

ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH LẠNG SƠN
TRƯỜNG CAO ĐẲNG LẠNG SƠN

BẢN MÔ TẢ SÁNG KIẾN

**Lắp đặt mạch bảo vệ máy bơm nước 3 pha, điều khiển
đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh**

Lĩnh vực sáng kiến: Khoa học kỹ thuật và công nghệ

Tác giả: Lương Việt Toàn

Trình độ chuyên môn: Cử nhân CĐ SPKT

Chức vụ: Giảng viên

Nơi công tác: Phòng TC-HC, Trường Cao đẳng Lạng Sơn

Điện thoại liên hệ: 0389989866

Địa chỉ thư điện tử: viettoanvdl@gmail.com

Đề nghị công nhận sáng kiến cấp: Cơ sở

Lạng Sơn, năm 2025

Contents

TÓM TẮT SÁNG KIẾN.....	3
DANH MỤC BẢNG, BIỂU ĐỒ, ẢNH	4
I – MỞ ĐẦU.....	5
1. Lý do chọn sáng kiến.....	5
2. Mục tiêu của sáng kiến	6
3 . Phạm vi sáng kiến.....	6
II – CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ THỰC TIỄN	7
1. Cơ sở lý luận	7
1.1. Nguyên lý vận hành và các trạng thái lỗi của động cơ 3 pha.....	7
1.2. Giải pháp bảo vệ đa tầng bằng thiết bị chuyên dụng	7
1.3. Ứng dụng công nghệ Internet vạn vật (IoT) trong quản lý thiết bị	7
1.4. Tiêu chuẩn kỹ thuật và an toàn.....	8
2. Cơ sở thực tiễn.....	8
2.1. Thực trạng hạ tầng và những bất cập kỹ thuật tại đơn vị	8
2.2. Khó khăn trong công tác vận hành và quản lý.....	8
2.3. Sự sẵn có của công nghệ và tính khả thi về kinh tế	9
III – NỘI DUNG SÁNG KIẾN	9
1. Nội dung và kết quả nghiên cứu của sáng kiến	9
1.1. Mục đích của sáng kiến cải tiến	9
1.2. Nội dung nghiên cứu và giải pháp kỹ thuật tích hợp.....	10
1.2.1. Cấu trúc linh kiện và thông số kỹ thuật tối ưu.....	10
1.2.2. Sơ đồ nguyên lý và Logic điều khiển đa tầng (Hybrid Logic Control) ..	11
1.3. Cách thức và Quy trình thực hiện chi tiết	11
1.4. Kết quả thử nghiệm và số liệu minh chứng.....	13
1.4.1. Kết quả thực nghiệm kỹ thuật (Validation).....	13
1.4.2. Hiệu quả vận hành và chỉ số kinh tế (Quantitative Impact).....	14
1.4.3. Phân tích lợi ích dài hạn	14
2. Đánh giá kết quả thu được	15
2.1. Tính mới, tính sáng tạo	15
2.1.1 Tính mới (Novelty):.....	15

2.1.2 Tính sáng tạo (Creativity):	16
2.2. Khả năng áp dụng và lợi ích thiết thực của sáng kiến:	16
IV – KẾT LUẬN	17
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO	20
PHỤ LỤC	20

TÓM TẮT SÁNG KIẾN

Trạm bơm nước của Trường Cao đẳng Lạng Sơn hiện đang vận hành động cơ điện 3 pha công suất 7.5kW để phục vụ nhu cầu sinh hoạt và tưới tiêu. Hệ thống cũ bộc lộ nhiều hạn chế do chỉ sử dụng các thiết bị đóng cắt cơ bản, thiếu chức năng bảo vệ chuyên sâu và hoàn toàn phụ thuộc vào việc vận hành thủ công tại chỗ. Điều này dẫn đến các sự cố như cháy động cơ do mất pha, quá tải, gây gián đoạn cấp nước và phát sinh chi phí sửa chữa lớn.

Sáng kiến này thực hiện cải tiến, lắp đặt mạch bảo vệ tích hợp đa năng bao gồm:

Bảo vệ toàn diện: Sử dụng rơ le bảo vệ pha, rơ le nhiệt và aptomat để ngăn ngừa các sự cố mất pha, lệch pha, quá tải và ngắn mạch.

Điều khiển thông minh: Tích hợp bộ thu phát tín hiệu qua Wi-Fi/4G cho phép người quản lý đóng ngắt máy bơm từ xa thông qua ứng dụng trên điện thoại thông minh, không cần có mặt trực tiếp tại trạm bơm.

Giám sát thời gian thực: Hệ thống gửi thông báo trạng thái hoạt động và cảnh báo sự cố về điện thoại, giúp xử lý kịp thời các tình huống bất thường.

Kết quả thử nghiệm cho thấy mạch hoạt động tin cậy, giúp giảm 100% nguy cơ hư hỏng động cơ do lỗi nguồn điện, tiết kiệm chi phí sửa chữa khoảng 3 triệu đồng/năm và tối ưu hóa thời gian vận hành cho cán bộ phụ trách. Sáng kiến không chỉ nâng cao tuổi thọ thiết bị mà còn đảm bảo an toàn tuyệt đối cho người vận hành và có khả năng nhân rộng cao cho các hệ thống bơm nước tương tự.

