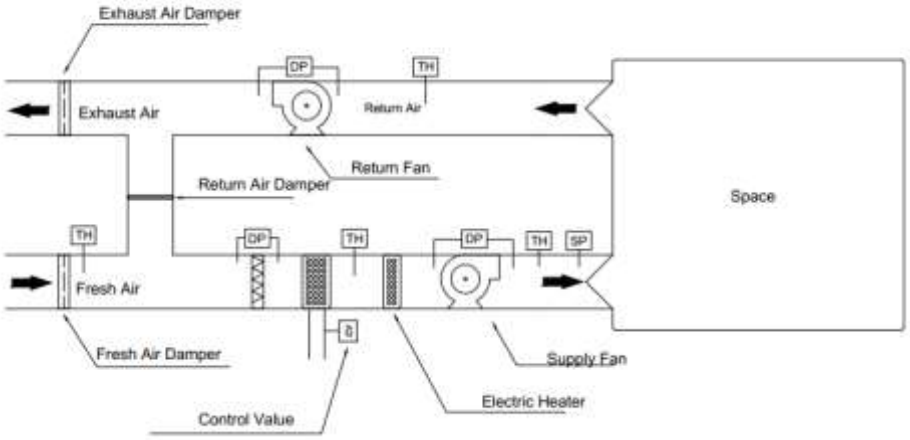
Hình 2.6 Quá trình điều tiết tải tăng và giảm số lượng Chiller – AUTO



Hình 2.7 Quá trình sắp xếp thứ tự ưu tiên theo thời gian hoạt động - AUTO

2.4 Quy trình công nghệ hệ thống AHU

2.4.1 Sơ đồ nguyên lý của AHU



Hình 2.8 Sơ đồ nguyên lý của AHU

2.4.2 Thuyết minh sơ đồ điều khiển AHU

Hệ thống AHU có chức năng cung cấp không khí lạnh sơ cấp cho các khu vực. Mỗi AHU có cấu tạo bao gồm 1 quạt gió cấp, biến tần, giàn lạnh, van nước lạnh, van gió gắn trên đường gió tươi, bộ lọc bẩn, các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, áp suất,… Hệ thống điều khiển BMS cho phép người vận hành theo dõi giám sát, thực hiện các chức năng điều khiển trên màn hình giao diện HMI của hệ thống BMS.

Mô tả hoạt động ở chế độ AUTO

Cho phép hệ thống AHU hoạt động tự động dựa trên các giá trị đặt trước (setpoint) và các dữ liệu cảm biến mà BMS thu thập được. AHU nhận lệnh từ BMS để tự động bật/tắt, điều chỉnh tốc độ quạt, độ mở van, và lưu lượng nước lạnh dựa trên các tham số: nhiệt độ, áp suất, độ ẩm…

Hệ thống liên tục so sánh các thông số thực tế với các giá trị cài đặt (TEMP SP, PRESS SP,HUMI SP). Khi có sai lệch, BMS sẽ điều chỉnh tương ứng:

- Nếu nhiệt độ không khí cao so với TEMP SP, BMS sẽ mở van nước lạnh nhiều hơn để tăng hiệu quả làm mát.
- Nếu áp suất không khí chưa đạt mức PRESS SP, tốc độ quạt sẽ được điều chỉnh thông qua biến tần để đạt áp suất mong muốn.
- Nếu độ ẩm vượt ngưỡng cài đặt, hệ thống sẽ mở bật heater để giảm độ ẩm của không khí.

Mô tả hoạt động ở chế độ SCHEDULE

Đây là một thành phần của chế độ AUTO. AHU hoạt động theo lịch trình đã được cài sẵn, giúp tối ưu năng lượng và đảm bảo điều hòa không khí theo giờ làm việc hoặc theo yêu cầu cụ thể. Khi AHU được đặt ở chế độ AUTO và SCHEDULE "ON", hệ thống sẽ tự động kích hoạt AHU theo khung giờ định sẵn. Lúc này, các cảm biến thu thập dữ liệu môi trường và so sánh với các giá trị cài đặt giống như mô tả hoạt động ở chế độ Auto

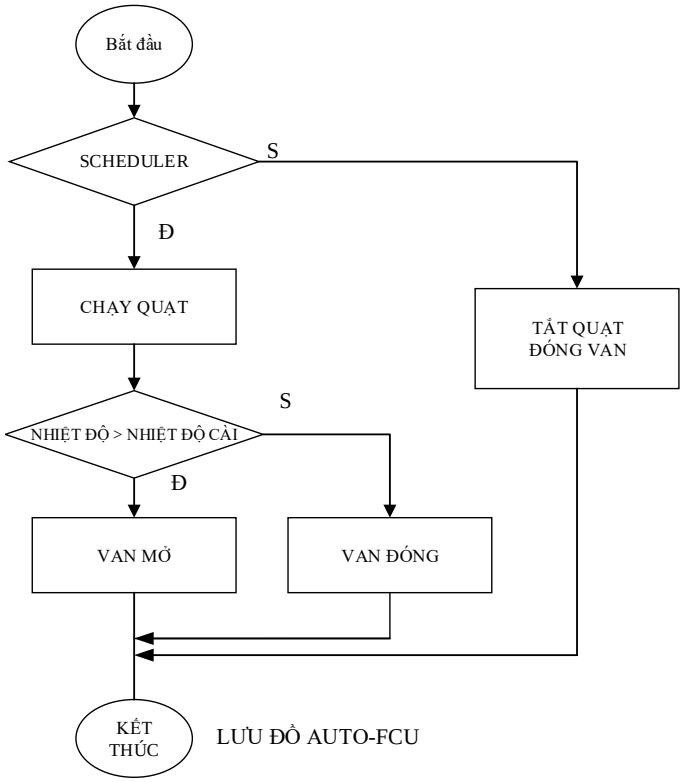
Cài đặt lịch: Người vận hành sử dụng giao diện HMI/BMS để thiết lập thời gian bật và tắt AHU. Ví dụ: nếu lịch đã cài đặt "bật" vào 7h sáng nhưng hệ thống được chuyển sang MANUAL, người vận hành sẽ phải thực hiện thao tác bật AHU riêng.

Điều kiện hoạt động: Lịch chỉ có hiệu lực khi AHU đang ở chế độ AUTO. Nếu chuyển sang MANUAL lịch sẽ không tác dụng.

CHÚ THÍCH

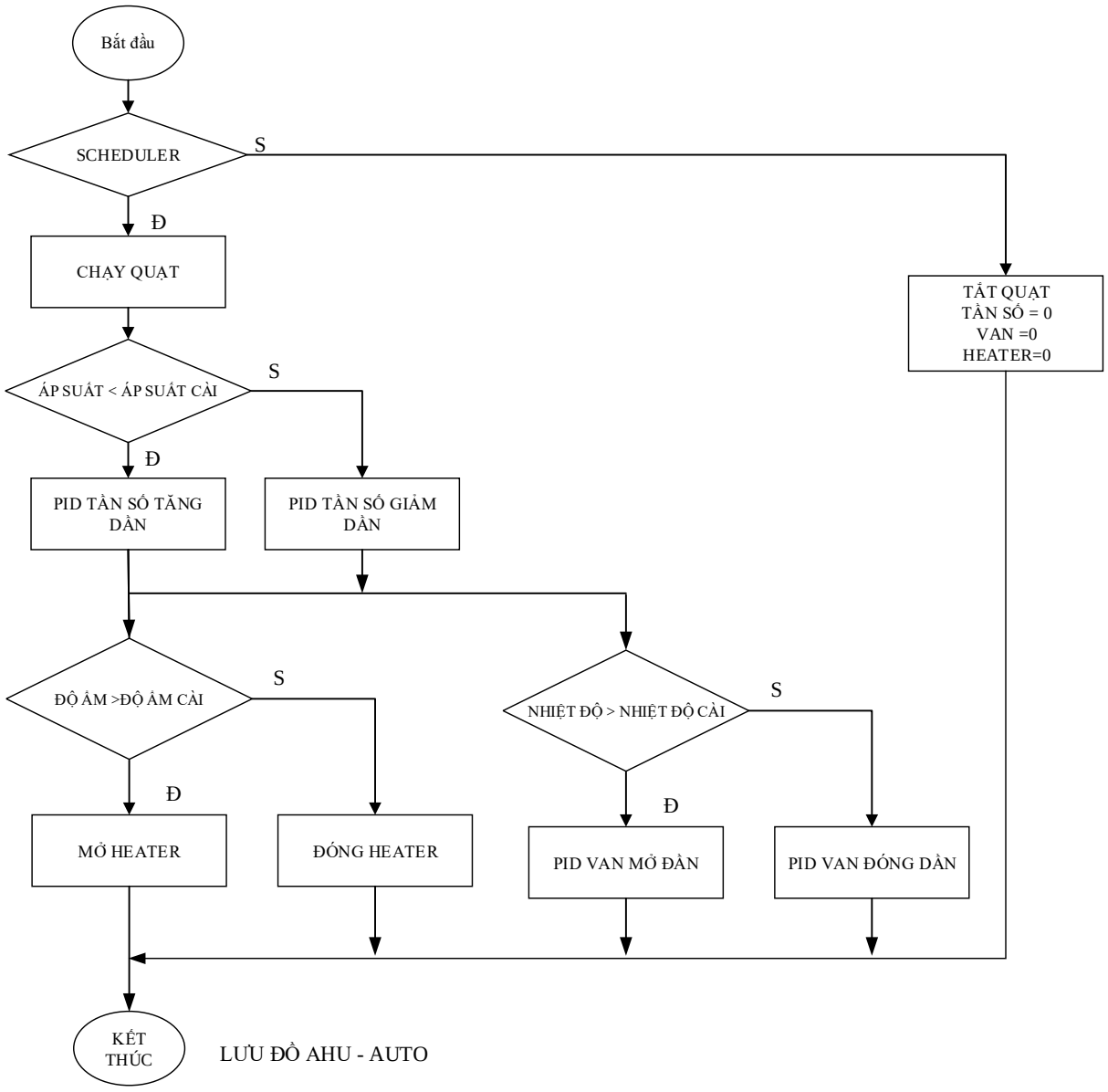
- TEMP SP: Là nhiệt độ mong muốn mà người vận hành cài đặt để hệ thống điều khiển van nước sao cho nhiệt độ thực tế đạt được bằng nhiệt độ cài đặt.
- PRESS SP: Là áp suất gió mong muốn mà người vận hành cài đặt để hệ thống điều khiển tần số quạt sao cho áp suất thực tế đạt được bằng áp suất cài đặt.
- HUMI SP: Là độ ẩm mong muốn mà người vận hành cài đặt để hệ thống điều heater sao cho độ độ ẩm thực tế đạt được bằng độ ẩm cài đặt

2.4.3 Lưu đồ thuật toán chạy hệ thống AHU



LƯU ĐỒ AUTO-FCU

Hình 2.9 Quy trình chạy AUTO - FCU



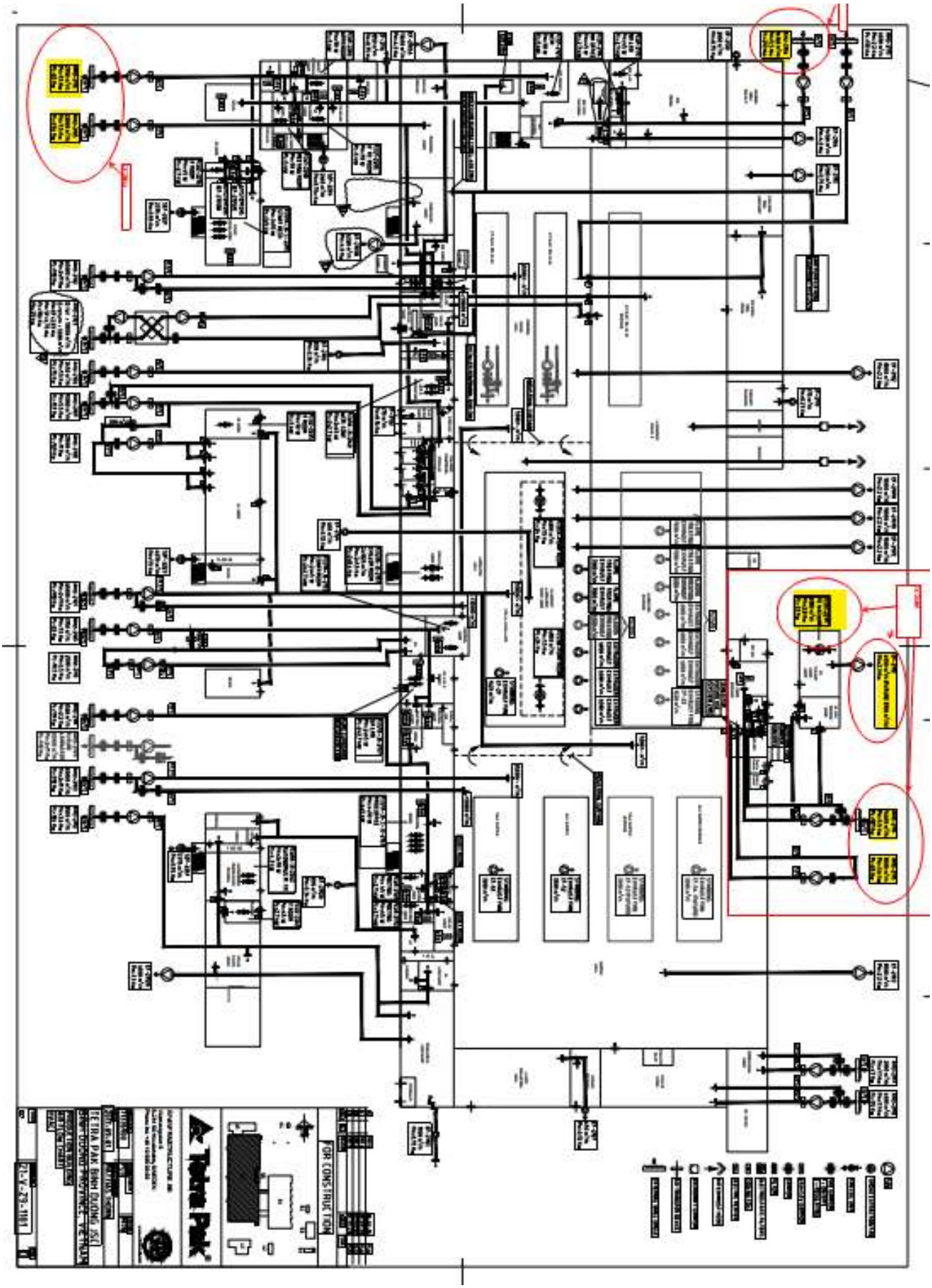
LƯU ĐỒ AHU - AUTO

Hình 2.10 Quy trình chạy AUTO – AHU

2.5 Sơ đồ bố trí các thiết bị

Nhà máy có khoảng 200 phòng, do đó việc phân bổ thiết bị điều hoà không khí cần được thực hiện hợp lý để đảm bảo đáp ứng nhu cầu làm mát, thông gió, và duy trì điều kiện môi trường phù hợp cho từng khu vực chức năng. Hệ thống điều hoà không khí trong nhà máy được thiết kế dựa trên đặc thù của từng phòng và khu vực sản xuất, với các thiết bị chính như AHU và FCU.

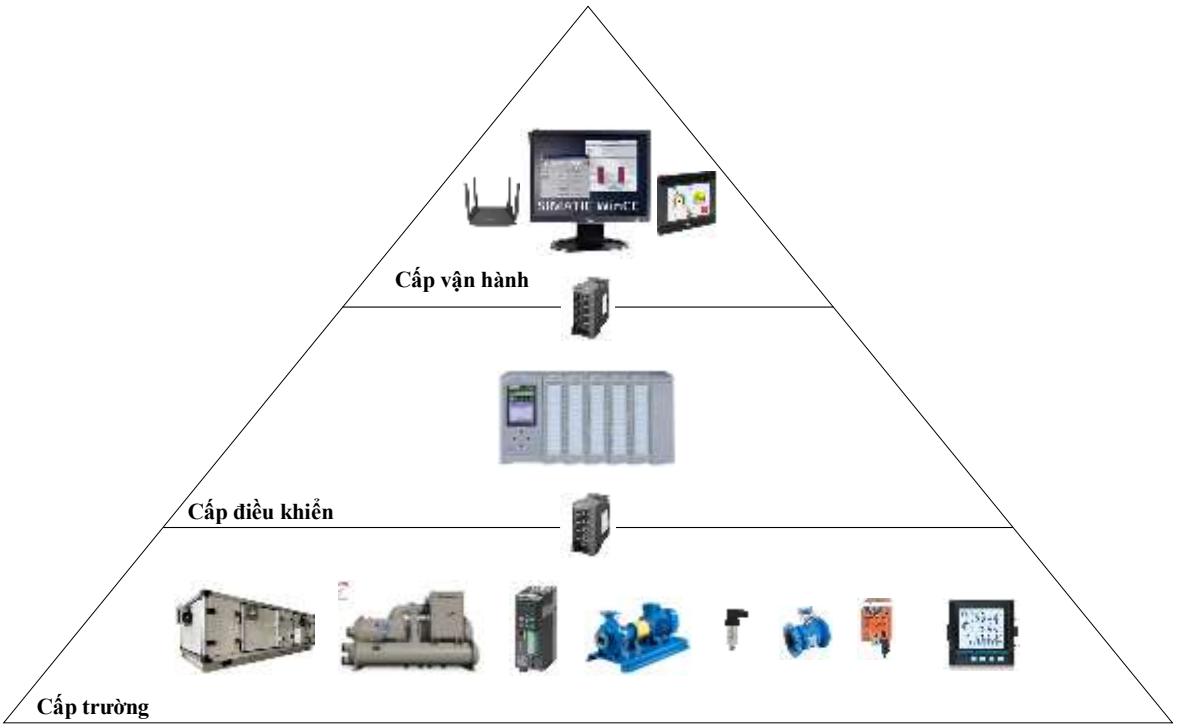
(Bản vẽ và danh sách chi tiết được trình bày trong phần phụ lục)



Hình 2.11 Sơ đồ công nghệ hệ thống xử lý không khí của nhà máy

Chương 3: THIẾT KẾ PHẦN ĐỘNG LỰC CHO HỆ THỐNG

3.1 Mô *hình phân cấp của hệ thống*



Hình 3.1 Mô hình phân cấp của hệ thống

Hệ thống điều khiển và giám sát HVAC trong nhà máy được thiết kế theo mô hình phân cấp gồm ba tầng: cấp điều vận hành (operation Level), cấp điều khiển (control level), và cấp trường (field level). Việc phân tầng như vậy giúp hệ thống vận hành linh hoạt, giám sát tập trung, đảm bảo xử lý tín hiệu chính xác và nâng cao hiệu suất làm việc.

3.1.1 Cấp vận hành

Đây là tầng cao nhất trong hệ thống, đóng vai trò trung tâm điều hành và trực quan hóa toàn bộ hoạt động. Tại đây, dữ liệu từ các thiết bị hiện trường được thu thập, lưu trữ, phân tích và hiển thị nhằm phục vụ công tác giám sát và ra quyết định.

Các thành phần chính gồm:

- **PC server:** Cài đặt phần mềm Simatic WinCC Unified để hiển thị dữ liệu, lưu trữ thông tin vận hành, đưa ra cảnh báo, báo cáo và cấu hình hệ thống.
- **Màn hình HMI Unified Comfort Panel:** Đặt tại phòng kỹ thuật, giúp kỹ thuật viên giám sát và điều khiển hệ thống tại chỗ.

- **Router wifi:** Cho phép kết nối từ xa thông qua mạng internet, hỗ trợ người dùng truy cập hệ thống qua các thiết bị như laptop, máy tính bảng, hoặc điện thoại di động.

3.1.2 Cấp điều khiển

Đây là tầng trung gian giữa cấp vận hành và cấp trường. Tại tầng này, các tín hiệu từ thiết bị đo lường sẽ được thu thập và xử lý bởi bộ điều khiển trung tâm. Sau đó, lệnh điều khiển được gửi xuống các cơ cấu chấp hành.

Thành phần chính:

- **PLC Simatic S7-1500 (CPU 1511-1 PN):** Là bộ điều khiển chính, được lập trình bằng phần mềm TIA Portal. PLC này xử lý dữ liệu nhanh, tích hợp sẵn cổng Ethernet và hỗ trợ nhiều giao thức truyền thông công nghiệp.