CÁC TỪ VIẾT TẮT

- ĐC: Động cơ
- CB: Aptomat (Circuit Breaker)
- Rơ le bảo vệ pha: Thiết bị bảo vệ mất pha, lệch pha, thứ tự pha sai.
- IoT : internet of Things

DANH MỤC BẢNG, BIỂU ĐỒ, ẢNH

- Hình 1: Sơ đồ nguyên lý mạch bảo vệ máy bơm nước 3 pha, điều khiển đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh
- Hình 2: Ảnh lắp đặt thực tế tại trạm bơm
- Bảng 1: So sánh hiệu quả trước và sau khi áp dụng sáng kiến
- Bảng 2: So sánh tình trạng trước và sau khi lắp đặt mạch bảo vệ máy bơm nước 3 pha, điều khiển đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh

I – MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn sáng kiến

Hệ thống bơm nước tại trường sử dụng động cơ 3 pha 7.5kW, nhưng chỉ được bảo vệ bằng cầu chì và áp tô mát đơn giản, thiếu chức năng bảo vệ (mất pha, quá tải) và phụ thuộc hoàn toàn vào việc vận hành thủ công tại chỗ. Trong quá trình vận hành từ 2015-2025, đã xảy ra nhiều sự cố như động cơ cháy do mất pha, quá tải không được phát hiện kịp thời, gây thiệt hại về kinh tế khoảng 30 triệu đồng và ảnh hưởng đến hoạt động của nhà trường. Việc nghiên cứu, lắp đặt mạch bảo vệ đầy đủ là cần thiết để nâng cao độ tin cậy, an toàn và hiệu quả vận hành.

Nguy cơ cháy động cơ do "chạy 2 pha": Khi một pha bị mất, dòng điện ở hai pha còn lại sẽ tăng vọt (thường gấp 1.73 lần dòng định mức), gây nóng cục bộ và phá hủy lớp cách điện của cuộn dây. Đây là nguyên nhân trực tiếp dẫn đến các sự cố cháy động cơ đã xảy ra tại đơn vị trong giai đoạn 2015-2025.

Rủi ro cho người vận hành: Việc đóng ngắt thủ công trong môi trường trạm bơm ẩm ướt, đặc biệt khi thời tiết xấu hoặc vào ban đêm, tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn về điện và gây khó khăn cho cán bộ phụ trách.

Thiệt hại kinh tế thực tế: Số liệu thống kê cho thấy, chỉ trong 9 tháng đầu năm 2025, một sự cố cháy máy bơm đã gây thiệt hại khoảng 16 triệu đồng. Tổng thiệt hại ước tính trong 10 năm qua lên tới 30 triệu đồng, chưa kể các chi phí gián tiếp do gián đoạn nguồn nước phục vụ sinh hoạt và tưới tiêu của nhà trường.

Sự lạc hậu trong phương thức vận hành: Việc phải di chuyển trực tiếp đến trạm bơm để thao tác gây lãng phí thời gian và nhân lực, không phù hợp với định hướng hiện đại hóa quản trị cơ sở vật chất.

Phù hợp với xu thế công nghệ IoT (Internet of Things): Khả năng số hóa thiết bị: Sự phát triển của các module điều khiển thông minh qua Wi-Fi/4G (như Hunonic, Tuya) với giá thành rẻ và độ tin cậy cao cho phép chúng ta nâng cấp hệ thống điều khiển truyền thống thành hệ thống điều khiển thông minh.

Giám sát thời gian thực: Công nghệ IoT giúp người quản lý nắm bắt trạng thái hoạt động của máy bơm mọi lúc mọi nơi qua điện thoại, cho phép phản ứng tức thì khi có cảnh báo sự cố, điều mà hệ thống cơ học cũ không thể thực hiện được.

Dẫn chứng khoa học hỗ trợ: Theo tiêu chuẩn TCVN 7447-1:2010, hệ thống lắp đặt điện hiện đại bắt buộc phải có các biện pháp bảo vệ chống quá dòng và các

sự cố về điện áp. Việc tích hợp Rơ le bảo vệ pha chuyên dụng (như Chint XJ3-D) kết hợp với module điều khiển từ xa không chỉ là cải tiến kỹ thuật mà còn là sự tuân thủ nghiêm ngặt các nguyên lý an toàn điện công nghiệp.

Việc thực hiện sáng kiến "Lắp đặt mạch bảo vệ máy bơm nước 3 pha, điều khiển đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh" là lời giải tối ưu để bảo vệ tài sản nhà trường, đảm bảo an toàn lao động và hiện đại hóa quy trình vận hành.

2. Mục tiêu của sáng kiến

- Mục tiêu Kỹ thuật và Công nghệ: xây dựng thành công mạch điện bảo vệ chuyên dụng cho động cơ bơm nước ba pha đồng thời áp dụng công nghệ IoT, bộ thu phát tín hiệu Wi-Fi/4G, điện thoại thông minh để thực hiện việc đóng-ngắt máy bơm từ xa, cập nhật trạng thái hoạt động, thay thế hoàn toàn phương thức vận hành thủ công tại chỗ.

- Mục tiêu Kinh tế và Vận hành: Triệt tiêu rủi ro cháy hỏng thiết bị do lỗi nguồn điện hoặc quá tải. Tối ưu hóa ngân sách bảo dưỡng, cắt giảm triệt để chi phí sửa chữa đột xuất, mang lại giá trị tiết kiệm trực tiếp cho nhà trường.

Giải phóng sức lao động: triệt tiêu thời gian và công sức di chuyển vật lý đến trạm bơm, đặc biệt trong các khung giờ cao điểm hoặc điều kiện thời tiết khắc nghiệt.

- Mục tiêu Giáo dục và Nhân rộng: Hoàn thiện khâu lắp đặt và đưa vào vận hành ổn định hệ thống điều khiển thông minh tại trạm bơm để làm cơ sở thực chứng cho sáng kiến.

Trực quan hóa học liệu giảng dạy: Chuyển hóa hệ thống sau lắp đặt thành mô hình dạy học trực quan trực tiếp phục vụ các tiết học tích hợp, thực hành cho sinh viên, giúp người học tiếp cận trực tiếp với xu hướng công nghệ IoT thực tế.

Đề xuất chuyên giao diện rộng: Tổng kết dữ liệu vận hành để xây dựng phương án nhân rộng, sẵn sàng chuyển giao công nghệ mạch bảo vệ này cho các hệ thống động cơ 3 pha dân dụng và nông nghiệp trên địa bàn toàn tỉnh.