3.1.3 Cấp trường

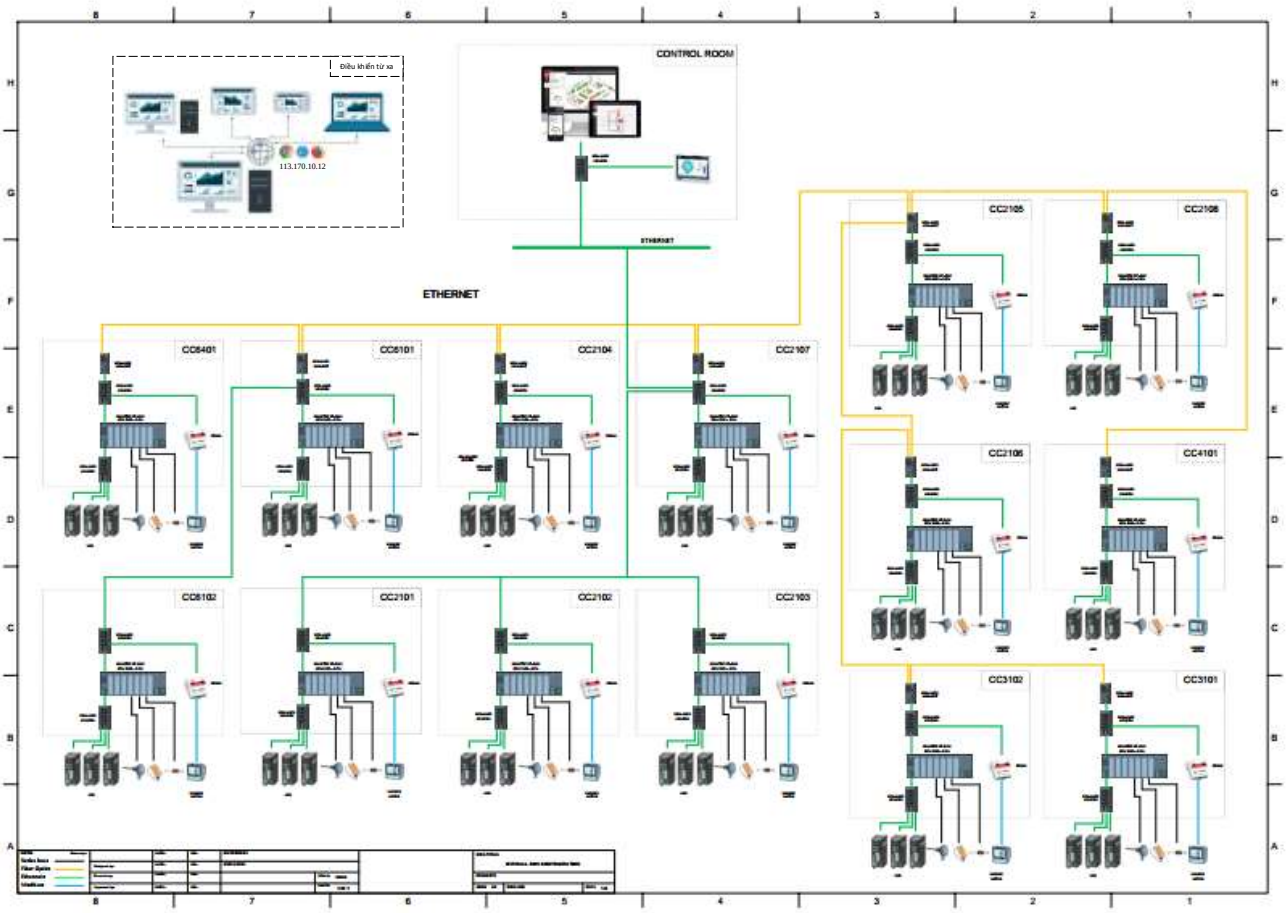
Đây là tầng thấp nhất, nơi trực tiếp đặt các thiết bị đo lường và chấp hành, chịu tác động từ môi trường vận hành thực tế. Tín hiệu từ cấp này được gửi về PLC để xử lý và thực hiện điều khiển.

Các thiết bị chính bao gồm:

- **Cảm biến đo lường:** Bao gồm cảm biến nhiệt độ, cảm biến áp suất, cảm biến lưu lượng, cảm biến độ ẩm và các đồng hồ đo điện.
- **Thiết bị chấp hành:** Gồm bơm, van điều khiển, biến tần, chiller, ahu và các bộ truyền động cơ khí.

3.2 Thiết kế phần cứng

Hệ thống điều khiển HVAC của nhà máy Tetra Pak được chia thành 5 khu vực chính bao gồm: khu vực sản xuất, kho hàng , khu vực hỗ trợ, khu vực văn phòng và khu vực bảo vệ. Lý do hệ thống điều khiển HVAC được phân chia thành nhiều tủ điều khiển riêng biệt cho từng khu vực. Cách bố trí này giúp dễ dàng trong việc quản lý, vận hành và bảo trì hệ thống, đồng thời đảm bảo tính linh hoạt khi cần nâng cấp hoặc mở rộng. Mỗi tủ điều khiển được thiết kế để điều khiển ở các khu vực khác nhau. Ngoài ra, các tủ điều khiển được kết nối về trung tâm điều khiển BMS để giám sát và điều khiển tập trung toàn bộ hệ thống HVAC trong nhà máy.



Hình 3.2 Tổng quan về hệ thống điều khiển

Tổng cộng có 14 tủ điều khiển được phân bố như sau:

- Khu vực sản xuất: Gồm 8 tủ điều khiển mang mã hiệu CC2101, CC2102, CC2103, CC2104, CC2105, CC2106, CC2107, CC2108.
- Khu vực kho hàng: 1 tủ điều khiển, mã hiệu CC3101.
- Khu vực hỗ trợ: 1 tủ điều khiển, mã hiệu CC4101.
- Khu vực văn phòng: Gồm 2 tủ điều khiển là CC6101 và CC6102.
- Khu vực bảo vệ: 1 tủ điều khiển, mã hiệu CC6401.

❖ Lựa chọn và thiết kế giải pháp truyền thông

Trong hệ thống điều khiển của nhà máy, với tổng cộng 14 tủ điều khiển cùng nhiều thiết bị máy móc cần được kết nối và giám sát tập trung tại phòng điều khiển trung tâm (BMS Control Room), nhóm quyết định sử dụng hai giải pháp truyền thông chính: Profinet và Fiber Optic. Việc lựa chọn dựa trên các yếu tố như khoảng cách truyền, tốc độ, độ ổn định và khả năng chống nhiễu trong môi trường công nghiệp.

a) Truyền thông Profinet

Profinet là một giao thức truyền thông công nghiệp hiện đại, dựa trên nền tảng Ethernet tiêu chuẩn. Giao diện vật lý sử dụng là cổng RJ-45 với cấu trúc cáp mạng CAT5e hoặc CAT6.

- Tốc độ truyền dữ liệu: 100 Mbit/s
- Phạm vi truyền hiệu quả: 0 – 100 m
- Đặc điểm: Đơn giản trong triển khai, chi phí thấp, phù hợp với kết nối tầm gần và trong cùng tủ/máy.

Ứng dụng trong dự án:

Các kết nối giữa thiết bị nằm trong phạm vi dưới 100 m (thực tế dưới 70 m) sẽ sử dụng giao thức truyền thông Profinet để đảm bảo tốc độ và hiệu quả truyền dữ liệu.

b) Truyền thông Fiber Optic

Fiber Optic là một giao thức truyền thông công nghiệp hiện đại sử dụng cáp quang – loại cáp dài và mỏng với lõi dẫn bằng sợi thủy tinh hoặc nhựa plastic. Cáp quang có khả năng chống nhiễu cao, truyền dữ liệu tốc độ cao và khoảng cách xa.

- Tốc độ truyền dữ liệu: 100 Mbit/s (đến 2 km), 1 Gbit/s (đến 1000 m), 10 Gbit/s
- Phạm vi truyền hiệu quả: 100 m – 2000 m
- Đặc điểm: Chống nhiễu tốt, truyền xa, tốc độ cao, phù hợp kết nối ngoài trời hoặc khoảng cách lớn giữa các thiết bị

Ứng dụng trong dự án:

Các kết nối giữa thiết bị có khoảng cách từ 100 m đến 2000 m sẽ sử dụng giao thức truyền thông Fiber Optic để đảm bảo chất lượng và độ tin cậy trong truyền dữ liệu.

3.3 Danh mục các thiết bị chính sử dụng

Thông số các thiết bị dưới đây được lấy từ hệ thống cơ điện tại nhà máy Tetra Pak**,** dựa trên dữ liệu tải lạnh của nhà máy được tính toán từ phần mềm chuyên dụng.

3.3.1 Máy làm lạnh nước Chiller

Để đáp ứng nhu cầu tải lạnh của toàn bộ hệ thống nhà máy, hệ thống được trang bị 03 máy làm lạnh nước của hãng Daikin. Các máy Chiller này được lựa chọn dựa trên các tiêu chí kỹ thuật phù hợp với nhu cầu tải lạnh, hiệu suất năng lượng cao và độ tin cậy khi vận hành được tính toàn từ phần mềm chuyên dụng.

Manufacturer:	**Daikin**
Type:	**EWAD C18 CZ XL**
Capacity control:	**Stepless**
Unit power input:	**724 kW**
Other manufacturer:	**York or Carrier**

Chillers load	CW temperture	Capacity cooling	EER 100% work
CH1	+17°C - +13°C	2034 kW	3,10
CH2	+15°C - +11°C	1943 kW	3,00
CH3	+14°C - +10°C	1894 kW	2,96

Hình 3.3 Thông số kỹ thuật của máy làm lạnh nước Chiller

3.3.2 Tháp giải nhiệt

Để đảm bảo hệ thống HVAC vận hành ổn định và hiệu quả, hệ thống được trang bị 03 tháp giải nhiệt tương ứng với 03 máy làm lạnh nước Chiller. Mỗi tháp giải nhiệt được lựa chọn đảm bảo công suất và lưu lượng phù hợp với tải nhiệt cần giải toả từ dàn ngưng tụ của các máy Chiller.

Manufacturer:	**TA**
Water Flow Rate:	**Induced Draft Counterflow**
Inlet Water Temperature:	**430 m^3/h**
Outlet Water:	**37°C**
Temperature:	**32°C**
Cooling Capacity:	**2000 kW**
Fan Power:	**9 kW**

Hình 3.4 Thông số kỹ thuật của tháp giải nhiệt

3.3.3 Bộ xử lý không khí AHU

Trong dự án, toàn bộ nhà máy cần trang bị 25 AHU, được lựa chọn phù hợp với tải lạnh và yêu cầu kỹ thuật riêng của từng khu vực. Các AHU này được sản xuất bởi hãng Daikin .

Manufacturer:	**Trane**
Type:	**Horizontal, Double Skin**
Air Flow Rate:	**12,000 m³/h**
Cooling Coil Capacity:	**210 kW**
Supply Air Temperatur	**14°C**
Return Air Temperatur	**24°C**
Filter Type:	**G4 + F7**
Fan Type:	**EC Centrifugal Fan**

Hình 3.5 Thông số kỹ thuật của AHU

3.3.4 Hệ thống bơm

❖ **Yêu cầu kỹ thuật**

Máy bơm phải được cung cấp đầy đủ với bệ đỡ và bộ chống rung. Việc lắp đặt máy bơm trên một nền tảng nằm ngang hoàn toàn (100%) là rất quan trọng. Các máy bơm có mặt bích phải đi kèm mặt bích đối, bu lông và đai ốc. Chúng phải được kết nối với hệ thống ống bằng khớp nối cao su loại VD1.. Máy bơm cho nước lạnh cần được bảo vệ bằng lớp mạ kẽm hoặc sơn phủ epoxy hai thành phần và được lắp đặt trên khay hứng nước bằng thép không gỉ, có ống xả dẫn xuống cống sàn.

Tuỳ theo mục đích chức năng sử dụng có các có các loại bơm chính sau:

❖ **Bơm giải nhiệt**

Có 3 bơm giải nhiệt có nhiệm vụ bơm nước từ tháp giải nhiệt qua bình ngưng của chiller để hấp thụ nhiệt từ gas lạnh. Sau khi hấp thụ nhiệt từ chiller, nước nóng được bơm trở lại tháp giải nhiệt, nơi nó được làm mát bởi không khí trước khi quay lại chu trình.

Specification is for 1 pump:

Manufacturer:	Grundfos
Type:	TP100-130/4 A-F-A-BQQE
Art nr:	96109305
Calc.Flow:	78 m³/h
Pressure:	100 kPa
Motor power:	4 kW, 3x380-415 D V, 50 Hz,
Nominel current	9,3 A
Weight:	139 kg
Conn.:	DN100/100, PN16

Hình 3.6 Thông số kỹ thuật bơm nước giải nhiệt

❖ **Bơm nước lạnh**

P-201A, P-201B, P-201C: Nước làm mát hệ thống HVAC, CW2

3 bơm tuần hoàn kết nối song song. Thiết kế để điều khiển tốc độ bằng biến tần ngoài.

Manufacturer:	Grundfos
Type:	HYDRO MPC-E 5 CRE150-1-1
Art nr:	96941430
Calc. Flow:	PHASE1,= 562 m^3/h (Phase 2 = 712 m^3/h)
Pressure:	160 kPa
Motor power:	5x 18,5 kW, 3x380-415 V, 50 Hz, 35,8 A
Weight:	3000 kg
Conn.:	DN350/350, PN16
Minimal cooling water temperature	+5°C

Hình 3.7 Thông số kỹ thuật bơm nước lạnh

3.3.5 Hệ thống van

❖ **Van cho hệ thống AHU**

Van cấp nước lạnh dùng để điều chỉnh lượng nước lạnh chảy qua dàn trao đổi nhiệt của hệ thống AHU

Vị trí lắp đặt: Trên đường ống nước lạnh nối từ Chiller vào dàn lạnh của AHU.

Manufacturer:	Siemens
Type:	VVF32.125-250, 2-way valve
Connection:	DN125 flanges
Max. Pressure:	PN 10
Water flow:	80 m^3/h
KVs:	250
Pressure drop:	12 kPa

Hình 3.8 Thông số kỹ thuật của van AHU

❖ **Van cho hệ thống Chiller**

Trong hệ thống Chiller của nhà máy, cơ bản có hai loại van chính cần quan tâm: Van đóng/mở: Được lắp trên các đường ống cấp nước và hồi nước của Chiller, cũng như trên các đường ống kết nối đến tháp giải nhiệt. Van này cho phép cô lập từng thiết bị khi cần bảo trì hoặc sửa chữa.

Van bypass: Được lắp nối tắt giữa đường ống cấp và hồi nước của Chiller. Van này giúp duy trì lưu lượng tối thiểu qua Chiller khi tải lạnh giảm thấp, đảm bảo Chiller không bị lỗi áp suất thấp và hoạt động ổn định.

Manufacturer:	Siemens
Type:	VKF46.150, 2-way valve
Connection:	DN150 flanges
Max. Pressure:	PN 10
Water flow:	450 m^3/h
KVs:	2100
Pressure drop:	5 kPa

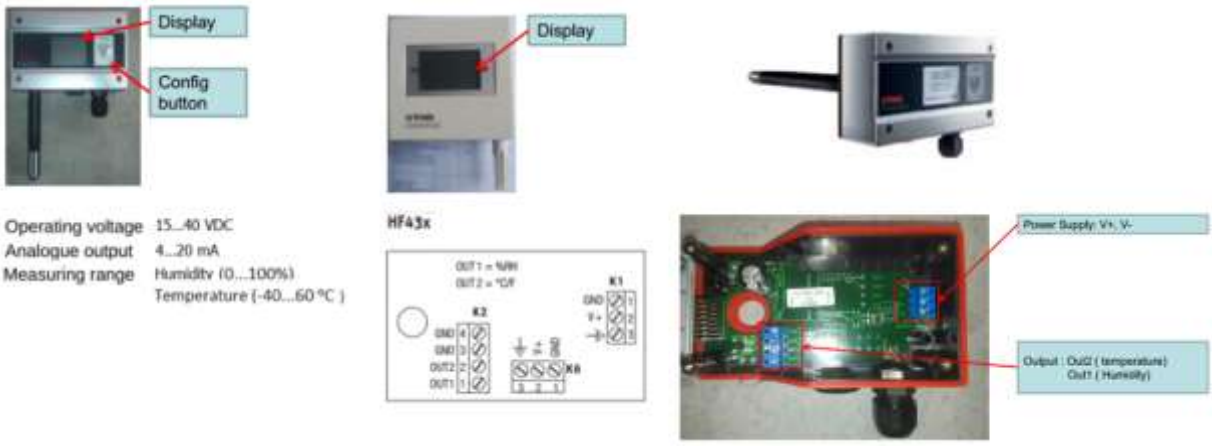
Hình 3.9 Thông số van trong hệ thống Chiller

3.3.6 Thiết bị đo

❖ **Cảm biến nhiệt độ , độ ẩm**

Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm được sử dụng để đo nhiệt độ và độ ẩm không khí trong không gian sử dụng, nhằm giám sát và điều khiển hệ thống điều hòa không khí, đảm bảo các thông số môi trường luôn duy trì ở mức phù hợp theo yêu cầu.

Vị trí lắp đặt: Trên đường ống VAV sau bộ xử lý không khí AHU.

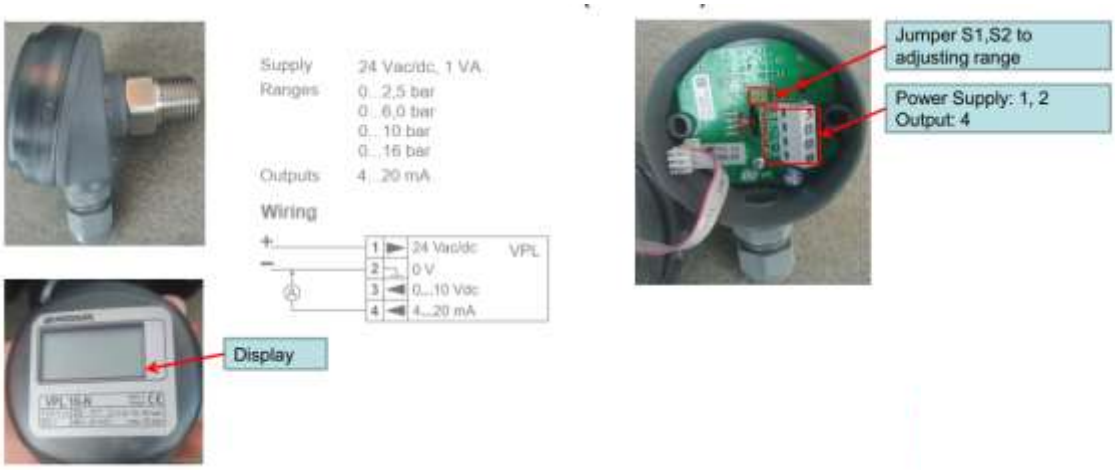


Hình 3.10 Cảm biến nhiệt độ - độ ẩm và sơ đồ đấu nối

❖ **Cảm biến áp suất**

Cảm biến áp suất được sử dụng để điều khiển và giám sát áp suất trong đường ống VAV cấp gió đến các khu vực sử dụng.

Vị trí lắp đặt: Sau quạt cấp gió của bộ AHU

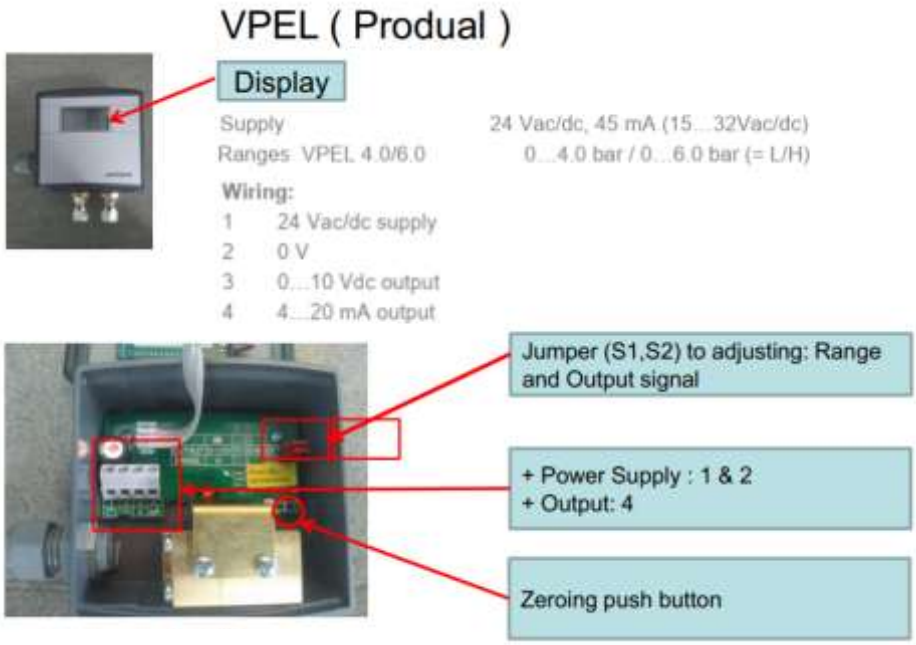


Hình 3.11 Cảm biến áp suất và sơ đồ đấu nối

❖ **Cảm biến chênh áp**

Cảm biến chênh áp được sử dụng để đo độ chênh lệch áp suất giữa trước và sau bộ lọc của AHU và hai đường ống nước cấp và hồi của hệ thống Chiller.

Vị trí lắp đặt: Giữa đầu vào và đầu ra của bộ lọc AHU và cuối đường ống nước cấp và hồi của Chiller.



Hình 3.12 Cảm biến chênh áp và sơ đồ đấu nối

3.3.7 Các thiết bị trong tủ điều khiển

❖ **PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN**

Là thiết bị điều khiển chính của hệ thống, cho phép thực hiện linh hoạt các thuật toán điều khiển logic thông qua một ngôn ngữ lập trình. Người sử dụng có thể lập trình

để thực hiện một loạt trình tự các sự kiện. Các sự kiện này được kích hoạt bởi tác nhân kích thích tác động vào PLC hoặc qua các hoạt động có trễ.

Hình 3.13 PLC S7-1500

❖ **Module I/O SIMATIC ET 200SP**

Là thiết bị ngoại vi phân tán của hãng Siemens, được xem như hệ thống I/O module. Thông qua các module giao diện mà nó có thể trao đổi dữ liệu khi được kết nối với các PLC cấp cao hơn. ET 200SP thường được sử dụng trong những hệ thống có điều khiển phân tán có nhiều thiết bị và hạn chế về không gian.

Hình 3.14 Module I/O SIMATIC ET 200SP

Tính năng:

- Cấu hình tối đa 64 module và cho phép thay thế module tùy ý trong khi hoạt động.
- Vùng nhớ làm việc 200kB cho chương trình và 1MB cho dữ liệu người dùng.
- Giao thức truyền thông: PROFINET I/O, EtherNet/IP, Modbus TCP…
- Khả năng xử lý được nhiều I/O và đồng bộ.

❖ **Biến tần SINAMICS G120**

Biến tần SINAMICS G120 có thiết kế dạng module gồm module điều khiển (Control Unit – CU) và module công suất (Power Module -PM) cùng với dải công suất rất rộng từ 0.37kW đến 250kW.

Hình 3.16 Control Unit CU230P-2PN

Hình 3.15 Power Module PM230

Ngoài ra, một số thiết bị khác:

Bộ chuyển đổi mạng SCALANCE XC108-2SFP: là một bộ chuyển mạch Ethernet công nghiệp cho phép thu thập, xử lý và chuyển tiếp dữ liệu từ môi trường sản xuất đến các điểm đến như nền tảng đám mây hoặc các ứng dụng nội bộ khác.

Bộ nguồn cung cấp SITOP PSU100S: là thiết bị chuyển đổi nguồn từ điện áp xoay chiều (120/230VAC) sang điện áp một chiều (24VDC/10A) để cung cấp cho các thiết bị CPU, HMI, ET 200SP… yêu cầu nguồn cung cấp 24VDC.

Aptomat, các thiết bị trung gian như relay, contactor…

Hệ thống đèn hiển thị và nút nhấn, switch

- 3 đèn báo pha xanh, đỏ, vàng tương ứng với các pha L1, L2, L3.
- Switch Man/Auto: chọn chế độ vận hành Manual hoặc Auto cho hệ thống mỗi hồ.
- Nút nhấn Emergency: để dừng khẩn cấp hệ thống nếu xảy ra các lỗi trong quá trình vận hành gây nguy hiểm đến các thiết bị hoặc đường ống.
- Buzzer: chuông báo khi xảy ra các lỗi ảnh hưởng đến quá trình vận hành hệ thống.
- Đèn báo Fault: hiển thị khi hệ thống xảy ra lỗi.
- Nút nhất Start/Stop/Ack: lần lượt là các nút nhất để Start/Stop hệ thống ở chế độ Auto và nút nhất Ack dùng để tắt chuông báo động.

3.4 Xác định các biến điều khiển

❖ Tín hiệu điều khiển tương ứng với các loại thiết bị điện

Bảng 3.1 Tín hiệu điều khiển

Device	Control	Signal Name	Description	Signal Type
AHU Supply Fan	Auto/Manual	CMDO	Command On	DO
		FBR	Feedback Run	DI
		FBF	Feedback Fault	DI
Cooling Tower Fan	Auto/Manual	CMDO	Command On	DO
		FBR	Feedback Run	DI
		FBF	Feedback Fault	DI
Chilled Water Pump	Auto/Manual	CMDO	Command On	DO
		FBR	Feedback Run	DI
		FBF	Feedback Fault	DI
Condenser Water Pump	Auto/Manual	CMDO	Command On	DO
		FBR	Feedback Run	DI
		FBF	Feedback Fault	DI
AHU Control Valve	Auto/Manual	CTRV	Control Valve	AO
		FBO	Feedback Open	DI
		FBC	Feedback Closed	DI
Chiller Control Valve	Auto/Manual	CMDO	Command On	DO
		FBO	Feedback Open	DI
		FBC	Feedback Closed	DI
Bypass Valve	Auto/Manual	CTRV	Control Valve	AO
		FBO	Feedback Open	DI
		FBC	Feedback Closed	DI
Temperature Sensor	Signal	PV	Process Value	AI
Humidity Sensor	Signal	PV	Process Value	AI
Differential Pressure Sensor	Signal	PV	Process Value	AI
Pressure Sensor	Signal	PV	Process Value	AI

3.5 Tính chọn các thiết bị điện

❖ **Tính chọn biến tần**

Các thiết bị được sử dụng trong dự án bơm, quạt nên ta chọn Control Unit CU230P-2 của Siemens được thiết kế cho các ổ đĩa với các chức năng công nghệ tích hợp ứng dụng cho bơm, quạt.

Chọn Power Module PM230 của Siemens (0.37-90kW) được thiết kế chuyên dụng cho bơm, quạt, với đặc tính tải là mômen tỉ lệ bình phương với tốc độ. Về cơ bản, công suất biến tần phải bằng hoặc lớn hơn công suất động cơ, tùy theo đặc tính của tải mà có thể lựa chọn hệ số an toàn từ 1-1.5 cho phù hợp, đối với các thiết bị trong dự án không yêu cầu đáp ứng liên tục 100% công suất nên ta có thể chọn hệ số là 1:

Bơm P-201A, P-201B, P-201C có công suất 18.5kW nên có thể chọn biến tần có công suất lớn hơn hoặc bằng 18.5kW, với giá trị này có 2 module công suất phù hợp là 18.5kW và 22kW, đối với các bơm trong dự án không yêu cầu đáp ứng liên tục 100% công suất nên ta có thể chọn hệ số là 1 tương ứng với module công suất 18.5kW để tiết kiệm chi phí.

Tương tự cách tính như vậy cho các quạt của AHU và CT

❖ **Tính chọn MCB, MCCB**

Ví dụ đối với trường hợp động cơ 18.5kW:

$I_{TT} = \frac{P}{\sqrt{3}Ucos\varphi} = \frac{18500}{\sqrt{3}\times 380\times 0.85} = 33$ A

$I_{TK} = 2 \times I_{TT} = 66$ A (chọn hệ số an toàn bằng 2) => Chọn MCCB 3P 75A

Tương tự vậy cho các thiết bị khác.

❖ **Tính chọn Contactor, Relay nhiệt**

Từ I_{TT} ta tính được $I_{CT} = I_{TT} \times 1.4 = 46.2$A (chọn hệ số khởi động bằng 1.4)

Chọn Contactor lớn hơn hoặc bằng 46.2A

Chọn Relay nhiệt có khoảng giá trị chứa giá trị 60A

Tương tự vậy cho các thiết bị khác.

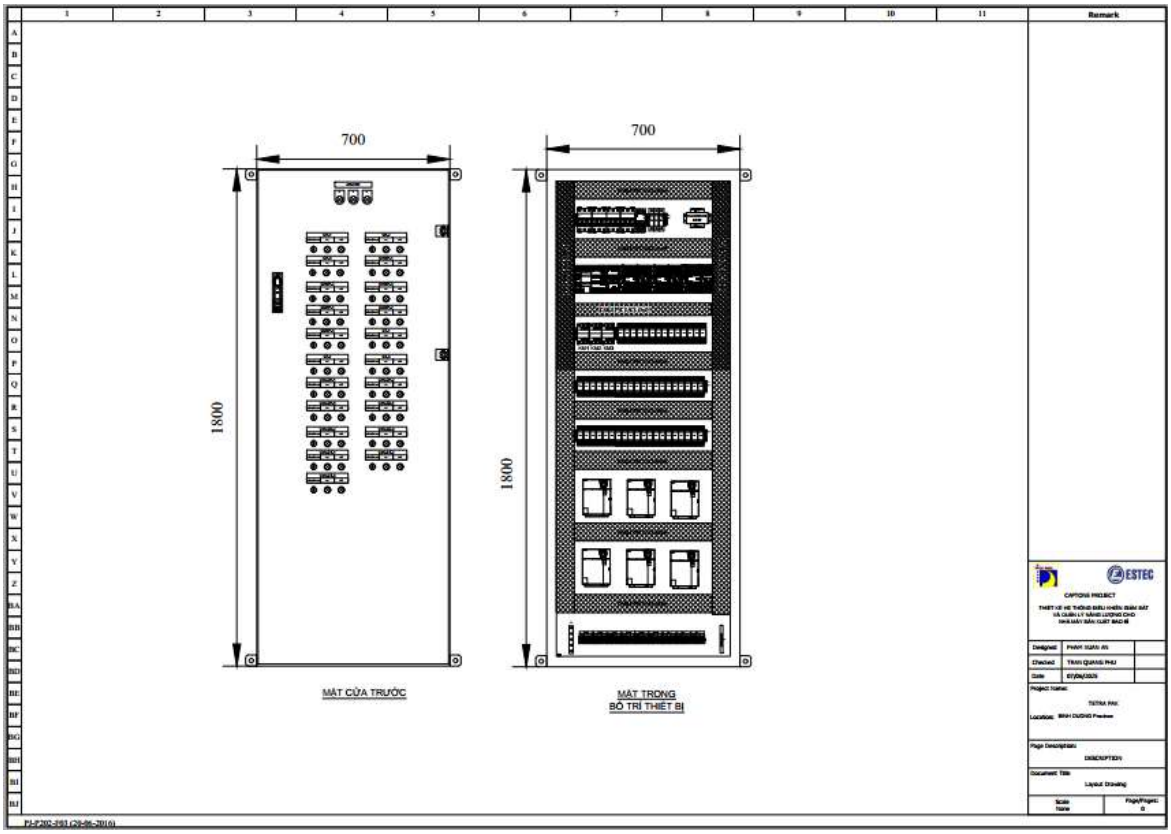
❖ **Tính chọn dây dẫn**

Tiết diện dây $S = I_{TT} \div J = 33 \div 6 = 11$ mm^2 => Chọn dây có tiết diện lớn hơn 11 mm^2, có thể chọn dây Cadivi 16 mm^2.

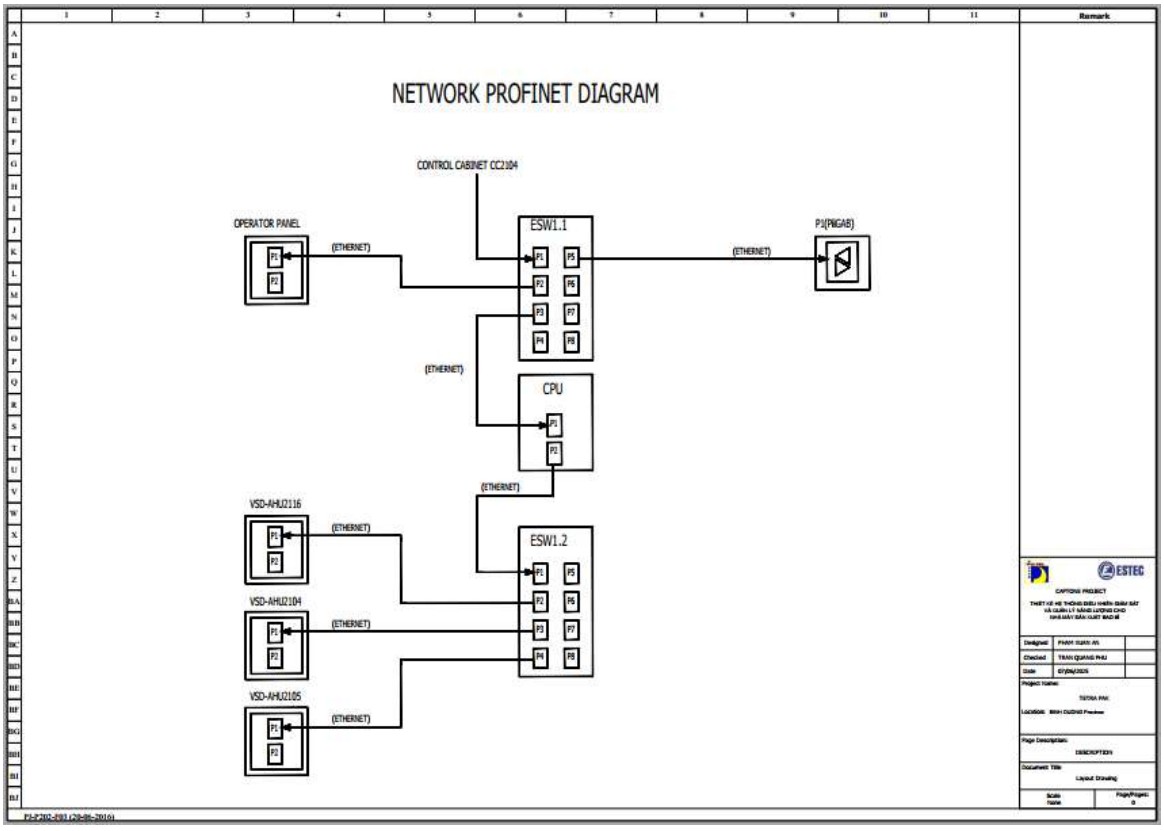
Tương tự vậy cho các thiết bị khác.

3.6 Thiết kế sơ đồ, bản vẽ thi công

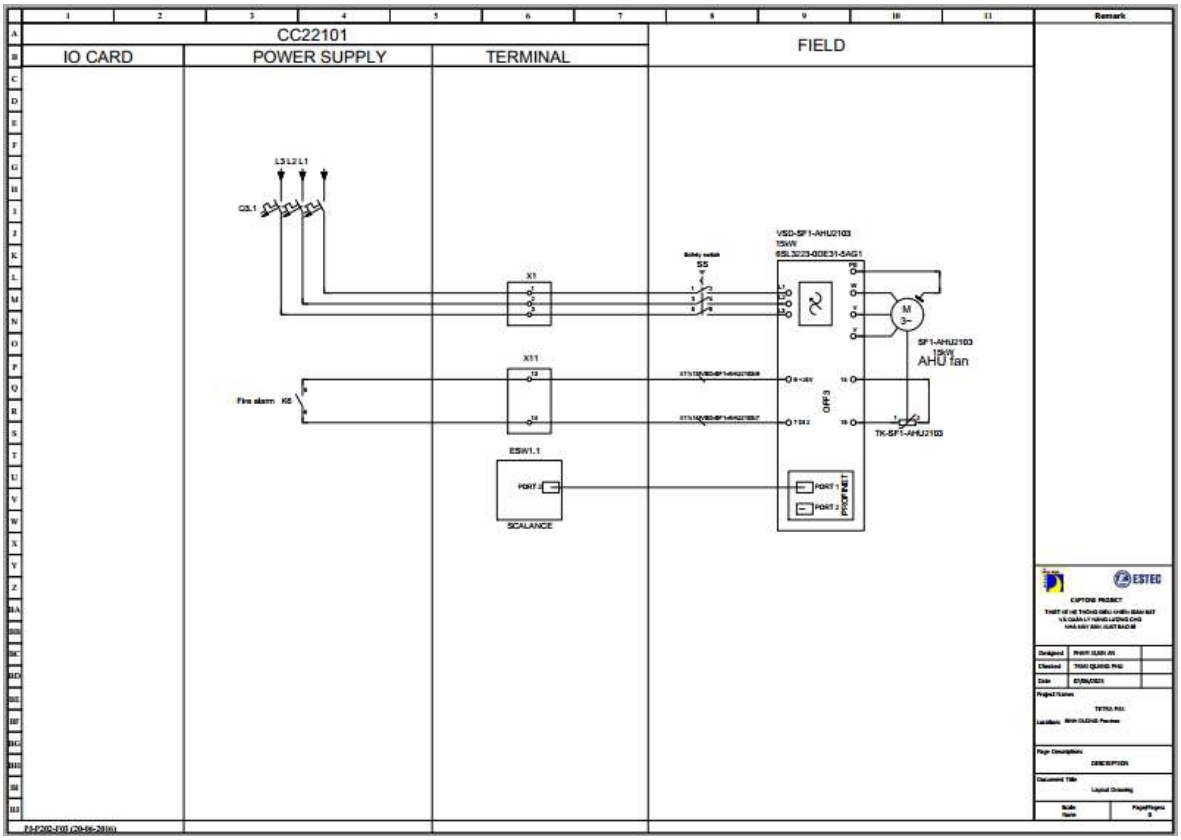
Dưới đây là một số hình ảnh về bản vẽ và sơ đồ đi dây giữ các động cơ mạch động lực. Bản vẽ đầy đủ đã được kèm trong file nộp.



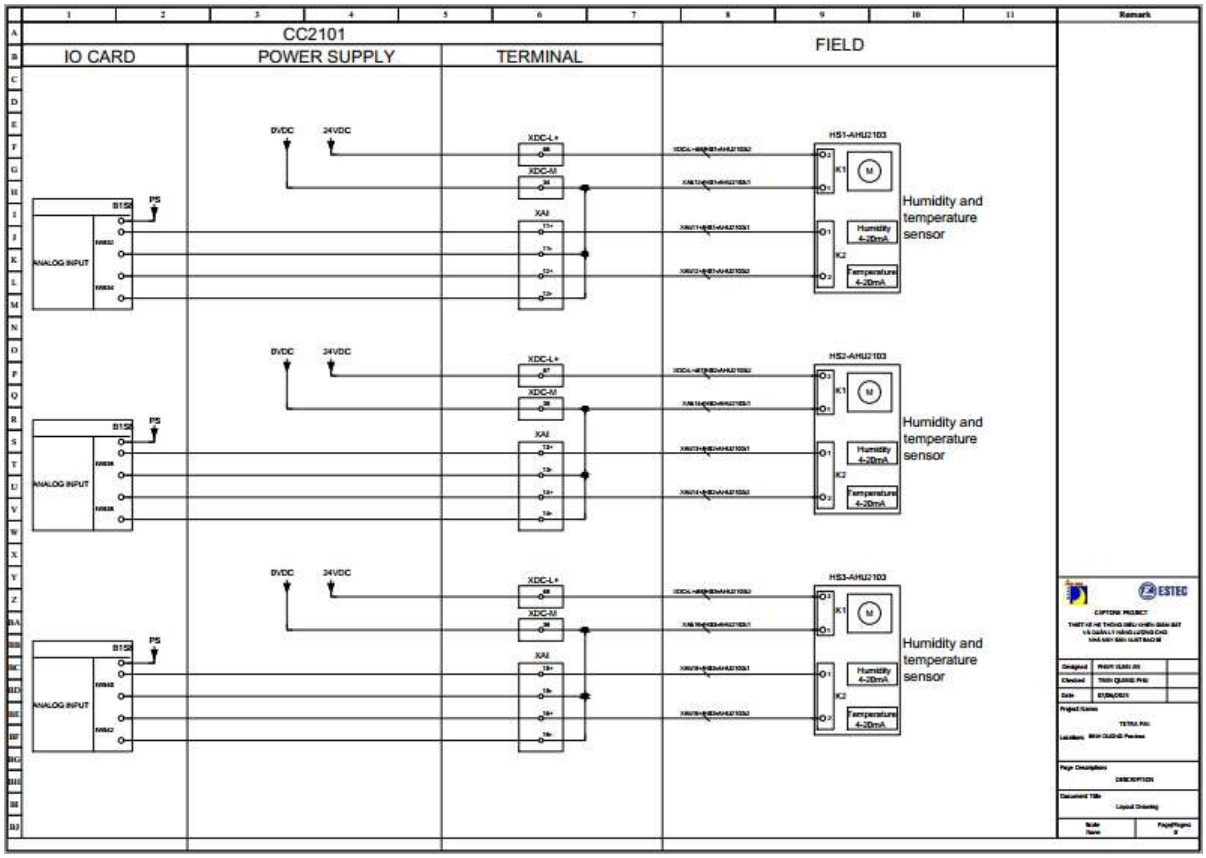
Hình 3.17 Bản vẽ bố trí các thiết bị trong tủ



Hình 3.18 Sơ đồ truyền thông giữa các thiết bị



Hình 3.19 Sơ đồ mạch động lực của động cơ



Hình 3.20 Sơ đấu nối tin hiệu cảm biến

Chương 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

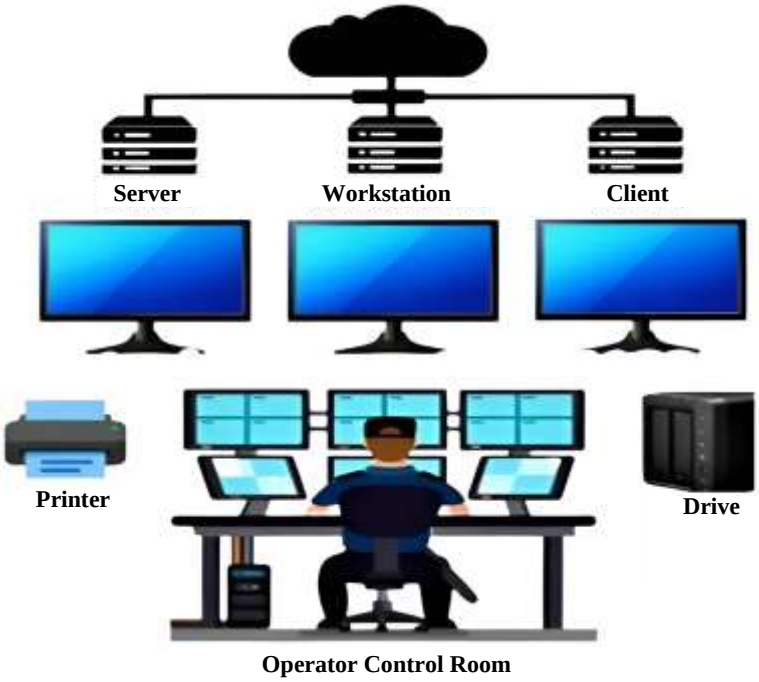
4.1 Cấu trúc chung của hệ thống

4.1.1 Thiết bị phòng điều khiển trung tâm

Phòng điều khiển trung tâm của hệ thống BMS (viết tắt là CCMS) được đặt tại phòng điều hành. Tại đây, có:

Một máy tính SERVER thực hiện thu nhận và xử lý dữ liệu từ các hệ thống, lưu trữ cơ sở dữ liệu và quản lý các dịch vụ hệ thống BMS.