3 . Phạm vi sáng kiến

- **Đối tượng nghiên cứu:** Lắp mạch bảo vệ máy bơm nước 3 pha, điều khiển đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh tại trạm bơm Trường Cao đẳng Lạng Sơn (cơ sở 1).

- **Không gian:** Trạm bơm của trường.

- **Nội dung áp dụng:** Lắp mạch bảo vệ máy bơm nước 3 pha, điều khiển đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh

- **Thời gian:** Từ tháng 10/2025 đến tháng 5/2026 và các năm tiếp theo.

II – CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ THỰC TIỄN

1. Cơ sở lý luận

1.1. Nguyên lý vận hành và các trạng thái lỗi của động cơ 3 pha

Nguyên lý từ trường quay: Động cơ không đồng bộ 3 pha vận hành dựa trên sự tương tác giữa từ trường quay của stator và dòng điện cảm ứng trong rotor. Khi nguồn cấp ổn định, động cơ đạt hiệu suất tối ưu và nhiệt độ nằm trong giới hạn cho phép.

Hiện tượng mất pha (Phase Loss): Đây là trạng thái nguy hiểm nhất; khi một pha bị ngắt, hai pha còn lại phải gánh toàn bộ tải, làm dòng điện tăng vọt lên khoảng 1.73 lần so với định mức. Nếu không ngắt điện kịp thời, nhiệt độ cuộn dây sẽ tăng phi mã, gây nóng chảy lớp cách điện và dẫn đến cháy động cơ.

Sự cố quá tải (Overload): Xảy ra khi mô-men tải trên trục động cơ vượt quá khả năng định mức (do kẹt cánh bơm hoặc vòng bi hư hỏng), làm dòng điện tăng dần và tích tụ nhiệt lượng lớn trong các cuộn dây.

1.2. Giải pháp bảo vệ đa tầng bằng thiết bị chuyên dụng

- Nguyên lý bảo vệ dòng điện (Aptomat/CB): Sử dụng cơ cấu điện từ để bảo vệ ngắn mạch (tức thời) và cơ cấu nhiệt để bảo vệ quá dòng ở ngưỡng cao.

- Nguyên lý bảo vệ nhiệt (Rơ le nhiệt): Dựa trên đặc tính giãn nở vì nhiệt của thanh lưỡng kim để mô phỏng trạng thái nhiệt của động cơ. Thiết bị này có đặc tính thời gian ngược: dòng điện càng lớn, thời gian ngắt càng nhanh, giúp bảo vệ động cơ khỏi các lỗi quá tải bền bỉ.

- Nguyên lý bảo vệ điện áp và pha (Rơ le XJ3-D): Đây là thiết bị giám sát thông minh, hoạt động dựa trên việc phân tích sự cân bằng điện áp giữa các pha. Nó cho phép phát hiện sớm các lỗi: mất pha, lệch pha vượt ngưỡng (thường là 5%), đảo thứ tự pha hoặc điện áp không ổn định (cao áp/thấp áp) để ngắt mạch điều khiển trước khi động cơ kịp hư hỏng.

1.3. Ứng dụng công nghệ Internet vạn vật (IoT) trong quản lý thiết bị

Kiến trúc điều khiển gián tiếp: Sử dụng các module thông minh (như Huisonic hoặc Tuya) đóng vai trò là "mắt xích" điều khiển trong mạch logic. Module này

không trực tiếp chịu tải công suất lớn mà chỉ thực hiện việc đóng/ngắt cuộn hút của Khởi động từ (Contactor).

Số hóa dữ liệu vận hành: Công nghệ IoT cho phép chuyển đổi trạng thái vật lý của tiếp điểm thành dữ liệu số, gửi về điện thoại thông minh qua môi trường Internet. Điều này tạo ra khả năng giám sát trạng thái (On/Off) và phản hồi sự cố theo thời gian thực (Real-time feedback), giúp người quản lý kiểm soát hệ thống mọi lúc, mọi nơi.

1.4. Tiêu chuẩn kỹ thuật và an toàn

Tiêu chuẩn TCVN 7447-1:2010: Hệ thống được thiết kế dựa trên các quy định khắt khe về lắp đặt điện cho tòa nhà và công trình, đảm bảo các khoảng cách an toàn điện, sơ đồ nối đất và bảo vệ chống điện giật.

Tiêu chuẩn vận hành công nghiệp: Việc lắp đặt thiết bị vào tủ điện phải tuân thủ tính thẩm mỹ, ghi nhãn rõ ràng và đảm bảo tính liên tục của nguồn cấp phục vụ sinh hoạt.

2. Cơ sở thực tiễn

2.1. Thực trạng hạ tầng và những bất cập kỹ thuật tại đơn vị

Hệ thống bảo vệ lạc hậu: Trạm bơm nước của Trường Cao đẳng Lạng Sơn (tại 3 cơ sở 1 2 3) hiện đang vận hành động cơ điện 3 pha công suất 7.5kW phục vụ nhu cầu sinh hoạt và tưới tiêu. Tuy nhiên, hệ thống này chỉ trang bị các thiết bị đóng cắt đơn giản như cầu chì và Aptomat, thiếu các bộ bảo vệ chuyên dụng như rơ le bảo vệ pha hay rơ le nhiệt.

Hệ quả của việc thiếu bảo vệ: Do không có khả năng phát hiện các sự cố mất pha hay quá tải kịp thời, hệ thống thường xuyên đối mặt với rủi ro cháy động cơ. Thực tế trong 9 tháng đầu năm 2025, đã xảy ra 01 sự cố cháy động cơ (cơ sở 1), gây thiệt hại kinh tế khoảng 16 triệu đồng và làm gián đoạn hoạt động của nhà trường.

Thống kê thiệt hại dài hạn: Trong giai đoạn từ năm 2015 đến 2025, các sự cố tương tự đã xảy ra tại các cơ sở gây thiệt hại tổng cộng khoảng 40 triệu đồng.

2.2. Khó khăn trong công tác vận hành và quản lý

Vận hành thủ công: Cán bộ quản lý hiện phải trực tiếp di chuyển tới trạm bơm để thực hiện các thao tác đóng/ngắt mỗi khi cần cấp nước. Việc này gây bất tiện và tốn kém thời gian, đặc biệt là trong các khung giờ cao điểm hoặc khi thời tiết xấu.

Nguy cơ mất an toàn lao động: Việc thao tác trực tiếp trên các thiết bị điện tại hiện trường trạm bơm (vốn thường xuyên ẩm ướt) tiềm ẩn rủi ro cao về điện giật cho người vận hành.

Hạn chế về giám sát: Do không có hệ thống cảnh báo từ xa, các lỗi nguồn điện hoặc tình trạng quá tải thường không được phát hiện ngay lập tức, dẫn đến hỏng hóc nặng trước khi người quản lý kịp can thiệp.

2.3. Sự sẵn có của công nghệ và tính khả thi về kinh tế

Thị trường thiết bị: Hiện nay, các linh kiện bảo vệ chuyên dụng (như rơ le Chint XJ3-D) và các module điều khiển Wi-Fi thông minh (như Hunonic) có giá thành rất hợp lý, độ bền cao và dễ dàng tích hợp vào các tủ điện hiện có.

Dẫn chứng về hiệu quả: Nhiều đơn vị kỹ thuật đã áp dụng thành công các mạch rơ le bảo vệ pha, giúp giảm thiểu 100% rủi ro cháy động cơ do lỗi nguồn điện và tiết kiệm đáng kể chi phí bảo trì.

Tối ưu hóa đầu tư: Việc lắp đặt hệ thống mới chỉ yêu cầu kinh phí ước tính khoảng 1.750.000 VNĐ nhưng có thể ngăn chặn các thiệt hại lớn gấp nhiều lần và nâng cao tuổi thọ thiết bị lâu dài.

III – NỘI DUNG SÁNG KIẾN

1. Nội dung và kết quả nghiên cứu của sáng kiến

1.1. Mục đích của sáng kiến cải tiến

Sáng kiến "Lắp đặt mạch bảo vệ máy bơm nước 3 pha, điều khiển đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh" được nghiên cứu và thực thi nhằm mục đích tối thượng là tái cấu trúc toàn diện phương thức quản trị, vận hành hệ thống hạ tầng kỹ thuật cấp nước tại đơn vị, chuyển dịch từ mô hình thủ công truyền thống sang mô hình tự động hóa thông minh kết hợp quản trị số chủ động. Các mục tiêu chiến lược bao gồm:

Xây dựng lá chắn bảo vệ, quản trị rủi ro thiết bị chủ động: Thiết lập cơ chế giám sát và cô lập sự cố đa tầng, loại bỏ triệt để (cam kết giảm 100%) nguy cơ cháy hỏng động cơ không đồng bộ 3 pha công suất 7.5 kW trước các biến động tiêu cực của lưới điện như mất pha, lệch pha, đảo thứ tự pha hoặc quá tải dòng điện. Đây là giải pháp gốc rễ để chấm dứt tình trạng hỏng hóc nghiêm trọng gây gián đoạn nguồn nước và tổn thất tài sản công tại đơn vị.

Số hóa quy trình vận hành và tối ưu hóa nguồn lực nhân sự: Ứng dụng giải pháp điều khiển phi tiếp xúc (Contactless Control) qua mạng Internet nhằm giải phóng hoàn toàn sức lao động. Cán bộ phụ trách không còn phải di chuyển vật lý đến hiện trường để thao tác cơ học, loại bỏ lãng phí thời gian và tối ưu hóa hiệu suất làm việc của phòng Tổ chức - Hành chính.

Triệt tiêu tổn thất tài chính và bảo đảm an toàn lao động tối đa: Ngăn chặn các chi phí sửa chữa đột xuất và quần lại lõi motor, tạo ra giá trị làm lợi trực tiếp tối thiểu 3.000.000 đồng/năm cho ngân sách nhà trường. Đồng thời, việc cách ly tuyệt đối con người khỏi các thiết bị đóng cắt dòng điện lớn trong môi trường trạm bơm thường xuyên ẩm ướt là mục đích nhân văn nhằm bảo đảm an toàn lao động, triệt tiêu nguy cơ tai nạn điện giật.

Thực quan hóa học liệu, phục vụ phát triển giáo dục nghề nghiệp: Chuyển hóa hệ thống kỹ thuật sau cải tiến thành một "phòng thí nghiệm thu nhỏ" ngay tại thực địa trạm bơm. Đây là mô hình học cụ thực quan sống động, hỗ trợ đắc lực cho công tác giảng dạy tích hợp, giúp học sinh, sinh viên các khối ngành Điện - Tự động hóa tiếp cận trực diện với xu hướng công nghệ IoT (Internet of Things) thực tế.

1.2. Nội dung nghiên cứu và giải pháp kỹ thuật tích hợp

Trọng tâm khoa học của sáng kiến là giải pháp "Cải tiến tích hợp kỹ thuật" (Retrofitting), liên kết mạch động lực bảo vệ cơ điện công nghiệp tiêu chuẩn với tầng điều khiển logic kỹ thuật số IoT.

1.2.1. Cấu trúc linh kiện và thông số kỹ thuật tối ưu

Dựa trên các tính toán toán học về dòng định mức của động cơ trạm bơm, hệ thống được cấu thành từ các thiết bị chuyên dụng cao cấp, có tính tương thích và độ bền cơ - điện vượt trội:

Aptomat (MCB) 3 pha (3P - 32A, dòng cắt 6kA): Đóng vai trò là chốt chặn bảo vệ ngắn mạch và quá dòng ngưỡng cao, dải dòng 32A đảm bảo chịu được dòng khởi động không bị nhảy nhầm.