Một máy tính CLIENT dùng để vận hành, giám sát và điều khiển các hệ thống thông qua giao diện đồ hoạ



Hình 4.1 Phòng điều khiển trung tâm của hệ thống

Máy tính có cấu hình phần cứng đáp ứng hoàn toàn yêu cầu thiết kế, máy được cài đặt phần mềm ứng dụng WinCC Unified, là phần mềm dùng để giám sát và điều khiển cho hệ thống.

4.1.2 Các thiết bị điều khiển DDC

Các bộ điều khiển sử dụng tại công trình chủ yếu của dòng Siemens gồm các bộ điều khiển s7-1500. Các bộ điều khiển này có thể kết nối với các Server của phòng điều khiển trung tâm qua mạng Ethernet,Mosbus, Fiber Optic và Series bus.

Các bộ DDC này được lắp đặt trong các tủ DDC đặt tại các phòng kỹ thuật của từng khu vực. DDC chịu trách nhiệm thu thập dữ liệu và điều khiển các thiết bị hiện trường như:

- Quạt FCU, AHU
- Bơm, cảm biến nhiệt độ, áp suất, lưu lượng
- Các van điều khiển, thiết bị đo lường khác.

4.1.3 Mạng và truyền thông

Hệ thống mạng truyền thông là xương sống của hệ thống BMS. Thông thường, BACnet/IP là giao thức phổ biến cấp điều khiển tòa nhà, tuy nhiên, trong dự án này, do đặc thù môi trường công nghiệp đó là hệ thống BMS cho nhà máy, yêu cầu về:

- Tốc độ truyền dữ liệu cao
- Tính đồng bộ và dễ mở rộng và dễ thay thế
- Khả năng tích hợp liền mạch với hệ thống điều khiển PLC Siemens

Do đó, Profinet được lựa chọn là mạng chủ cho hệ thống BMS các bộ điều khiển DDC được kết nối với nhau bằng giao thức Profinet và thông qua các bộ switch công nghiệp sau đó đưa tới máy tính server tại phòng điều khiển trung tâm. Các bộ điều DDC ở xa phòng điều khiển trung tâm thì điều kết nối với nhau bằng Fiber Optic.

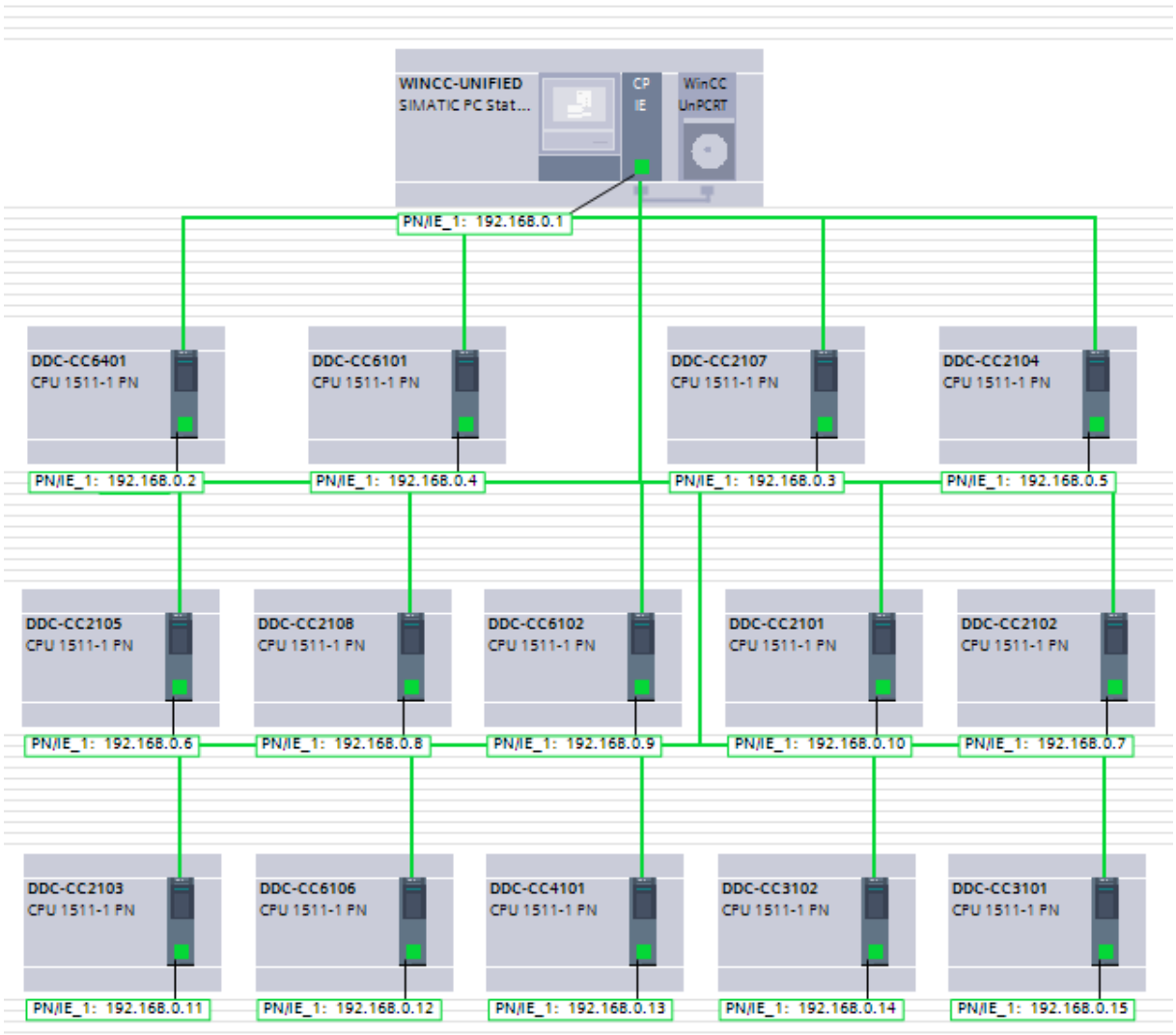
4.2 Chương trình điều khiển của hệ thống

4.2.1 Sơ đồ kết nối hệ thống điều khiển trong Tia Portal

CPU Làm nhiệm vụ xử lý tín hiệu và điều khiển hệ thống

Các thiết bị gửi tín hiệu và nhận tín hiệu điều khiển từ PLC thông qua cáp PROFINET

Hệ thống sử dụng Switch SCALANCE X108 để mở rộng mạng, cho phép kết nối nhiều thiết bị.

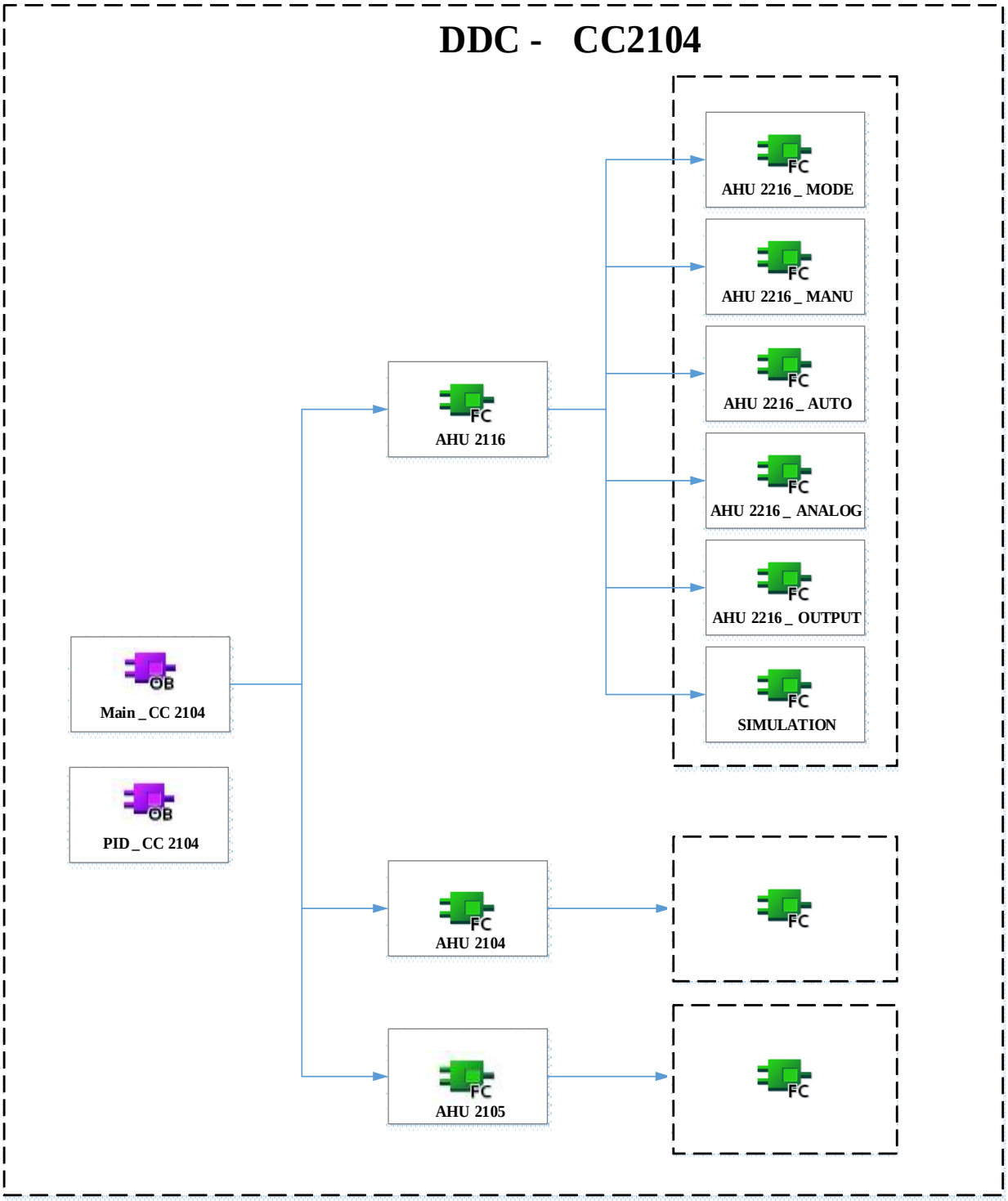


Hình 4.2 Kết nối truyền thông các thiết bị

4.2.2 Chương trình điều khiển của hệ thống

Chương trình điều khiển xử lý các tín hiệu đầu vào và đầu ra với mục đích điều khiển các chế độ hoạt động của hệ thống, đồng thời xử lý tín hiệu để truyền thông với các phần mềm giám sát. Chương trình được xây dựng trên nền tảng phần mềm TIA Portal, bao gồm các khối: OB (Organization Block), FB/FC (Function Block/Function), Cyclic Interrupt, Data Block,...

Nguyên lý điều khiển của các bộ xử lý AHU là giống nhau. Trong thực tế, hệ thống của nhà máy bao gồm tổng cộng 25 bộ AHU. Tuy nhiên, trong phạm vi đề tài này, nhóm chỉ thực hiện viết chương trình mô phỏng cho 3 bộ AHU và hệ thống Chiller.



Hình 4.3 Sơ đồ khối chương trình điều khiển tại tủ 2104

Trong chương trình điều khiển, khối OB chứa chương trình chính và khối điều khiển PID. Bên trong OB, một khối FC tổng được gọi để xử lý toàn bộ logic điều khiển

của thiết bị. Khối này tiếp tục gọi các FC con để xử lý từng chức năng riêng biệt, cụ thể như sau:

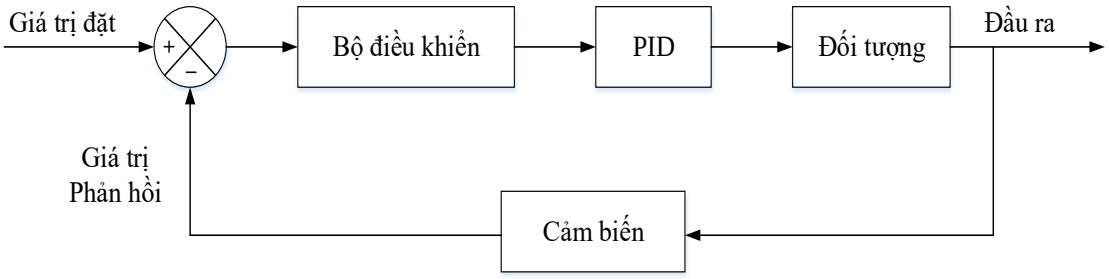
Bảng 4.1 Chức năng của các khối Function Block trong chương trình điều khiển

Tên FC	Chức năng chính
AHU2116_MODE	Xử lý chế độ vận hành tổng thể
AHU2116_MANU	Logic điều khiển ở chế độ Manual
AHU2116_AUTO	Logic điều khiển ở chế độ Auto và Schedule
AHU2116_ANALOG	Đọc/ghi các tín hiệu analog
AHU2116_OUTPUT	Xuất tín hiệu điều khiển ra thiết bị
SIMULATION	Chế độ mô phỏng (Test logic mà không cần thiết bị thật)
REALTIME	Đưa ra thời gian thực phục vụ cho chế độ Schedule

Chương trình điều khiển tại **13 tủ còn lại** được xây dựng với cấu trúc tương tự như tủ điều khiển - CC2104 để đảm bảo tính đồng bộ, dễ bảo trì và mở rộng hệ thống.

4.2.3 Bộ điều khiển PID

Trong dự án này, thuật toán PID rất quan trọng được ứng dụng trong nhiều vị trí, ví dụ như điều khiển áp suất gió trong AHU, điều khiển nhiệt độ nước lạnh từ Chiller, hay điều khiển áp suất nước trong hệ thống bơm. Điều này giúp hệ thống hoạt động hiệu quả, ổn định, tiết kiệm năng lượng và đáp ứng tốt các tiêu chuẩn môi trường trong nhà máy.



Hình 4.4 Sơ đồ nguyên lý bộ điều khiển PID

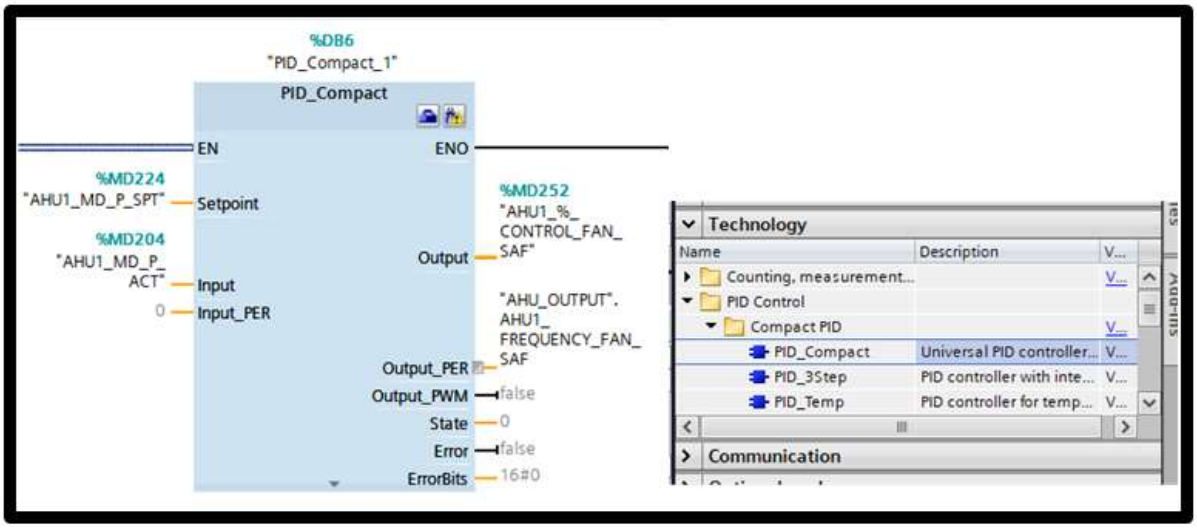
Dựa vào phần sơ đồ trên, bộ điều khiển sẽ có 5 phần tử:

- Giá trị cài đặt đầu vào
- Bộ xử lý điều khiển
- Thiết bị cần điều khiển
- Giá trị phản hồi từ cảm biến
- Giá trị đầu ra

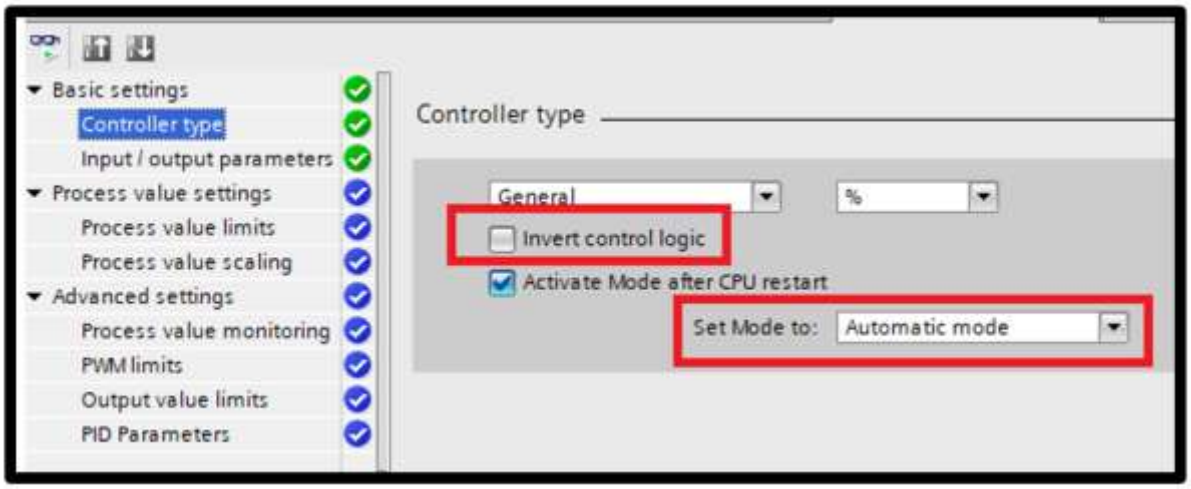
Giá trị cài đặt đầu vào sẽ là điểm cài đặt giá trị áp suất/ nhiệt độ/độ ẩm mong muốn. Thao tác cài đặt này sẽ được thiết lập trực tiếp trên giao diện điều khiển BMS hoặc HMI. Tiếp đến, dựa vào sai lệch tín hiệu từ cảm biến và giá trị cài đặt. Thì lúc này bộ điều khiển sẽ có thực hiện việc tính toán PID. Nếu như giá trị của cảm biến phản hồi về cao hơn giá trị đặt, lúc này bộ điều khiển sẽ giảm tốc độ của đối tượng điều khiển để điều tiết sao cho sai lệch giữa giá trị đặt và phản hồi bằng 0 và ngược lại. Tiến trình đó diễn ra cho đến khi giá trị đặt và giá trị phản hồi bằng nhau và giữ nguyên ở mức ổn định

❖ **Bộ điều khiển PID Compact**

Trong dự án nhóm sử dụng khối PID_Compact trong Tiaportal, khối này có thể được ứng dụng hầu hết ở các bài toán.



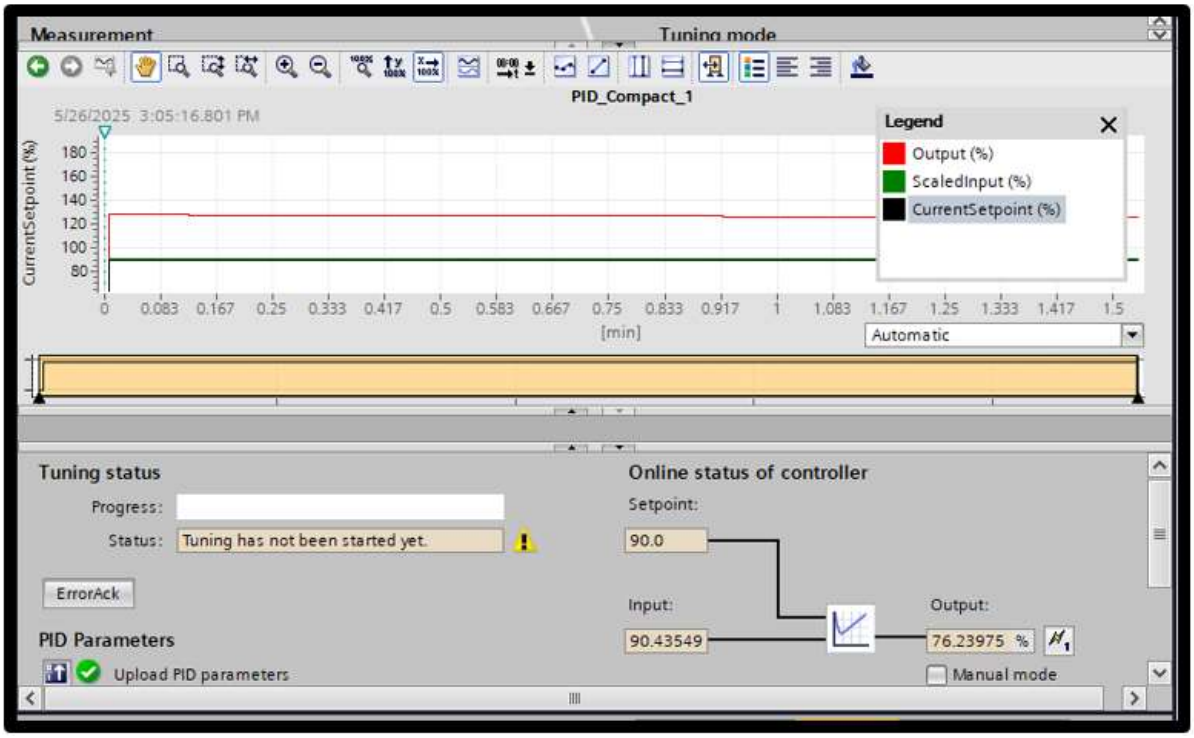
Hình 4.5 Cách thông số chính của khối PID_Compact



Hình 4.6 Cấu hình cho bộ PID

Trong phần cấu hình loại bộ điều khiển (Controller Type):

- Invert control logic:
  - Nếu bỏ chọn, logic điều khiển giữ nguyên chiều tác động của đầu ra.
  - Nếu chọn, đầu ra sẽ bị đảo chiều. Tùy chọn này được sử dụng trong các ứng dụng điều khiển nhiệt độ (nơi mà tín hiệu điều khiển cần giảm khi giá trị đo tăng, ví dụ làm mát).
- Set Mode to: Chọn chế độ Automatic mode để bộ PID tự động điều chỉnh.



Hình 4.7 Kết quả khi chạy Auto Tuning

Sau khi hoàn tất cấu hình ban đầu, kết quả sau quá trình mô phỏng thu được cho thấy giá trị thực tế bám sát setpoint.

Đối với PLC S7-1200 và S7-1500 thì khối PID compact hỗ trợ việc lấy các thông số PID tự động thông qua việc chạy Commissioning. Trong thực tế khi đã lập trình được hệ thống PID và đưa nó vào hoạt động thì vấn đề khó nhất vẫn là cài đặt các thông số Kp, Ki, Kd cho hệ thống. Ngoài ra chúng ta còn có thể dò thông số PID bằng tay cho đến khi hệ thống hoạt động ổn định.

4.3 Xây dựng hệ thống giao diện Web Server vận hành cho hệ thống

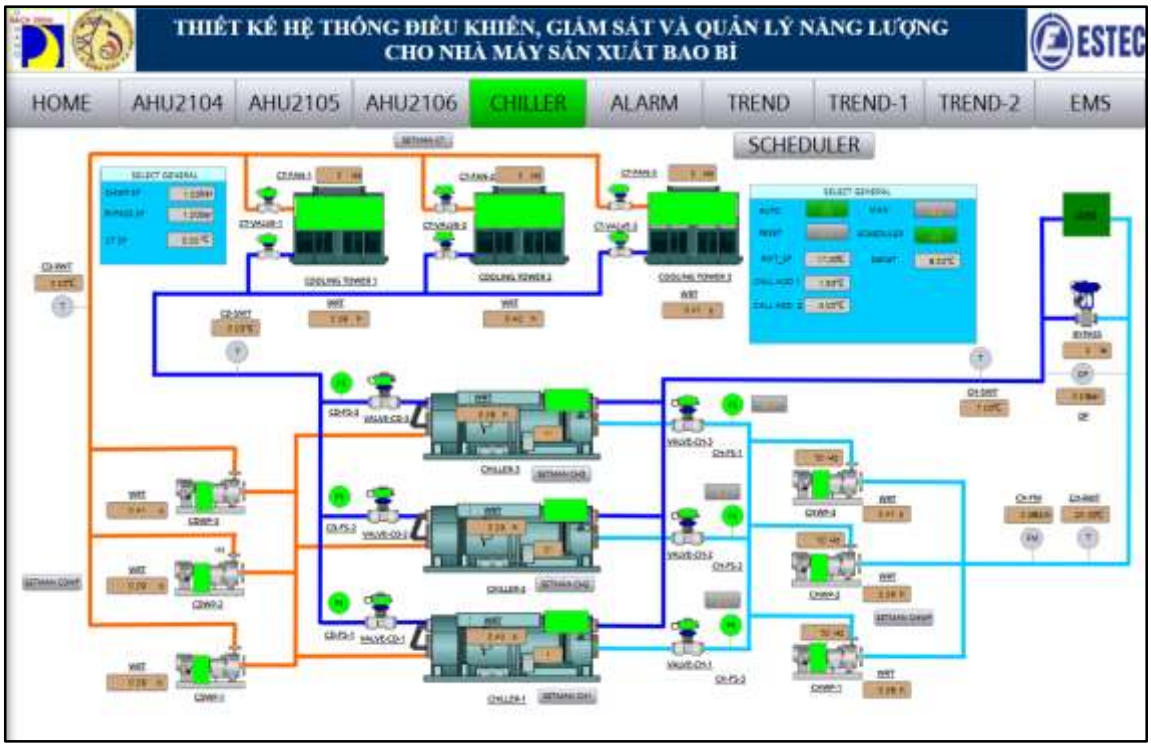
Hệ thống giao diện điều khiển Webserver sẽ được thiết kế trên phần mềm WinCC Unified V19. Phần mềm này được tích hợp sẵn trong phiên bản TiaPortal V19 rất tiện cho quá trình giám sát và điều khiển. Tại Webserver, người dùng có thể giám sát toàn bộ thông tin của các thiết bị có trong các các nhà xưởng. Đồng thời cũng có thể điều khiển các thiết bị từ xa mà không cần phải đến tận nơi.

4.3.1 Giao diện giám sát và điều khiển

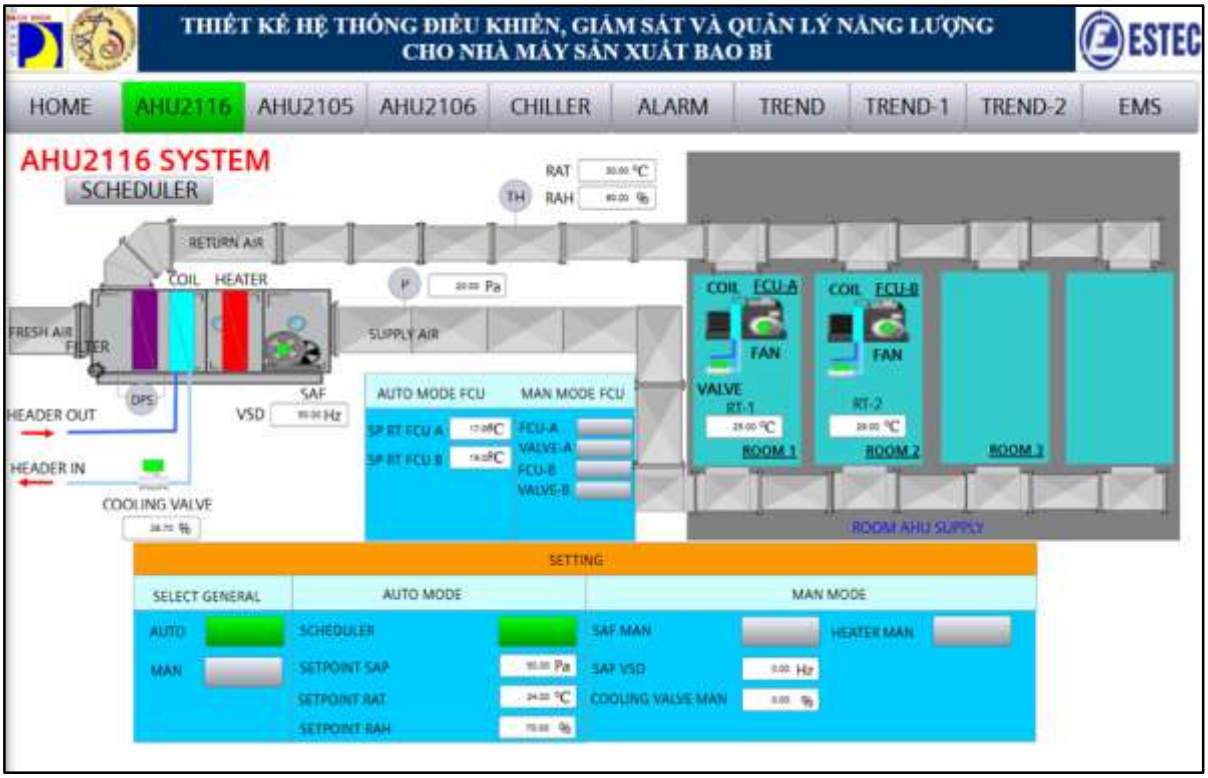
Lưu ý: Để vận hành hệ thống HVAC cần xem mục 2.3.2 và 2.4.2 " Thuyết minh sơ đồ điều khiển" để hiểu rõ hơn về hệ thống.

Trên giao diện giám sát chính của hệ thống gồm các chức năng chính như: Trang chủ, hệ thống Chiller, hệ thống AHU, năng lượng, đồ thị và cảnh báo.

Hình 4.8 Giao diện màn hình chính



Hình 4.9 Giao diện giám sát và vận hành hệ thống Chiller



Hình 4.10 Giao diện giám sát và vận hành hệ thống AHU

Hệ thống điều khiển và giám sát được thiết kế với giao diện trực quan thông qua trình duyệt Web Server của phần mềm WinCC Unified, với các đặc điểm nổi bật như sau:

- Bố cục giao diện khoa học:

Các đối tượng trong hệ thống được sắp xếp hợp lý, theo đúng trình tự vận hành thực tế. Điều này giúp người vận hành dễ dàng theo dõi quy trình hoạt động và nhanh chóng xác định vị trí các thiết bị trong hệ thống.

- Phân biệt rõ ràng bằng mã màu:

Giao diện sử dụng hệ thống màu sắc để phân biệt các loại đường ống như: Đường nước lạnh,đường nước giải nhiệt,đường nước hồi… Việc áp dụng mã màu giúp hạn chế nhầm lẫn và tăng cường khả năng giám sát trực quan.

- Hiển thị đầy đủ thông tin vận hành:

Trạng thái hoạt động của các thiết bị và các thông số vận hành cơ bản, phục vụ cho việc theo dõi và đánh giá hiệu quả hệ thống.

4.3.2 Hệ thống đồ thị, cảnh báo và lịch trình

Hình 4.11 Dữ liệu các cảm biến

Ở màn hình này, chúng ta dùng để xem các đồ thị về các giá trị của các cảm biến như nhiệt độ, áp suất và độ ẩm…của hệ thống để từ đây có cái nhìn trực quan về sự thay đổi của từng giá trị theo thời gian và phát hiện nhanh chóng các bất thường nếu có của hệ thống

Hình 4.12 Giao diện cảnh báo

Hệ thống cảnh báo được thiết kế nhằm giám sát và hiển thị các sự kiện bất thường trong quá trình vận hành hệ thống HVAC. Các thông tin hiển thị bao gồm:

- **Raised time**: Thời điểm cảnh báo xuất hiện.
- **Clear time**: Thời điểm cảnh báo được xử lý hoặc tự động biến mất.
- **Alarm text**: Nội dung chi tiết của cảnh báo.
- **Status**: Trạng thái cảnh báo, được phân loại theo mức độ:
  + **Cảnh báo nghiêm trọng (màu đỏ)**: Báo hiệu các lỗi vượt quá giới hạn cài đặt, sự cố hệ thống, cần xử lý ngay.
  + **Cảnh báo không nghiêm trọng (màu xanh)**: Ghi nhận các thao tác của người vận hành như nhấn nút start/stop, hoặc các sự kiện không ảnh hưởng trực tiếp đến vận hành.

Hình 4.13 Màn hình cài đặt lịch trình

Việc cài đặt lịch trình cho hệ thống là một chức năng quan trọng trong hệ thống BMS đặc biệt đối với các hệ thống HVAC như Chiller, AHU,… Trong một nhà máy, hệ thống BMS thường tích hợp rất nhiều thiết bị và hoạt động theo các khung giờ khác nhau. Do đó, để hệ thống vận hành ổn định, hiệu quả và tiết kiệm năng lượng, việc cài đặt lịch trình hoạt động cho từng thiết bị là hết sức cần thiết.

4.3.3 Nhận xét

Sau quá trình thực thực hiện chạy mô phỏng điều khiển và giám sát hệ thống chúng em có những nhận xét như sau:

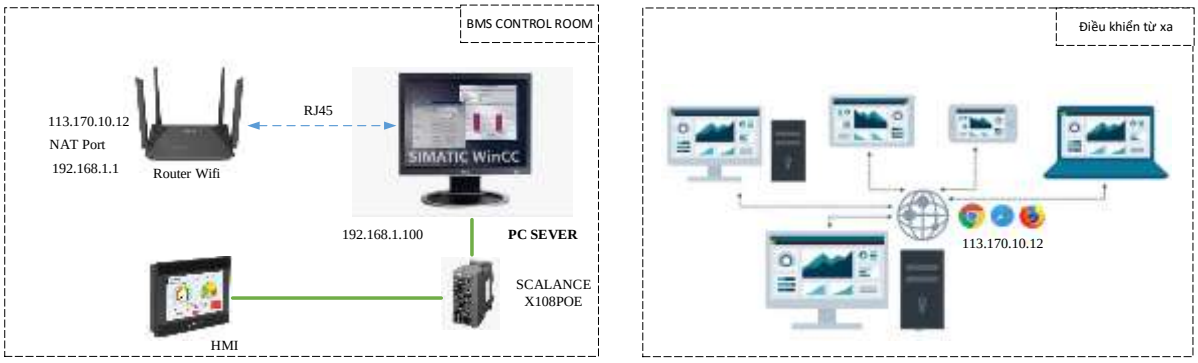
- Hoạt động của hệ thống khi mô phỏng chính xác theo quy trình công nghệ và đáng tin cậy phản ánh hoạt động thực tế của hệ thống trong nhà máy. Các thông số đo lường và quá trình xử lý được mô phỏng tương đối chính xác đảm bảo rằng hệ thống hoạt động đúng yêu cầu.

- Giao diện giám sát trực quan, dễ sử dụng và không gây khó chịu với mắt cho người giám sát khi làm việc trong thời gian dài. Các thành phần và biểu đồ được hiển thị một cách rõ ràng và dễ nhìn, giúp người dùng nhanh chóng hiểu và tương tác với các chức năng của hệ thống
- Chức năng cảnh báo và ghi log hoạt động giúp phát hiện nhanh các lỗi bất thường, hỗ trợ việc bảo trì và xử lý sự cố hiệu quả hơn.
- Tĩnh năng xuất báo cáo tiện lợi, nhiều lựa chọn hỗ trợ người dùng tuỳ chỉnh, định dạng hay nội dung báo cáo đáp ứng các yêu cầu cụ thể của người dùng

4.4 Đưa dữ liệu lên Internet

Hiện nay, việc sử dụng các thiết bị đầu cuối di động (như điện thoại thông minh, máy tính bảng hay máy tính xách tay) để tiếp cận nhanh chóng và dễ dàng với tất cả các thông tin cụ thể của quy trình hoạt động trong nhà máy, hoặc để vận hành và giám sát hệ thống ngày càng được chú trọng bởi sự thuận tiện, nhanh chóng và linh hoạt của nó. Để giải quyết nhu cầu đó và cũng như một cách để nâng cấp cho hệ thống BMS, chúng em đã đề xuất sử dụng giải pháp sử dụng giải pháp đưa dữ liệu lên Internet.

Ta có sơ đồ điều khiển và giám sát từ xa như sau:



Hình 4.14 Mô hình điều khiển, giám sát từ xa

Nguyên lý điều khiển như sau:

Trong hệ thống, một máy tính PC Server được đặt tại phòng điều khiển (BMS Control Room), có địa chỉ IP cục bộ là 192.168.1.250, sẽ được cấu hình để chạy WinCC Unified Runtime liên tục 24/24.

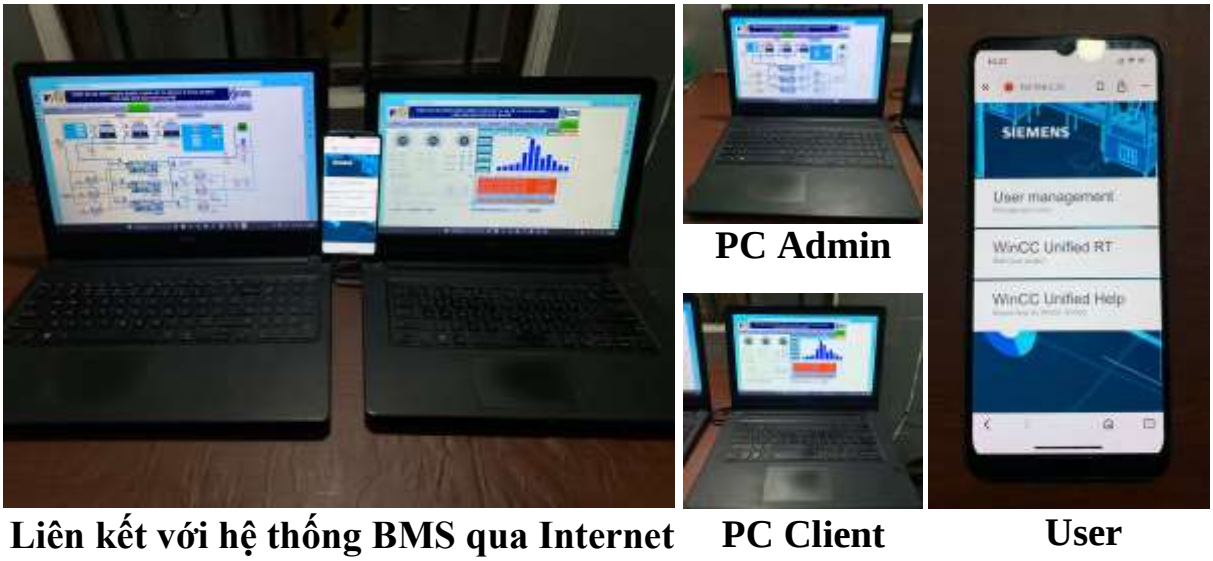
Để có thể điều khiển từ xa qua Internet, PC Server cần được kết nối tới Modem Wi-Fi của nhà mạng (Viettel, VNPT, v.v.), có địa chỉ mạng là 192.168.1.1 và được cấp phát một địa chỉ IP Public là 113.170.10.12

WinCC Unified Web Server mặc định sử dụng cổng 443 (HTTPS). Do đó, trên modem cần thực hiện cấu hình NAT Port (Port Forwarding) để ánh xạ cổng ngoài (ví

dụ: 443) tới địa chỉ 192.168.1.250:443 đây là địa chỉ local của máy tính PC Server đang chạy WinCC Unified Runtime.

Sau khi cấu hình thành công, các thiết bị từ xa như laptop, điện thoại, máy tính bảng có thể truy cập vào hệ thống qua trình duyệt web như Chrome, Firefox, Cốc Cốc, bằng cách nhập địa chỉ: 113.170.10.12

Khi kết nối, giao diện giám sát và điều khiển HMI sẽ được hiển thị, cho phép thao tác từ xa như trong mạng nội bộ.



Hình 4.15 Mô hình truy cập giám sát hệ thống từ xa qua Internet

Bằng cách phân quyền các tài khoản đăng nhập và giới hạn chức năng theo từng loại tài khoản như Admin, Client, hay User, người dùng chỉ có thể truy cập và điều khiển trong phạm vi được cho phép.

Việc điều khiển từ xa này có thể phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau. Ví dụ, người vận hành có thể giám sát và điều khiển hệ thống từ bất kỳ đâu mà không cần có mặt tại phòng điều khiển trung tâm (CCMS). Ngoài ra, đây cũng là một giải pháp giúp các nhân viên trong nhà máy có thể tự điều chỉnh nhiệt độ trong khu vực làm việc của mình thông qua điện thoại di động một cách dễ dàng và thuận tiện.

Chương 5: XÂY DỰNG HỆ THỐNG QUẢN LÝ NĂNG LƯỢNG CHO NHÀ MÁY

5.1 Giải pháp quản lý năng lượng

Quản lý năng lượng là một hoạt động nhằm tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng, giúp kiểm soát hiệu quả mức tiêu thụ. Trong bối cảnh doanh nghiệp sản xuất, việc áp dụng các giải pháp quản lý năng lượng là hết sức cần thiết để nâng cao hiệu quả sản xuất và giảm thiểu tổn thất.

5.1.1 Quản lý phụ tải theo khung giờ

Khung giá điện cho nhà máy Tetra Pak thường thuộc đối tượng sản xuất công nghiệp, do đó áp dụng giá điện sản xuất theo quy định của EVN

- Giờ bình thường: 04h00 – 09h30; 11h30 – 17h00; 20h00 – 22h00.
- Giờ cao điểm: 09h30 – 11h30; 17h00 – 20h00.
- Giờ thấp điểm: 22h00 – 04h00 hôm sau.

Như vậy, nếu chúng ta tối ưu hóa vận hành HVAC để tránh giờ cao điểm, có thể giảm chi phí điện HVAC tới tùy thời gian chạy.