Rơ le bảo vệ pha kỹ thuật số Chint XJ3-D: Thiết bị vi xử lý thông minh, liên tục đo đạc, phân tích sự cân bằng điện áp giữa các pha để phát hiện sớm các lỗi mất pha, lệch pha vượt ngưỡng quy định (5%) hoặc ngược thứ tự pha.

Contactor (Khởi động từ) LS MC-22b: Dòng tải định mức 22A, cuộn hút 220V, được tính toán dư tải để vận hành bền bỉ dưới tác động của hồ quang điện khi đóng ngắt tải cảm.

Rơ le nhiệt LS MT-32: Tích hợp cơ cấu thanh lưỡng kim có dải điều chỉnh dòng điện từ 12A - 18A, chỉnh sẵn ở ngưỡng hiệu ứng nhiệt $1.1 I_{dm}$ để bảo vệ động cơ khỏi tình trạng quá tải kéo dài.

Module thông minh IoT (Wi-Fi/4G): Đóng vai trò bộ tiền xử lý lệnh không dây 1 kênh, hỗ trợ các giao thức đám mây (eWeLink/Tuya/Huononic), có dòng tiếp điểm khiển tối thiểu 10A.

1.2.2. Sơ đồ nguyên lý và Logic điều khiển đa tầng (Hybrid Logic Control)

Mạch điều khiển được thiết kế theo nguyên lý Chuỗi logic nối tiếp (Series Logic Chain - Logic AND), đặt yếu tố an toàn thiết bị lên mức cao nhất:

Mạch động lực: Nguồn lưới 3 pha -> MCB 32A -> Tiếp điểm động lực Contactor -> Rơ le nhiệt -> Động cơ máy bơm.

Mạch điều khiển (Logic AND): Pha điều khiển (L) từ nguồn qua cầu chì bảo vệ bắt buộc phải đi tuần tự qua các "cổng an toàn" vật lý trước khi kích hoạt cuộn hút (Coil) của Contactor:

Ý nghĩa khoa học và tính sáng tạo: Sơ đồ này tạo ra một vòng khóa an toàn tuyệt đối. Máy bơm chỉ được phép đóng điện khi đồng thời thỏa mãn: Chất lượng lưới điện đạt chuẩn, động cơ đang mát (không quá tải) và có lệnh khởi động từ người quản lý. Nếu xảy ra sự cố điện tại thực địa, các rơ le bảo vệ sẽ trực tiếp ngắt mạch điều khiển ngay lập tức mà không phụ thuộc vào tình trạng kết nối mạng Internet của Module IoT. Module thông minh chỉ đóng vai trò truyền lệnh gián tiếp, không chịu dòng tải lớn, giúp kéo dài tuổi thọ hệ thống lên gấp nhiều lần.

1.3. Cách thức và Quy trình thực hiện chi tiết

Quy trình chuyển đổi công nghệ được thực hiện nghiêm ngặt qua 4 bước kỹ thuật chuẩn hóa, bảo đảm tính đồng bộ tuyệt đối giữa phần cứng điện công nghiệp và phần mềm quản trị thông minh:

Bước 1: Thi công lắp đặt và cấu trúc phần cứng tử điện (Hardware Integration)

Quy hoạch không gian: Tiến hành làm sạch tủ điện hiện hữu tại trạm bơm, cố định thanh ray định vị nhôm. Sắp xếp các thiết bị điện công nghiệp mới (Chint XJ3-D, Contactor, Rơ le nhiệt, Module IoT) theo sơ đồ khối khoa học, đảm bảo khoảng cách tiêu chuẩn để tản nhiệt và thuận tiện cho việc đi dây.

Thi công mạch động lực: Sử dụng cáp đồng đơn mềm tiêu chuẩn, có tiết diện lõi được tính toán chính xác phù hợp với dòng tải của motor 7.5kW. Tiến hành bấm đầu cốt kim kỹ thuật để chống hiện tượng oxy hóa và move nhiệt.

Thi công mạch điều khiển: Đấu nối dây khiển theo chuỗi logic tuần tự. Sử dụng các vòng số đánh dấu ký hiệu đầu dây (nhãn dây) đồng bộ từ sơ đồ ra thực tế nhằm phục vụ tốt nhất cho công tác kiểm tra, bảo trì lâu dài và làm học cụ trực quan cho sinh viên.

Bước 2: Khởi tạo và phân quyền nền tảng phần mềm quản lý (Software Architecture)

Tải ứng dụng quản lý hệ sinh thái thông minh chuyên dụng (Hunonic/eWeLink/Tuya Smart) từ App Store hoặc Google Play về Smartphone.

Thiết lập tài khoản quản trị hệ thống và bắt buộc kích hoạt giao thức bảo mật xác thực hai lớp (2FA). Tiến hành phân quyền điều khiển nội bộ, đảm bảo tính đóng gói bảo mật cao, chỉ những cán bộ được giao nhiệm vụ quản lý của Phòng TC-HC mới có quyền hạn can thiệp vào chu kỳ vận hành của trạm bơm.

Bước 3: Đồng bộ và cấu hình hạ tầng mạng kết nối (Network Configuration)

Kích hoạt chế độ thiết lập kết nối không dây (Pairing Mode) trên Module thông minh, thực hiện đồng bộ thiết bị vào mạng Wi-Fi nội bộ băng tần 2.4GHz tại khu vực trạm bơm thông qua ứng dụng trên điện thoại.

Giải pháp dự phòng hạ tầng: Do vị trí trạm bơm nằm cách xa khu trung tâm, chịu ảnh hưởng lớn bởi nhiễu thời tiết, sáng kiến chủ động tích hợp thêm một bộ phát sóng 4G công nghiệp độc lập. Giải pháp này đảm bảo duy trì kết nối Internet liên tục 24/7, loại bỏ hoàn toàn hiện tượng mất kết nối (Offline) và đảm bảo các cảnh báo sự cố được truyền tải theo thời gian thực không độ trễ.