- **Tăng nhiệt độ setpoint trong giờ cao điểm**

Ví dụ: Nếu bình thường đặt 22°C thì trong giờ cao điểm (17h00–20h00) tăng lên 24–25°C (nếu vẫn đảm bảo chất lượng sản phẩm).

- **Làm lạnh tích trữ**

Làm lạnh sớm trước giờ cao điểm bằng cách chạy HVAC mạnh hơn trong giờ thấp điểm hoặc bình thường.

Lúc cao điểm, tắt bớt Chiller, duy trì nhiệt độ bằng khí lạnh đã tích trữ trong không gian, ống gió.

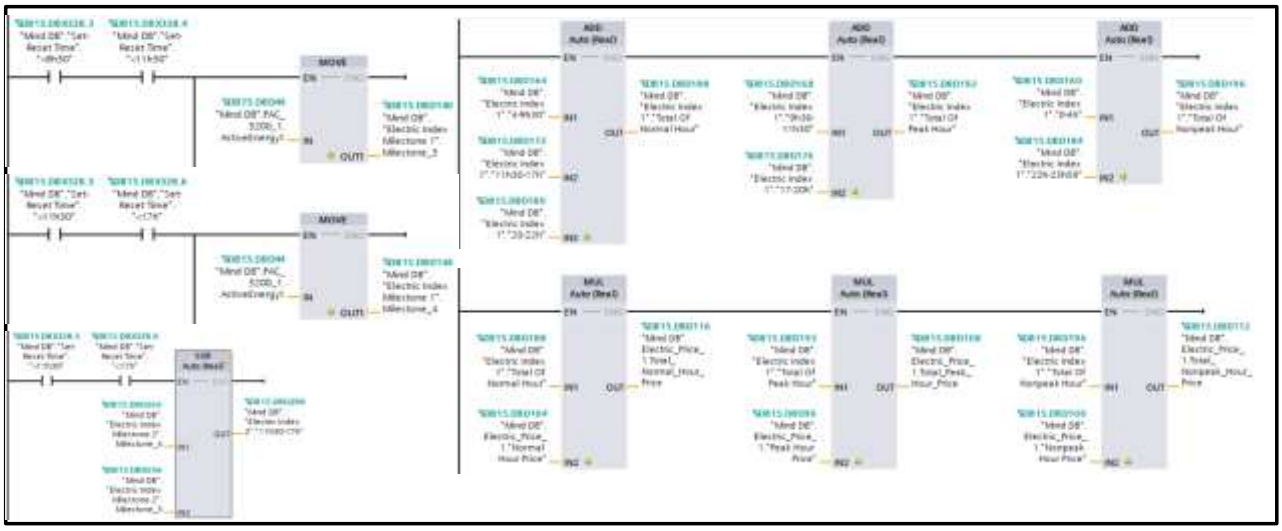
➢ **Thuật toán quản lý điện năng theo khung giờ**

Thuật toán quản lý năng lượng có vai trò tính toán điện năng tiêu thụ và tiền điện theo từng khoảng thời gian cụ thể. Cách thực hiện như sau:

❖ Để tính điện năng tiêu thụ trong một khoảng thời gian từ A đến B, thực hiện:

- Điện năng tiêu thụ trong khoản thời gian [A, B]: = Chỉ số tại B – Chỉ số tại A
- Áp dụng mức giá điện theo khung giờ của EVN.
- Tính tổng tiền điện = Điện năng tiêu thụ x Giá điện mỗi khung giờ.

Nhờ đó, hệ thống có thể xác định lượng điện tiêu thụ và tiền điện phải trả trong một khoảng thời gian bất kỳ, giúp người dùng theo dõi, quản lý và tối ưu hóa việc sử dụng điện một cách hiệu quả hơn.



Hình 5.1 Thuật toán tính điện năng tiêu thụ và giá tiền tại các khung giờ

5.1.2 Cài đặt đường cơ sở

Đường cơ sở (Baseline) là mức tiêu thụ năng lượng tiêu chuẩn, phản ánh nhu cầu tiêu thụ năng lượng bình thường, hợp lý trong điều kiện sản xuất ổn định. Dùng để so sánh, phát hiện các điểm bất thường trong quá trình tiêu thụ năng lượng.

Hình 5.2 Minh hoạ về đường cơ sở tiêu thụ năng lượng

❖ **Cách xây dựng đường cơ sở.**

- Thu thập dữ liệu tiêu thụ năng lượng trong một khoảng thời gian dài (tháng, quý, năm).

- Phân tích dữ liệu theo các yếu tố ảnh hưởng: sản lượng, ca làm việc, nhiệt độ, công suất vận hành,...
- Áp dụng các phương pháp như:
  - Trung bình động (Moving Average)
  - Hồi quy tuyến tính (Linear Regression)
  - Phân tích theo mùa vụ, biến động theo ca làm việc
- Xây dựng biểu đồ hiển thị đường cơ sở trên Dashboard quản lý năng lượng.

❖ **Quản lý và phát hiện dữ liệu bất thường**

- So sánh dữ liệu tiêu thụ thực tế (biểu đồ cột màu xanh) với đường cơ sở
- Xác định các điểm dữ liệu bất thường
- Tiêu thụ tăng/giảm đột ngột mà không có lý do rõ ràng.
- Sai lệch lớn hơn mức ngưỡng cho phép (ví dụ: 10%-15%).
- Gắn cờ cảnh báo trên phần mềm quản lý, thông báo đến người phụ trách.

5.1.3 Thiết lập hệ thống cảnh báo

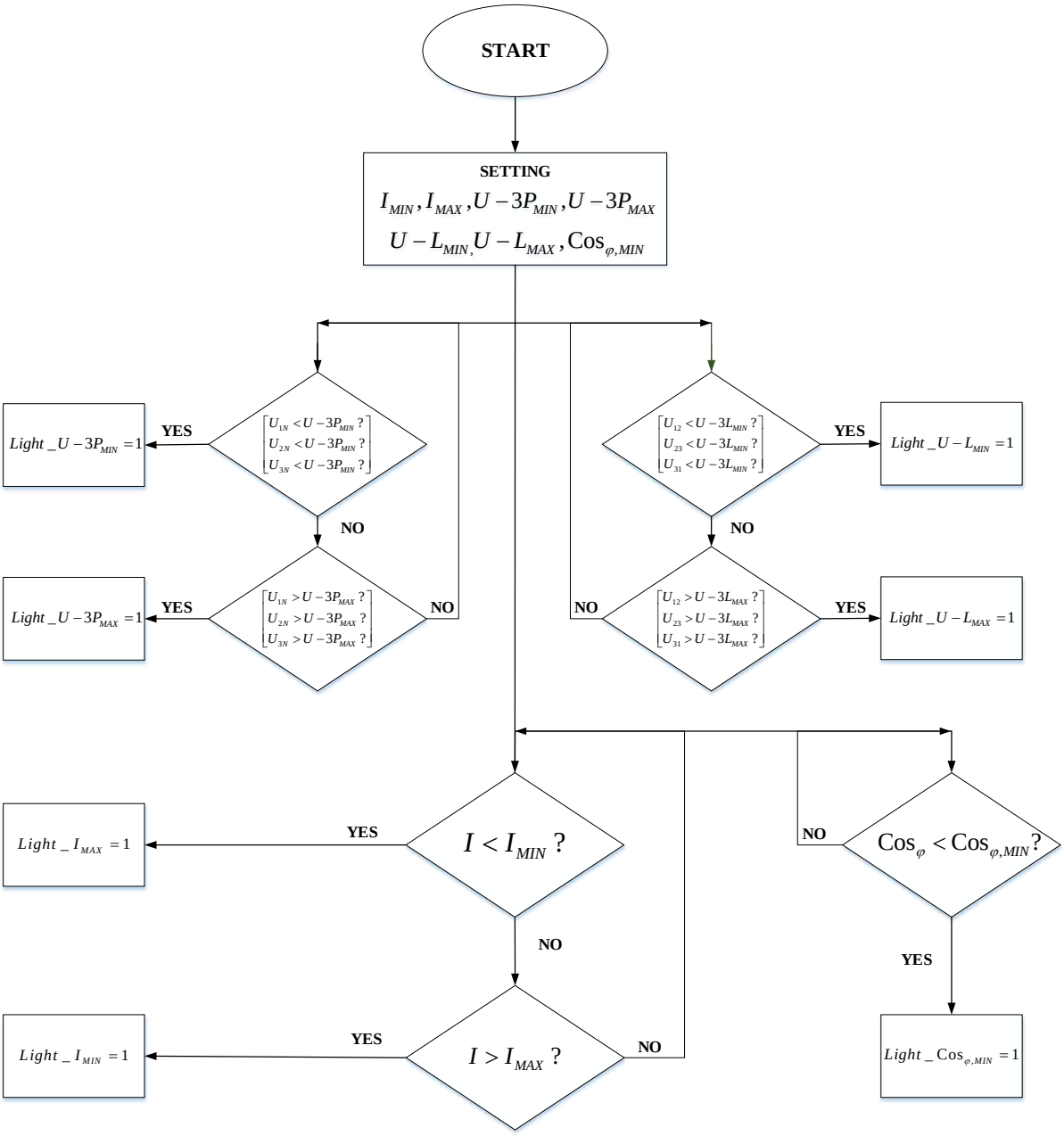
Đầu tiên các thông số I_{MIN}, I_{MAX}, $U-3P_{MIN}$, $U-3P_{MAX}$, $U-L_{MIN}$, $U-L_{MAX}$, $\text{Cos}_{\varphi,MIN}$ được thiết lập. Sau đó, các thông số tức thời của hệ thống như: dòng điện *I*, điện áp pha (U_{1N}, U_{2N}, U_{3N}, điện áp dây (U_{12}, U_{23}, U_{31}), Cos_{φ} được so sánh với các giá trị thiết lập trên. Nếu:

- $I < I_{MIN}$: đèn cảnh báo dòng điện giảm bất thường dưới mức thiết lập sáng lên.
- $I > I_{MAX}$: đèn cảnh báo dòng điện tăng bất thường trên mức thiết lập sáng lên.
- $U_{1N} < U\text{-}3P_{MIN}$ hoặc $U_{2N} < U\text{-}3P_{MIN}$ hoặc $U_{3N} < U\text{-}3P_{MIN}$: đèn cảnh báo điện áp pha giảm bất thường dưới mức thiết lập sáng lên.
- $U_{1N} > U\text{-}3P_{MAX}$ hoặc $U_{2N} > U\text{-}3P_{MAX}$ hoặc $U_{3N} > U\text{-}3P_{MAX}$: đèn cảnh báo điện áp pha tăng bất thường trên mức thiết lập sáng lên.
- $U_{12} < U\text{-}L_{MIN}$ hoặc $U_{23} < U\text{-}L_{MIN}$ hoặc $U_{31} < U\text{-}L_{MIN}$: đèn cảnh báo điện áp dây giảm bất thường dưới mức thiết lập sáng lên.
- $U_{12} > U\text{-}L_{MAX}$ hoặc $U_{23} > U\text{-}L_{MAX}$ hoặc $U_{31} > U\text{-}L_{MAX}$: đèn cảnh báo điện áp dây tăng bất thường trên mức thiết lập sáng lên.
- $Cosphi < Cosphi_{MIN}$: đèn cảnh báo hệ số công suất Cosphi giảm bất thường dưới mức thiết lập sáng lên

Chú thích:

- I_{MIN} là dòng điện nhỏ nhất
- I_{MAX} là dòng điện lớn nhất
- $U-3P_{MIN}$ là điện áp trung bình 3 pha nhỏ nhất

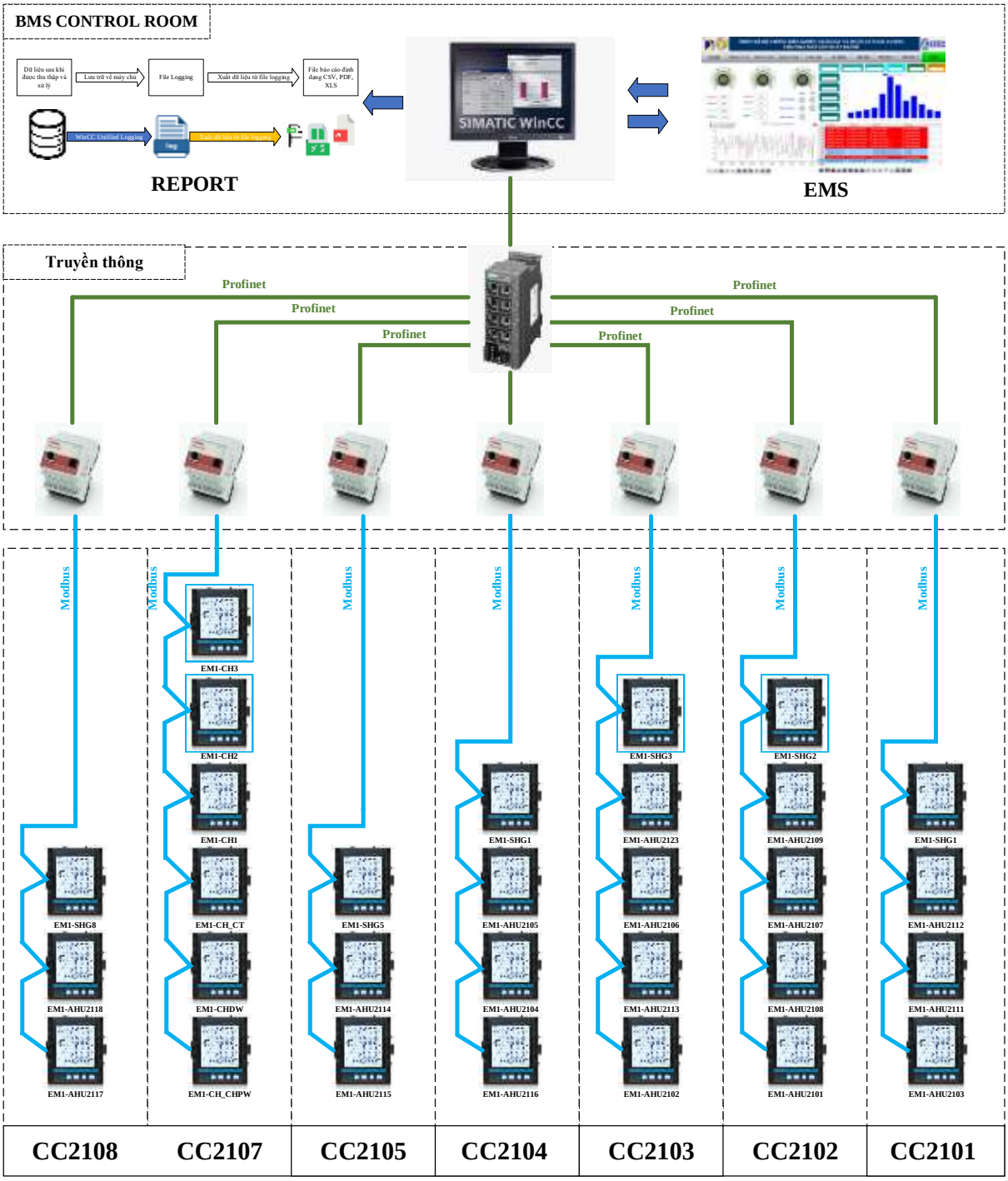
- $U-3P_{MAX}$ là điện áp trung bình 3 pha lớn nhất
- $U-L_{MIN}$ là điện áp dây nhỏ nhất
- $U-L_{MAX}$ là điện áp dây lớn nhất



Hình 5.3 Thuật toán cảnh báo hệ thống điện

5.2 Hệ thống quản lý năng lượng tại nhà máy

5.2.1 Sơ đồ tổng quan của hệ thống quản lý năng lượng tại nhà máy

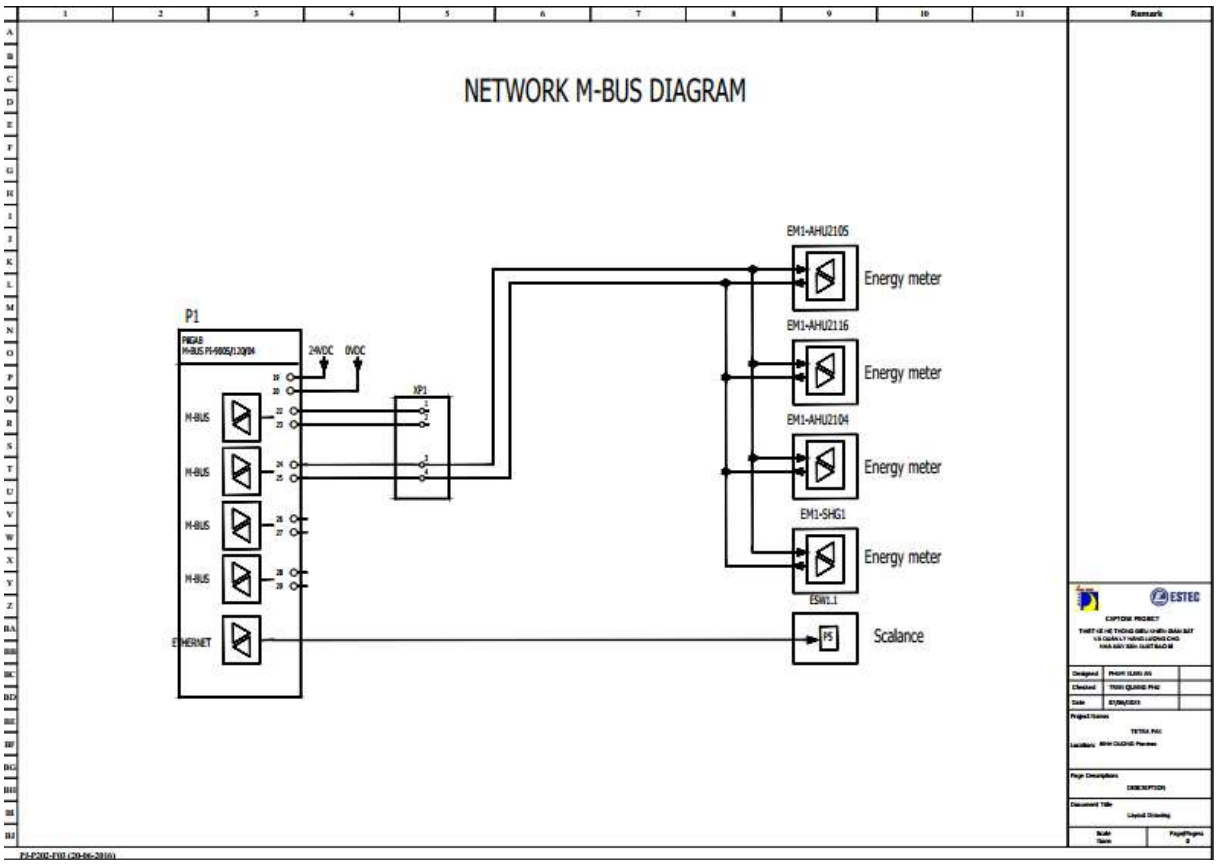


Hình 5.4 Sơ đồ cấu trúc F&B

Trong hệ thống này, các đồng hồ đo điện năng (energy meters) được kết nối nối tiếp với nhau theo chuẩn giao thức Modbus. Dữ liệu từ các đồng hồ này được truyền đến thiết bị Gateway PIIGAB, nơi thực hiện chức năng chuyển đổi giao thức từ Modbus sang Profinet.

Sau khi được chuyển đổi, dữ liệu được truyền thông qua Switch Profinet công nghiệp đến máy chủ trung tâm. Tại đây, dữ liệu được đưa vào hệ thống EMS để xử lý và lưu trữ phục vụ cho các mục đích:

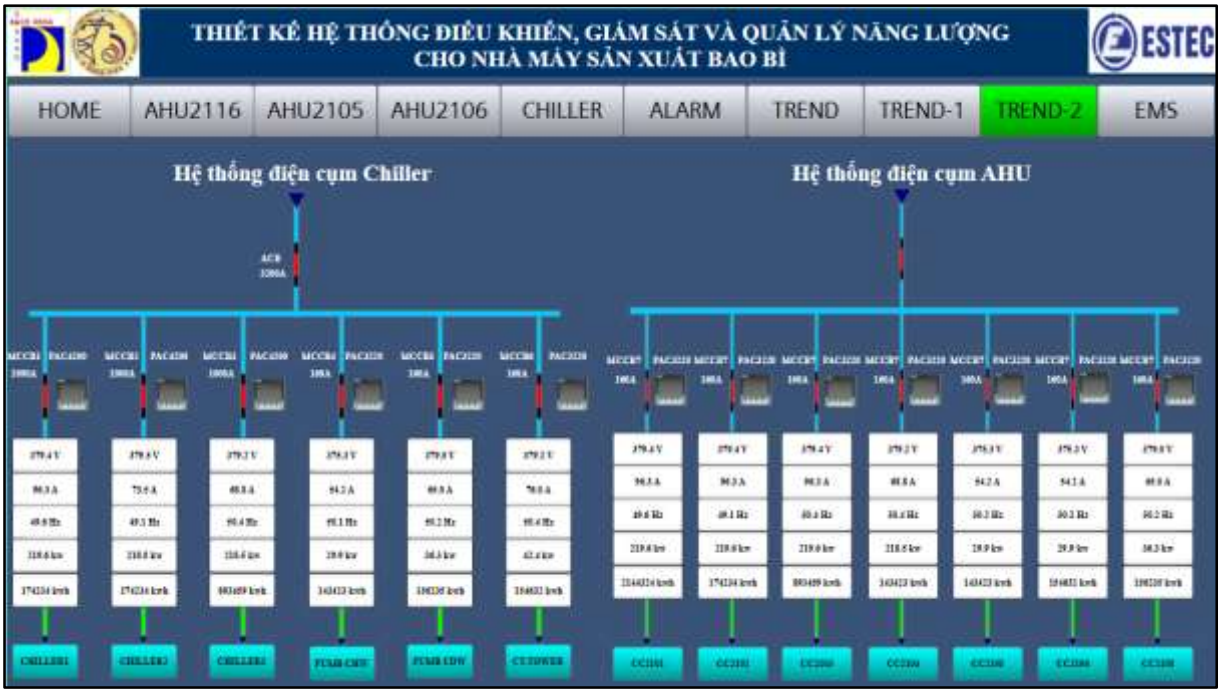
- Giám sát tiêu thụ năng lượng theo thời gian thực
- Phân tích và đánh giá hiệu suất sử dụng điện tại các khu vực trong nhà máy
- Cảnh báo khi có sự cố hoặc tiêu thụ vượt ngưỡng cho phép
- Xuất báo cáo và hỗ trợ ra quyết định trong công tác quản lý năng lượng



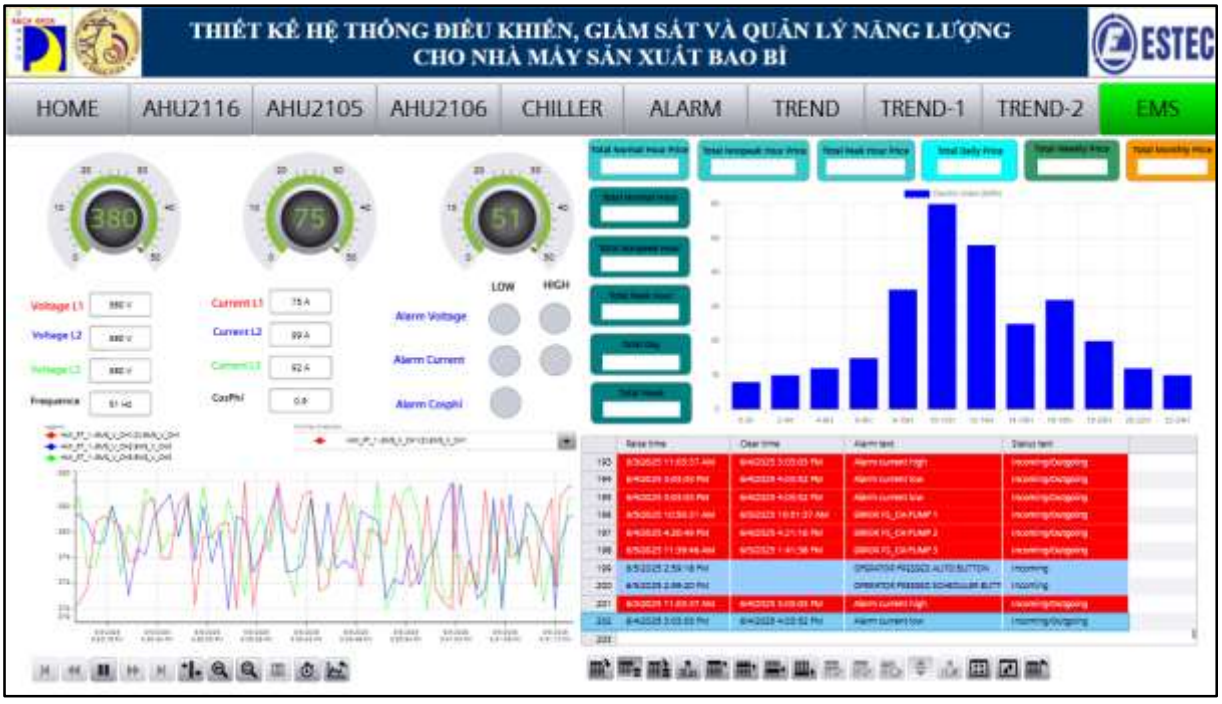
Hình 5.5 Sơ đồ đấu nối Engergy meter tại tủ điều khiển

5.2.2 Giao diện quản lý năng lượng của nhà máy

Các đồng hồ đo điếm điện năng được lắp lại nhiều khu vực quan trọng khác nhau để thu thập các giá trị điện năng như điện áp, dòng điện, tần số, công suất tiêu thụ, v.v.



Hình 5.6 Dữ liệu điện năng tại mỗi khu vực



Hình 5.7 Giao diện hệ thống quản lý năng lượng

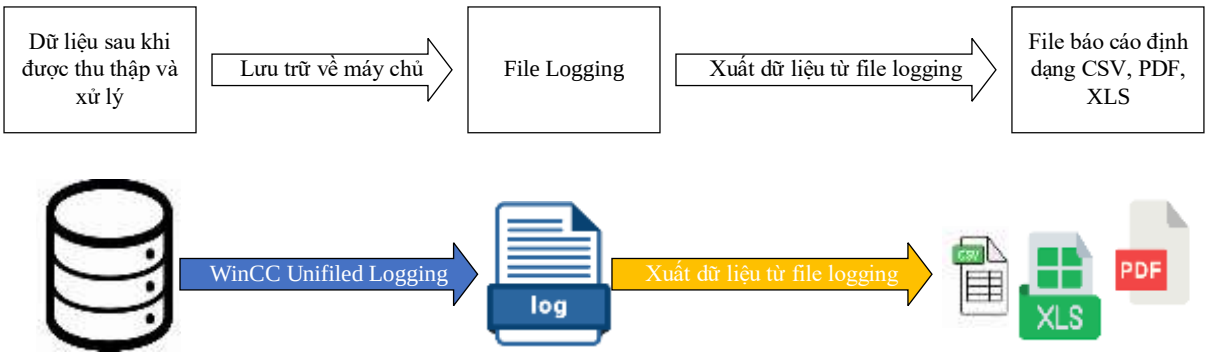
Hệ thống quản lý năng lượng được thiết kế có giao diện trực quan hoá qua trình duyệt Web Server của WinCC Unified:

- Tương đối thân thiện, đơn giản với người sử dụng.
- Sử dụng đồ thị phổ biến giám sát dòng điện, điện áp, số chữ điện sử dụng bar graphs(biểu đồ thanh), giám sát công suất bằng gauge (đồng hồ).

- Đưa ra số liệu cụ thể về dòng điện, điện áp, công suất, tần số, số chữ điện và giá điện trong giờ, ngày, tuần, tháng.
- Biểu đồ thanh thể hiện số điện năng tiêu thụ trong ngày qua các khung giờ khác nhau.
- Hệ thống được trang bị các hệ thống cảnh báo khi có sự cố bất thường

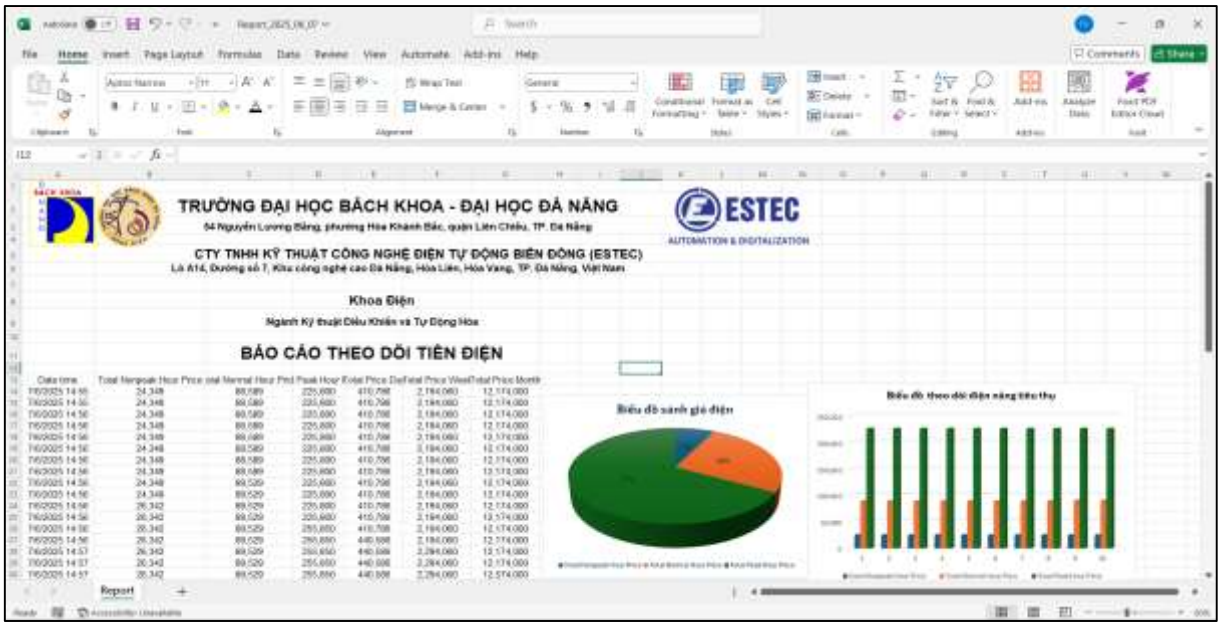
5.2.3 Xuất dữ liệu báo cáo

Thu thập dữ liệu có vai trò rất quan trọng, dữ liệu được thu thập sẽ giúp cho quá trình phân tích, đánh giá và đưa ra giải pháp tối ưu nhất cho hệ thống.



Hình 5.8 Quy trình xuất báo cáo

Wincc Unifiled Logging là tiện ích tích hợp với Wincc Unifiled được sử dụng để lưu trữ dữ liệu của hệ thống dưới dạng file log tại máy chủ WinCC Unifiled. Các file log sẽ là nguồn dữ liệu để truy xuất báo cáo



Hình 5.9 Báo cáo điện năng

Tại báo cáo này sẽ chỉ cho người vận hành thấy được bảng số liệu và điện năng tiêu thụ. Tại đây, cứ đến cuối ngày, tháng, năm tuỳ thuộc vào mình cài đặt thì hệ thống sẽ tự động tạo ra các file chuẩn ".csv" nhằm lưu trữ dữ liệu tránh việc sau này khó khăn trong việc tìm lại dữ liệu cũ và phục cho nhiều mục đích khác nhau.

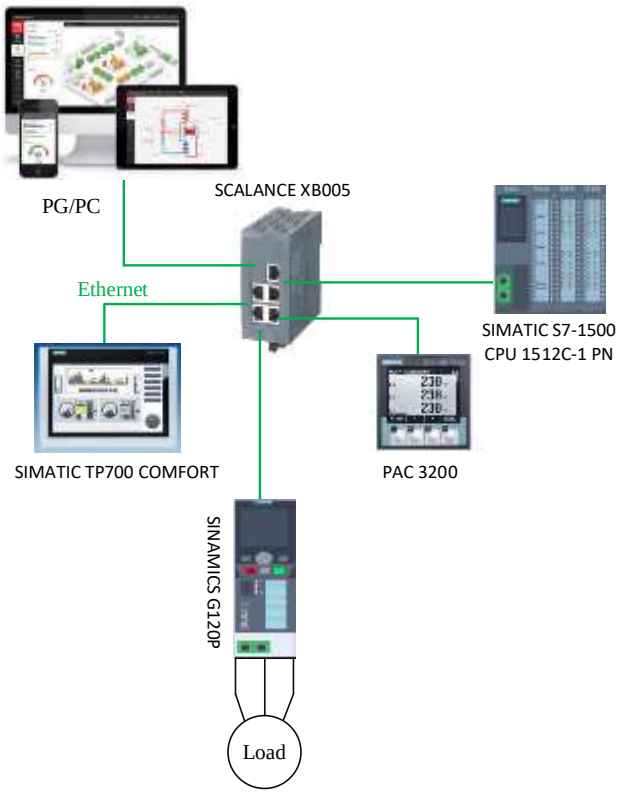
5.3 Thi công mô hình quản lý năng lượng

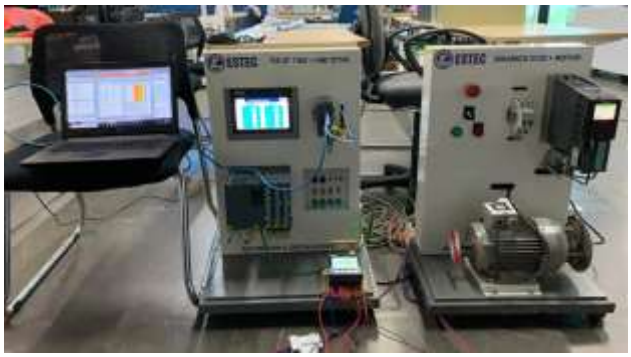
5.3.1 Mục đích xây dựng mô hình

Mô hình được xây dựng nhằm mô phỏng một thiết bị đo điện năng tiêu thụ, tương tự như các đồng hồ điện năng đang được sử dụng thực tế trong công nghiệp. Việc xây dựng mô hình giúp nhóm nghiên cứu hiểu rõ nguyên lý hoạt động của hệ thống đo lường, đồng thời làm cơ sở thử nghiệm và kiểm chứng trước khi áp dụng vào thực tế.

5.3.2 Tổng quan kết nối phần cứng

Sơ đồ dưới đây là mô hình thực nghiệm giám sát năng. Mô hình sử dụng đồng hồ PAC3200 để thu thập thông số điện năng như điện áp, dòng điện, tần số, công suất tiêu thụ, … từ động cơ không đồng bộ 3 pha.





Hình 5.10 Sơ đồ kết nối

❖ **Các thành phần được sử dụng**

Các phần cứng sử dụng trong đề tài:

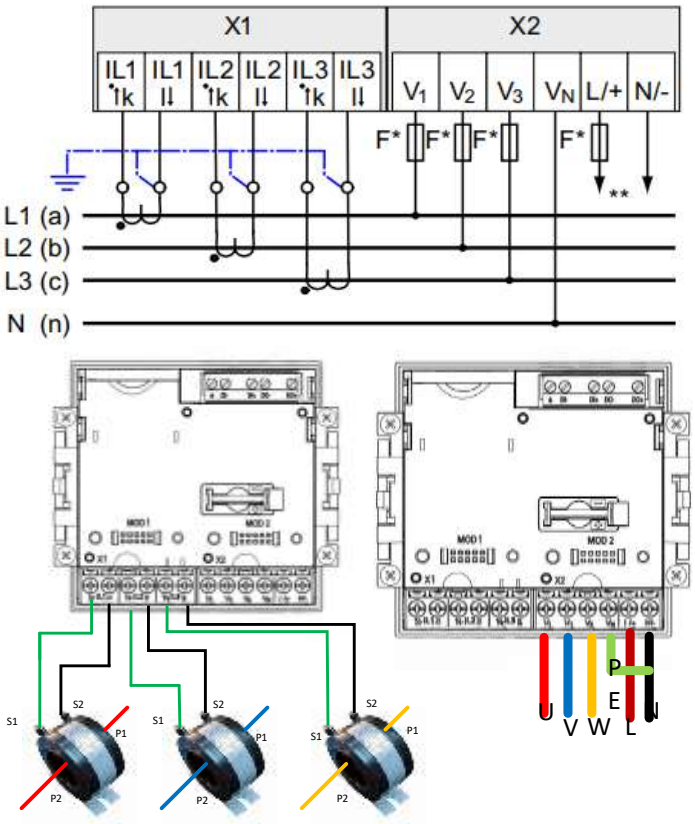
Bảng 5.1 Các thiết bị phần cứng

STT	Thiết bị	Mã thiết bị
1	PLC S7-1500	6ES7215-1AG40-0XB0
2	Biến tần G120	6SL3246-0BA22-1BA0
3	HMI MTP1000 Unified	6AV2128-3KB06-0AX1
3	Động cơ KĐB	3KC4338-0CA21-0AA3
5	Đầu cắm Profinet	6GK1901-1BB10-2AB0
6	Đồng hồ điện năng	PAC3200
7	Máy tính	Dell

❖ **Đấu nối đồng hồ PAC3200**

Để đo ba pha, bốn dây dẫn, tải không cân bằng, không có biến áp điện áp, với ba biến dòng điện

Ta thực hiện kết nối sơ đồ như sau:

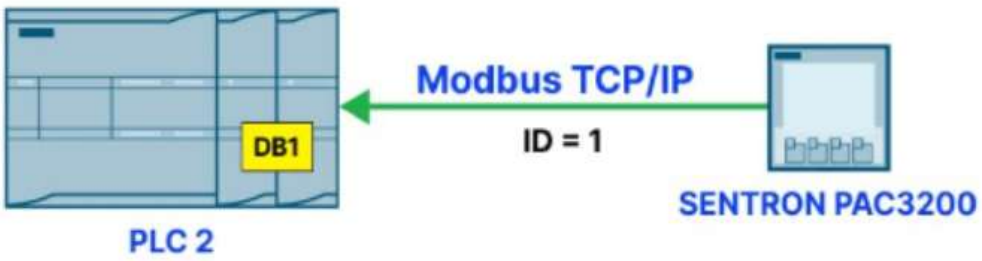


Hình 5.11 Kết nối 3P4W, tải không cân bằng, không biến áp điện áp, với 3 biến dòn

5.3.3 Giao thức truyền thông của mô hình

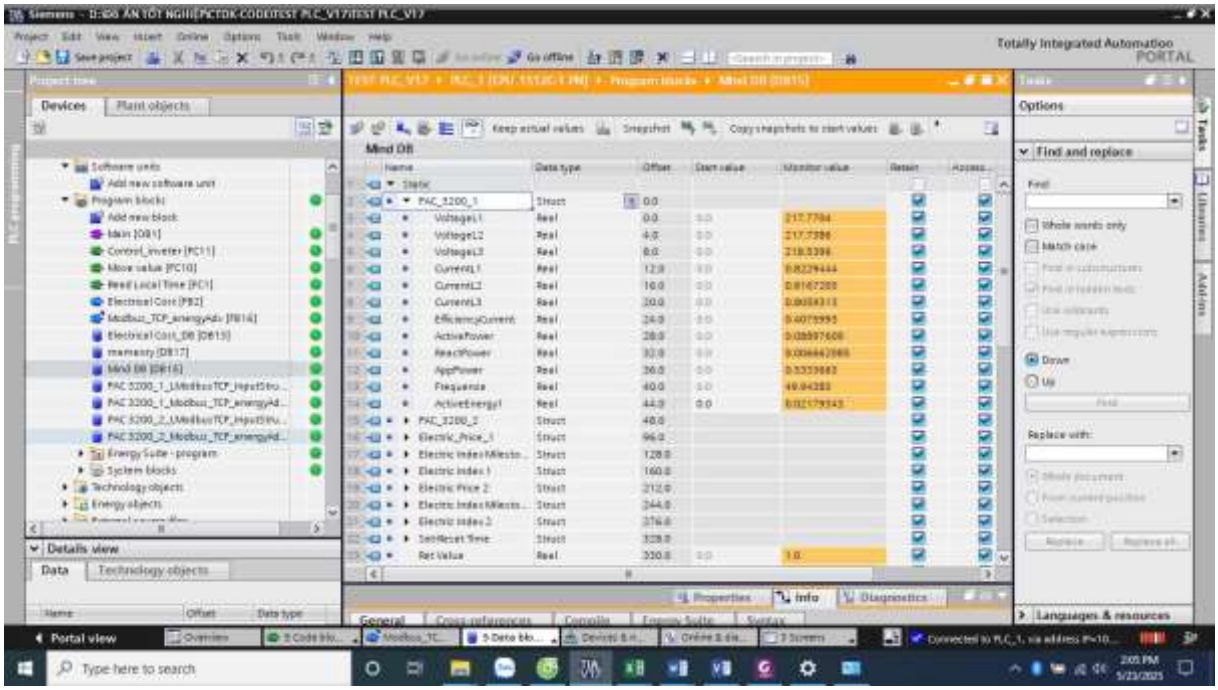
❖ Truyền thông Modbus TCP/IP

Kết nối PLC S7-1200 và đồng hồ đo PAC3200 với nhau thông qua truyền thông Modbus TCP/IP. PLC S7-1200 đóng vai trò là Client, đồng hồ đo PAC3200 đóng vai trò là Server.



Hình 5.12 Truyền thông Modbus TCP/IP

PLC S7-1500 sẽ lấy dữ liệu năng lượng từ đồng hồ đo PAC3200 thông số như điện áp, dòng điện, tần số, hệ số công suất,… sau đó dữ liệu sẽ được lưu vào DB3 của PLC



Hình 5.13 Khối lưu trữ dữ liệu lấy được từ đồng hồ đo PAC3200

5.3.4 Giao diện HMI giám sát năng lượng

Hình 5.14 Giao diện thông số điện năng và chi phí tiền điện từng khu vực

Hình 5.15 Biểu đồ công suất tiêu thụ theo chu kỳ 2 giờ

Hình 5.16 Biểu đồ công suất tiêu thụ tại các khung giờ trọng điểm

5.3.5 Kết quả chạy thực thế tại công ty ESTEC

Công ty TNHH Kỹ thuật Công nghệ Điện Tự Động Biển Đông - ESTEC có trụ sở chính tại TP. Hồ Chí Minh và nhà máy được đặt tại Khu công nghệ cao Đà Nẵng, Hòa Liên, Hòa Vang, TP. Đà Nẵng, Việt Nam. ESTEC là một nhà cung cấp hàng đầu trong lĩnh vực Tự động hóa và Số hóa. Với bề dày kinh nghiệm và tham gia vào nhiều ngành công nghiệp, đặt biệt là công nghiệp quy trình, ESTEC cung cấp sản phẩm và giải pháp

cho các dây chuyền sản xuất, thiết kế nhà máy, thiết kế kỹ thuật, sản xuất, lắp đặt, chạy thử, mở rộng, bảo trì và dịch vụ.