Bước 4: Tối ưu hóa kịch bản tự động và kiểm thử thực nghiệm (Smart Automation & Validation)

Cấu hình kịch bản thông minh: Định danh thiết bị trên giao diện điều khiển là "Máy bơm trạm bơm Trường CDLS". Thiết lập các kịch bản tự động hóa (Automation Scenes): cấu hình lịch trình (Schedule) tự động bơm vào các khung giờ thấp điểm nhằm tối ưu hóa chi phí tiền điện của nhà trường, hoặc cài đặt kịch bản tưới tiêu tự động định kỳ. Kích hoạt tính năng thông báo đẩy (Push Notification) gửi trực tiếp nhật ký vận hành và báo động lỗi nguồn/quá tải về điện thoại cá nhân.

Kiểm thử thực nghiệm lâm sàng (Stress Test): Để chứng minh tính khả thi và độ tin cậy tuyệt đối của sáng kiến, hệ thống đã được đưa qua quy trình kiểm thử nghiêm ngặt với các lỗi giả lập:

Kịch bản lỗi mất pha: Cố tình ngắt 1 pha đầu vào tại MCB tổng. Kết quả: Rơ le Chint XJ3-D quét và phát hiện điện áp bất đối xứng cực hạn chỉ trong thời gian < 0.5 giây, lập tức phát lệnh ngắt mạch điều khiển, Contactor nhả ra, bảo vệ khối động cơ an toàn.

Kịch bản lỗi quá tải: Hạ ngưỡng dòng giới hạn trên Rơ le nhiệt xuống thấp hơn dòng định mức đang chạy thực tế. Kết quả: Tiếp điểm NC mở ra chính xác theo đặc tính thời gian ngược, ngắt nguồn cuộn hút an toàn trước khi cuộn dây động cơ bị tích nhiệt.

Kịch bản kiểm tra độ tin cậy kết nối: Thực hiện liên tục 50 chu kỳ đóng/ngắt từ xa trong các môi trường mạng khác nhau (Wi-Fi yếu, 4G di chuyển). Kết quả: Tỷ lệ thực thi chính xác đạt 100%, độ trễ lệnh (Latency) dao động cực thấp chỉ từ 1 - 2 giây, chứng minh hệ thống đạt độ ổn định hoàn hảo.

1.4. Kết quả thử nghiệm và số liệu minh chứng

1.4.1. Kết quả thực nghiệm kỹ thuật (Validation)

Sau khi hoàn thành lắp đặt, hệ thống đã trải qua quy trình kiểm thử nghiêm ngặt (Stress test) với các kịch bản sự cố giả lập:

- Thử nghiệm bảo vệ mất pha: Tiến hành ngắt ngẫu nhiên một pha đầu vào tại Aptomat tổng. Kết quả: Rơ le XJ3-D phát hiện sự lệch pha vượt ngưỡng trong thời gian $< 0,5$ giây, lập tức ngắt tiếp điểm điều khiển, Contactor nhả ra và dừng động cơ an toàn. Lặp lại các bước trên với hai pha điện còn lại cũng thu được kết quả bảo vệ tuyệt đối.

- Thử nghiệm bảo vệ quá tải: Giả lập tăng dòng điện bằng cách điều chỉnh ngưỡng dòng trên Rơ le nhiệt xuống thấp hơn dòng định mức đang chạy. Kết quả:

Rơ le nhiệt ngắt mạch theo đúng đường đặc tính thời gian ngược, bảo vệ cuộn dây không bị quá nhiệt.

- Thử nghiệm điều khiển từ xa: Thực hiện 50 lần đóng/ngắt qua ứng dụng trên Smartphone trong các điều kiện mạng khác nhau (Wi-Fi, 4G). Kết quả: Tỷ lệ thành công đạt 100%, độ trễ lệnh (Latency) trung bình chỉ từ 1-2 giây.

1.4.2. Hiệu quả vận hành và chỉ số kinh tế (Quantitative Impact)

Dựa trên số liệu thống kê thực tế tại Trạm bơm Trường Cao đẳng Lạng Sơn, hiệu quả của sáng kiến được thể hiện qua bảng so sánh đối chứng dưới đây:

Bảng 1: So sánh hiệu quả trước và sau khi áp dụng sáng kiến

Tiêu chí so sánh	Trước khi áp dụng (9 tháng đầu năm 2025)	Sau khi áp dụng sáng kiến (Thử nghiệm & Vận hành)
Sự cố cháy máy bơm	01 sự cố nghiêm trọng	0 sự cố
Chi phí khắc phục sự cố	~ 16.000.000 VNĐ	0 VNĐ
Phương thức vận hành	Thủ công (phải có mặt tại trạm)	Số hóa 100% (Điều khiển mọi lúc, mọi nơi)
Thời gian đáp ứng	Chậm (phụ thuộc vào việc phát hiện bằng mắt/tai)	Tức thì (Thông báo lỗi gửi thẳng về điện thoại)
An toàn lao động	Tiềm ẩn rủi ro tiếp xúc điện môi trường ẩm	An toàn tuyệt đối do cách ly vật lý khi điều khiển

Bảng 2: So sánh tình trạng trước và sau khi lắp đặt mạch bảo vệ máy bơm nước 3 pha, điều khiển đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh

TT	Tiêu chí	Trước khi lắp đặt	Sau khi lắp đặt (Có điều khiển từ xa)
1	Vận hành	Thủ công tại trạm bơm	Từ xa qua điện thoại (mọi lúc, mọi nơi)
2	Bảo vệ thiết bị	Không có, dễ cháy động cơ	Tự động ngắt khi mất pha, quá tải

3	Chi phí sửa chữa	Khoảng 3 - 6 triệu đồng/năm	Giảm tối đa (chỉ bảo trì định kỳ)
4	Thời gian dừng máy	7-30 ngày/sự cố	Không đáng kể
5	An toàn	Rủi ro điện giật khi thao tác	An toàn tuyệt đối (không tiếp xúc trực tiếp)

1.4.3. Phân tích lợi ích dài hạn

- Tiết kiệm điện năng: Nhờ tính năng hẹn giờ và kiểm soát trạng thái thời gian thực, máy bơm không còn tình trạng chạy dư thừa hoặc quên tắt, giúp tiết kiệm khoảng 10-15% lượng điện tiêu thụ hàng tháng cho trạm bơm.

- Tăng tuổi thọ thiết bị: Việc ngăn chặn được các rung động do lệch pha và sự quá nhiệt do quá tải giúp kéo dài tuổi thọ động cơ thêm ước tính từ 3 đến 5 năm, giảm chi phí khấu hao tài sản cho nhà trường.

- Giá trị làm lợi: Với chi phí đầu tư thấp (khoảng 1,75 triệu VNĐ) so với thiệt hại tiềm tàng (16 triệu VNĐ/sự cố), sáng kiến mang lại giá trị làm lợi trực tiếp và gián tiếp cho nhà trường hàng chục triệu đồng mỗi năm.

2. Đánh giá kết quả thu được

2.1. Tính mới, tính sáng tạo

2.1.1 Tính mới (Novelty):

- Chuyển đổi phương thức quản trị hạ tầng: Sáng kiến đã thực hiện bước nhảy vọt từ mô hình quản lý thiết bị thuần túy cơ học (điều khiển tại chỗ, bảo vệ bằng cầu chì/aptomat) sang mô hình Quản trị thiết bị số (Digital Device Management). Đây là sự ứng dụng cụ thể của cuộc Cách mạng Công nghiệp 4.0 vào công tác quản trị cơ sở vật chất tại nhà trường.

- Giải pháp bảo vệ toàn diện (Comprehensive Protection): Khác với hệ thống cũ chỉ bảo vệ ngắn mạch, hệ thống mới giới thiệu khả năng tự động nhận diện và xử lý các lỗi điện áp phức tạp (mất pha, đảo pha, lệch pha) thông qua Rơ le kỹ thuật số XJ3-D – một tính năng trước đây thường chỉ có trong các tủ điện công nghiệp cao cấp.

- Cơ chế phản hồi thời gian thực (Real-time Feedback): Lần đầu tiên, trạng thái của máy bơm không chỉ được quan sát trực tiếp mà còn được "số hóa" gửi về

điện thoại di động dưới dạng thông báo đẩy (Push Notification), giúp người quản lý nắm bắt tình hình mọi lúc, mọi nơi.

2.1.2 Tính sáng tạo (Creativity):

- Thiết kế mạch điều khiển "Lai" (Hybrid Logic Design): Điểm sáng tạo nằm ở việc thiết kế mạch điều khiển theo chuỗi logic nối tiếp giữa các thiết bị bảo vệ truyền thống và module IoT. Cách tiếp cận này đảm bảo: Module thông minh chỉ đóng vai trò truyền lệnh, còn các rơ le bảo vệ đóng vai trò "chốt chặn cuối cùng", giúp hệ thống hoạt động ổn định kể cả khi mất kết nối Internet.

- Tối ưu hóa nguồn lực (Resource Optimization): Tác giả không thay thế toàn bộ tủ điện mà thực hiện giải pháp "Retrofitting" (Cải tiến trên nền cũ). Việc tính toán để tích hợp các thiết bị hiện đại vào không gian tủ điện sẵn có đòi hỏi sự nghiên cứu kỹ lưỡng về sơ đồ đi dây và khả năng tương thích của các linh kiện khác đời, giúp giảm 70% chi phí so với việc lắp mới hoàn toàn.

- Cá nhân hóa quy trình vận hành: Sáng tạo trong việc thiết lập các kịch bản tự động hóa (Automation Scenes) như: Hẹn giờ bơm theo chu kỳ sinh hoạt của nhà trường, tự động tắt khi có sự cố điện áp, giúp cá nhân hóa quy trình vận hành phù hợp với đặc thù của Trường Cao đẳng Lạng Sơn.

2.2. Khả năng áp dụng và lợi ích thiết thực của sáng kiến:

a) Khả năng áp dụng hoặc áp dụng thử, nhân rộng:

- Đã áp dụng thử thành công tại trạm bơm của trường.
- Có thể nhân rộng cho các trạm bơm khác trong và ngoài trường, các hệ thống động cơ 3 pha tương tự.

- Điều kiện áp dụng: Cần có nguồn điện 3 pha ổn định, sóng Wifi ổn định, tủ điện đủ không gian lắp đặt, người vận hành được hướng dẫn cơ bản.

b) Khả năng mang lại lợi ích thiết thực:

* Lợi ích kinh tế:

- Giảm chi phí sửa chữa ước tính 3 triệu đồng/năm.
- Tăng tuổi thọ động cơ, giảm thời gian dừng máy.
- Tiết kiệm điện năng do hạn chế động cơ chạy không tải hoặc lệch pha.

* Lợi ích xã hội:

- Đảm bảo an toàn cho người và thiết bị, giảm thiểu công sức cho người vận hành.

- Duy trì ổn định hoạt động cấp nước cho nhà trường.
- Có thể sử dụng làm mô hình giảng dạy thực tế cho sinh viên.
- Số tiền làm lợi ước tính: 4 triệu đồng/năm (bao gồm chi phí sửa chữa, thay thế thiết bị và điện năng tiết kiệm).

IV – KẾT LUẬN

Sáng kiến "**Lắp đặt mạch bảo vệ và điều khiển đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh cho máy bơm nước 3 pha**" đã hoàn thành các mục tiêu đề ra và giải quyết triệt để những bất cập tại trạm bơm của Trường Cao đẳng Lạng Sơn. Qua quá trình triển khai, tôi rút ra các kết luận sau:

Về mặt kỹ thuật: Mạch bảo vệ kết hợp giữa rơ le chuyên dụng và công nghệ IoT hoạt động rất ổn định, đảm bảo tự động ngắt nguồn tức thì khi xảy ra sự cố mất pha, quá tải hay ngắn mạch.