Hình 5.17 Chạy thử mô hình thực tế tại công ty ESTEC

Dữ liệu và thông số hiển thị trên HMI được ghi lại với tải là công suất chạy của động cơ không đồng bộ 3 pha. Hình ảnh thể hiện rõ các thông số quan trọng của hệ thống, bao gồm:

- Công suất tiêu thụ điện năng (kWh) theo từng khung giờ trong ngày.
- Biểu đồ thanh thể hiện mức tiêu thụ điện theo thời gian, hỗ trợ người dùng nhận biết các thời điểm cao điểm, thấp điểm và bình thường.
- Chi phí tiêu điện năng tiêu thụ ở các khung giờ như cao điểm, thấp điểm, bình thường.
- Tổng chi phí điện năng tiêu thụ trong một ngày, giúp nhà máy quản lý năng lượng hiệu quả và tối ưu hóa chi phí vận hành.
- Màn hình chạy thực tế là minh chứng trực quan cho khả năng hoạt động ổn định và chính xác của chương trình

KẾT LUẬN

❖ Kết luận chung

Sau quá trình làm việc nghiêm túc và nghiên cứu kỹ lưỡng, nhóm chúng em đã tìm hiểu, thu thập thông tin và hoàn thành đề tài "Thiết kế hệ thống điều khiển, giám sát và quản lý năng lượng cho nhà máy sản xuất bao bì"

Các nội dung chính đã được thực hiện và hoàn thành bao gồm:

- Xây dựng quy trình công nghệ cho hệ thống điều hòa không khí HVAC, bao gồm hệ thống Chiller và hệ thống AHU.
- Thiết kế và mô phỏng hoạt động của hệ thống.
- Xây dựng giao diện Web Server để điều khiển và giám sát ứng dụng nền tảng WinCC Unified đáp ứng yêu cầu trực quan và thân thiện với người sử dụng.
- Đưa dữ liệu lên Internet phục vụ quá trình lưu trữ và điều khiển từ xa.
- Xây dựng được hệ thống quản lý năng lượng cho nhà máy.

Tuy nhiên, trong quá trình thực hiện đồ án, nhóm cũng gặp phải một số hạn chế như sau:

- Chưa có điều kiện tiếp cận thiết bị thực tế, dẫn đến việc đánh giá hoạt động hệ thống còn hạn chế chỉ dựa vào kết quả mô phỏng.
- Hạn chế về license khiến nhóm chưa thể tiếp cận đến các nền tảng do các hãng lớn sản xuất chuyên dụng điều khiển cho hệ thống BMS.

❖ Hướng phát triển hệ thống

- Mở rộng và phát triển hệ thống BMS trong nhà máy, bao gồm các hệ thống phụ trợ quan trọng như: Hệ thống báo cháy tự động, hệ thống chiếu sáng, hệ thống cấp – thoát nước, hệ thống an ninh …
- Phát triển hệ thống HVAC tích hợp thêm các cảm biến thông minh như cảm biến phát hiện người, cảm biến chất lượng không khí, cảm biến chuyển động… nhằm tăng cường tự động hóa và nâng cao chất lượng hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Hướng dẫn vận hành và bảo trì hệ thống điều khiển tòa nhà công trình Movenpick Resort Phú Quốc.

[2] Tài liệu kỹ thuật: *Mechanical Specification Production Building*.

[3] Tài liệu chuyên đề: *Overcoming Hidden Operational Shortcomings in HVAC Systems*.

[4] IO-Summary-for-IBMS-Service.pdf – Tóm tắt các tín hiệu I/O trong hệ thống BMS.

[5] *Engineering Manual of Automatic Control for Commercial Buildings*, Siemens Industry, Inc.

[6] Siemens AG, Datasheet: "G120_CU230P-2 List Manual".

[7] Siemens AG, Datasheet: "G120_PM230_IP20 Hardware Installation Manual", 08/2016.

[8] Siemens AG, Datasheet: "SIMATIC S7-1500 Getting Started Manual".

[9] Siemens AG, Datasheet: "SIMATIC S7-1500 PID Control Function Manual".

[10] Siemens AG, Datasheet: "SITRANS PAC 3200 Power Monitoring Device".

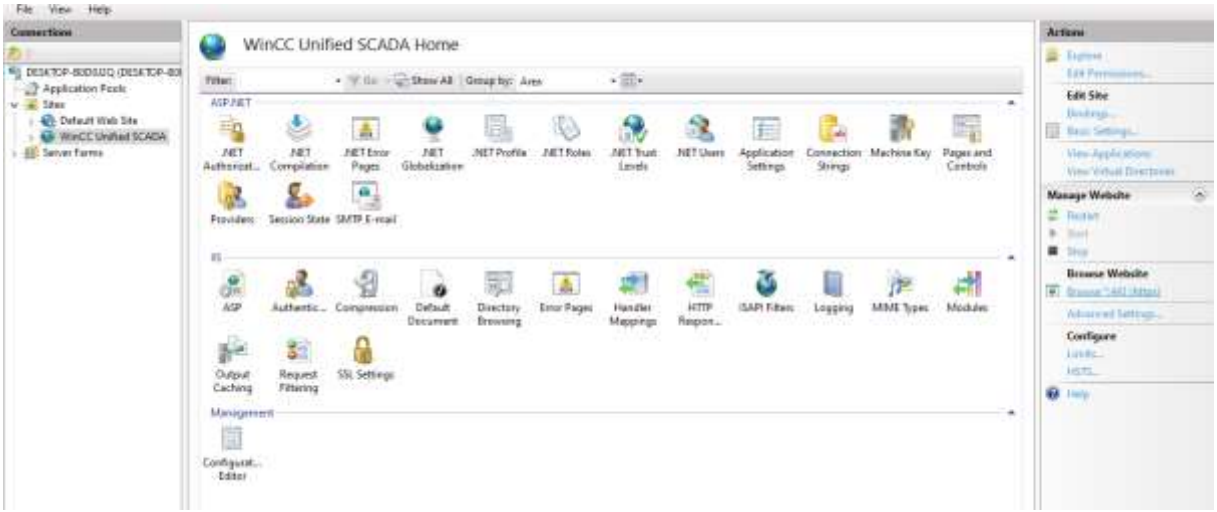
[11] Siemens AG, "SIMATIC WinCC Unified System Manual", 2022.

[12] Hội thảo chuyên đề về quản lý năng lượng, [Online]. Truy cập tại: https://www.youtube.com/watch?v=pkZZPKYHxMk&t=2243s

[13] PLC Table, "PLC Programming for HVAC Systems", [Online]. Truy cập tại: https://www.plctable.com/plc-programming-for-hvac-systems/

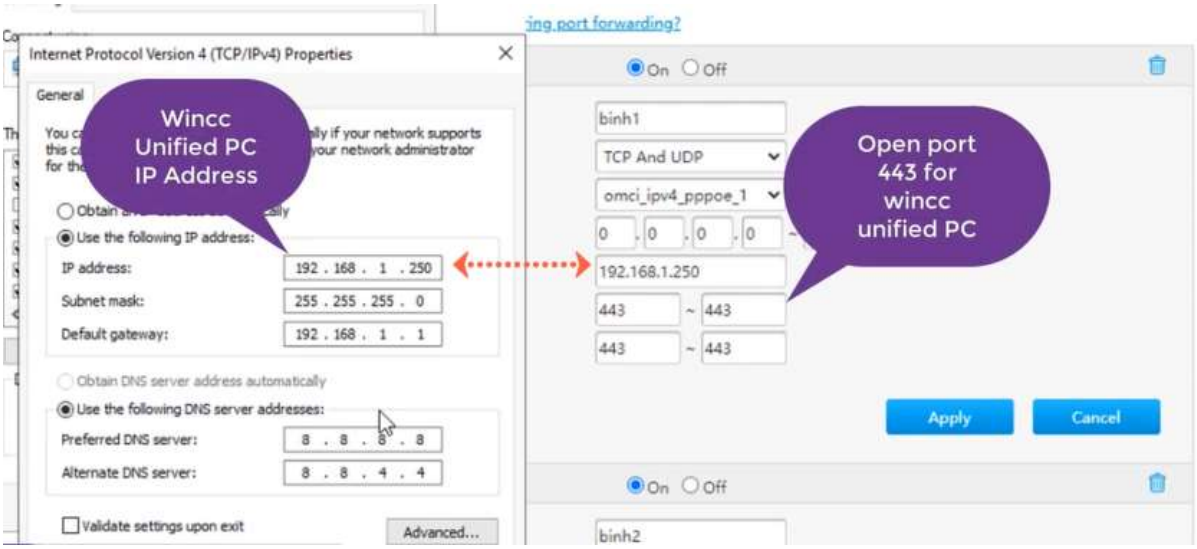
PHỤ LỤC 1 – Cấu hình đưa dữ liệu lên Internet

Một số bước quan trọng trong quá trình cấu hình đưa dữ liệu lên Internet được chỉ ra như hình bên dưới.



Hình 1: Cấu hình dịch vụ Web Server trong IIS

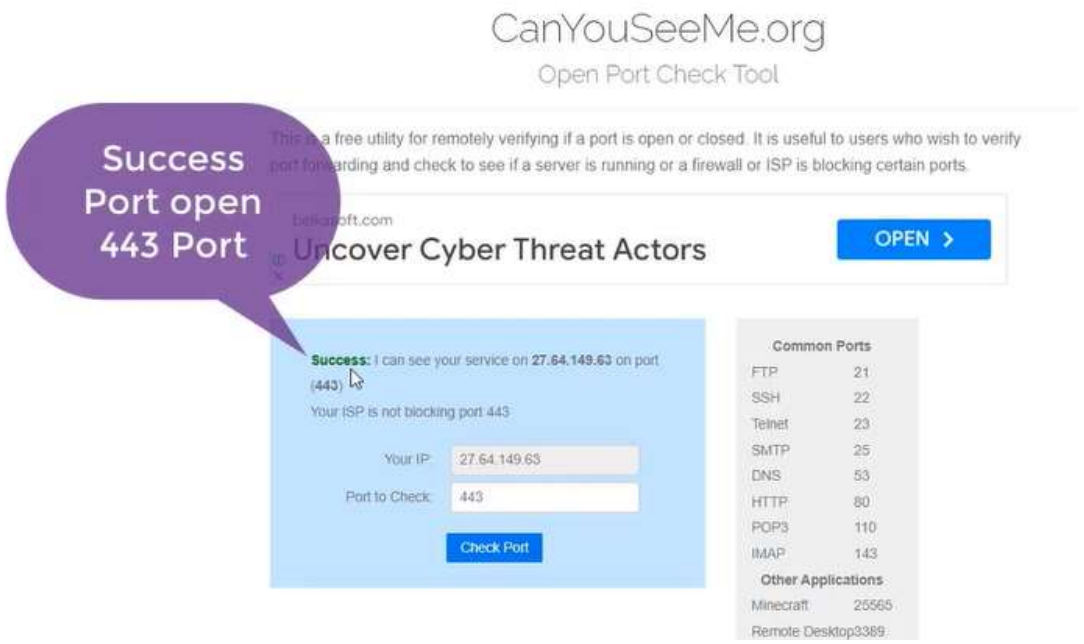
Sau khi cài đặt WinCC Unified Runtime và bật dịch vụ Web Server, ta tiến hành cấu hình trong **IIS Manager (Internet Information Services Manager)** để quản lý và giám sát các tính năng truy cập web.



Hình 2: Cấu hình địa chỉ IP và NAT Port cho WinCC Unified

Để truy cập từ xa hệ thống giám sát WinCC Unified thông qua Internet, trước tiên cần cấu hình IP cho máy tính chạy WinCC Unified Runtime. Trong hình bên trái, ta đặt địa chỉ IP tĩnh là 192.168.1.250 cùng với subnet mask và gateway phù hợp với mạng nội bộ.

Để cho phép truy cập từ Internet đến WinCC Unified Web Server, cần mở cổng **443 (HTTPS)** trên modem/router thông qua tính năng **Port Forwarding (NAT Port)**. Trong hình bên phải, cổng ngoài 443 được ánh xạ đến địa chỉ nội bộ 192.168.1.250 qua cổng 443 tương ứng.



Hình 3: Kiểm tra kết nối từ xa qua cổng HTTPS (443)

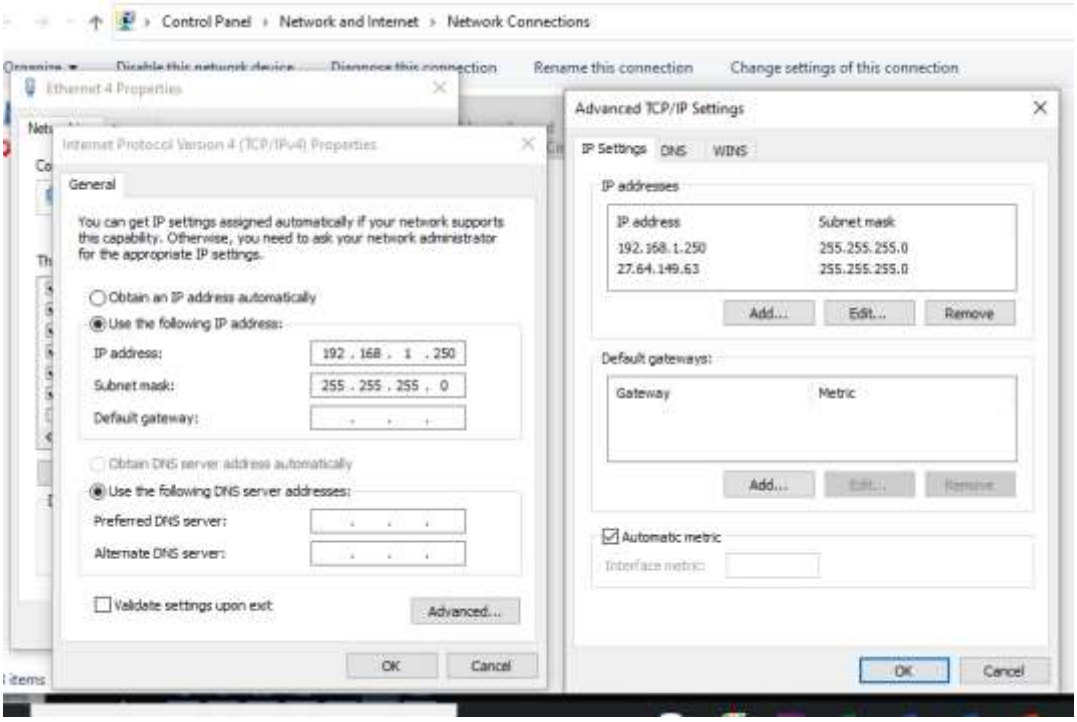
Sau khi cấu hình NAT port và gán địa chỉ IP tĩnh cho máy tính chạy WinCC Unified, bước tiếp theo là kiểm tra xem cổng 443 (giao thức HTTPS) đã được mở thành công từ Internet hay chưa.

Công cụ **CanYouSeeMe.org** cho phép kiểm tra trực tuyến tình trạng mở cổng. Trong hình bên dưới, ta thấy thông báo:

Success: I can see your service on 27.64.149.63 on port (443)

Điều này chứng tỏ rằng:

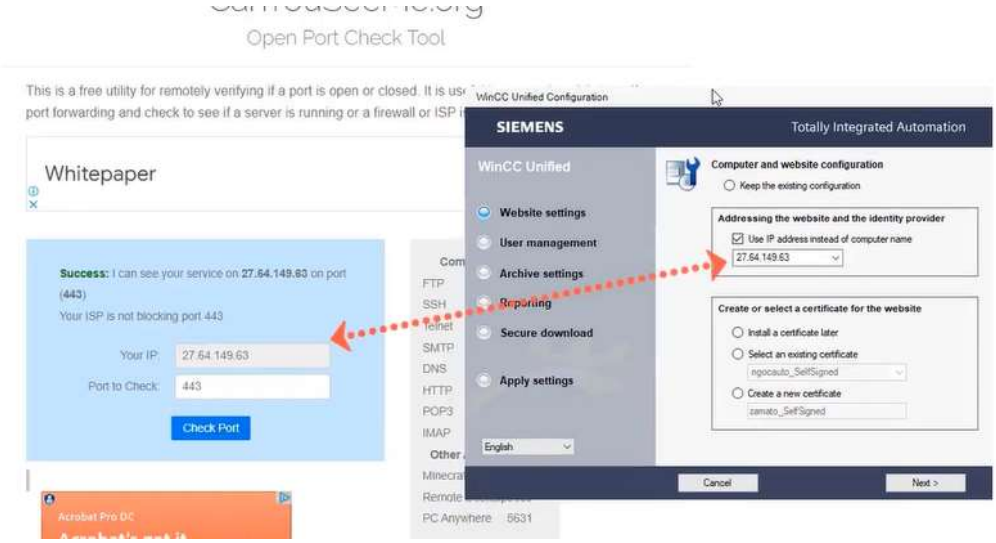
- Cổng 443 đã được mở thành công.
- ISP không chặn truy cập qua cổng 443.
- Thiết bị modem đã ánh xạ đúng đến máy tính nội bộ (192.168.1.250).



Hình 4: Cấu hình thêm địa chỉ Public IP

Modem của nhà mạng Viettel được cấp một **địa chỉ IP công cộng (Public IP)**, là 27.64.149.63.

Ta cần thêm Public IP vào PC



Hình 5: Cấu hình WinCC Unified sử dụng IP Public

Trong phần cấu hình của WinCC Unified, người dùng cần thiết lập địa chỉ truy cập của Web Server sử dụng **IP thay vì tên máy**:

Chọn **Use IP address instead of computer name**

Chọn 27.64.149.63

PHỤ LỤC 2 – TetraPak Layout

Bảng phân bố thiết bị làm lạnh đến các khu vực

Cabinet	AHU	Room.No	Room Name	FCU
CC2101	AHU2103		SLITTER ZONE	
	AHU2111	2161	FACT. MAIN OFFICE	
		2163	PRODUCTION OFFICE	
		2167	QUIET ROOM	
		2169	MEETING ROOM	
		2168	QUIET ROOM	
		2171	BREAK ROOM	
		2172	MEETING ROOM	
	AHU2112	2263	IT ROOM	2263
			STORE	
		2262	AUTONOMOUS AMINTENANCE TRAINING	2262A, B
			SPARE PARTS STORE	
		2180	MECHANICAL WORKSHOP	
		2173	WC	
			STORAGE	
		2175	WC	
		2178	ARCHIVE	
		2177	EL WORKSHOP	
CC2102	AHU2101		LAMINATOR ZONE	
		2225	IT ROOM	2225
		2234	SPARE	
		2242	SPARE	
	AHU2108	2231	EL ROOM	
	AHU2107	2149	PASSAGE	
		2145	HT ROOM	
		2146	T1	
		2147	T2	
		2148	T3	
	AHU 2109	2153	CONTROL ROOM	2153A, B
		2157	QA LAB & OFFICE	2157A, B
		2159	MEETING ROOM	
		2160	MEETING ROOM	
	AHU 2110	2155	QA	

CC2103	AHU 2102		PRINTER ZONE	
	AHU2113	2196	CREASING TOOL STORE	
		2197	CREASING TOOL WORKSHOP	
		2195	FORKLIFT CHARGING	
	AHU2106	2135	BREAK ROOM	
		2137&2139	WC	
		2141	STORAGE	
		2144	CLEANING EQUIPMENT & STORAGE	
		2138&2142	PASSAGE	
		2140	WCM & CONFERENCE	2140A, B
		2142	GAS METER ROOM	
	AHU2123		PRINTER ZONE	
CC2104	AHU2116	2215	STAFF RECREATION	2215A, B, C
		2214	IT ROOM	2214
		2208	MEETING ROOM	2205
		2205	IT TRAINING	2205
		2202	ARCHIVE	
		2201	PASSAGE	
		2207	CLEANING STORAGE	
		2212	SPARE	
		2209	ARCHIVE	
		2206	DESIGN/ CLIENT APPR	2206
		2225	WCM CORNER	2125
	AHU2104	2111	LOADING PHASE 1	
		2121	INK PAN CLEANING	
		2120&2116	WC	
		2113	INK LAB	2113
		2114	INK OFFICE	2114
		2112	INK MIXING	
	AHU2105	2214	IT ROOM	
		2128	MOUTING ROOM SLEEVES STORAGE	
		2129	PROCESSOR ROOM	
		2130	CDI ROOM	
		2131	VACUUM PUMP	
		2132	VACUUM PUMP	
		2126	STAIRCASE	
CC2105	AHU2115	2103a	AIRLOCK	
		2189	EL ROOM	
	AHU2114		LT ROOM	
		2187	T4	
		2188	T5	
			T6	

			T7	
		2271	PE VACUUM PUMP ROOM	2271
CC2107		2251	CHILLER ROOM	2251A, B
			PUMP ROOM BASEMENT	3A, B
CC2108	AHU 2117	2185	COMPRESSOR ROOM	
	AHU2118	2184	PALLET STORE	
		2183	RETURN MATERIAL	
		2182	WASTE COLLECTION AREA	

PHỤ LỤC 3 – DRAWING FOR CC2101 CABINET