Về mặt quản lý: Việc tích hợp điều khiển qua điện thoại thông minh giúp hiện đại hóa quy trình vận hành, giải phóng sức lao động khi không cần di chuyển trực tiếp đến trạm bơm mà vẫn đảm bảo giám sát được trạng thái thiết bị mọi lúc, mọi nơi.

Về mặt kinh tế: Sáng kiến giúp kéo dài tuổi thọ động cơ, loại bỏ hoàn toàn chi phí sửa chữa do cháy nổ thiết bị (ước tính tiết kiệm 3 triệu đồng/năm) và hạn chế lãng phí điện năng.

Về khả năng nhân rộng: Mô hình này có chi phí lắp đặt thấp, linh kiện dễ tìm kiếm, phù hợp để áp dụng cho tất cả các hệ thống bơm nước hoặc động cơ 3 pha khác trong toàn trường và các đơn vị có điều kiện tương tự.

Hướng phát triển: Trong tương lai, tôi sẽ nghiên cứu tích hợp thêm các cảm biến báo cạn, báo đầy và hệ thống giám sát dòng điện trực tuyến để hoàn thiện hệ thống quản lý trạm bơm tự động hóa hoàn toàn.

Khuyến nghị: Hiện tại khu vực trạm bơm đặt xa nguồn phát Wifi của trường nên sóng yếu đôi khi gây mất tín hiệu đến thiết bị, trong thời gian tới cần lắp đặt thêm bộ tiếp sóng wifi hoặc đường truyền internet riêng để hệ thống hoạt động ổn định, không bị gián đoạn quá trình điều khiển.

Trong quá trình bơm nước đôi khi xuất hiện sự cố máy bơm chạy không tải do đường ống hút nước bị hở nên không hút được nước lên, sự cố này nếu kéo dài gây tổn hại động cơ, lãng phí điện năng. Để khắc phục cần vệ sinh và gia cố lại đường

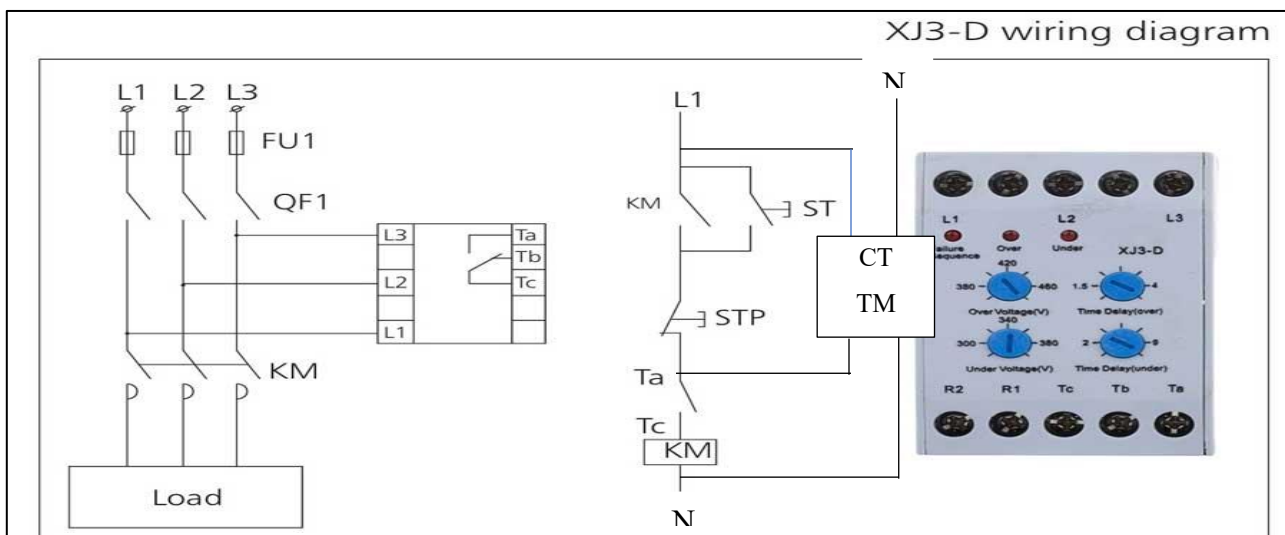
ống hút nước từ bể lên máy bơm đồng thời lắp đặt thêm cảm biến nhiệt độ lên thân động cơ, thiết bị này sẽ ngắt điện kịp thời tránh cho động cơ chạy không tải.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Bình Khiêm, Giáo trình Kỹ thuật điện, NXB Giáo dục, 2020.
2. Trần Văn Định, Thiết kế hệ thống bảo vệ động cơ điện 3 pha, Tạp chí Điện tử, số 5/2019.
3. Catalog hướng dẫn sử dụng Rơ le bảo vệ pha XJ3-D – Chint Electric.
4. TCVN 7447-1:2010, Hệ thống lắp đặt điện của các tòa nhà.
5. Hướng dẫn lắp đặt và vận hành động cơ điện 3 pha, Công ty cổ phần Thiết bị điện Việt Nam.

PHỤ LỤC 1:

Hình 1: Sơ đồ nguyên lý mạch bảo vệ máy bơm nước 3 pha, điều khiển đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh



Mô tả: Sơ đồ nguyên lý mạch bảo vệ máy bơm nước 3 pha, điều khiển đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh

Hình 2: Ảnh lắp đặt thực tế tại trạm bơm



Mô tả: Tủ điện được lắp đặt bao gồm: (1) Aptomat tổng 3 pha, (2) Rơ le bảo vệ pha Chint XJ3-D, (3) Contactor khởi động từ, (4) Cầu chì bảo vệ mạch điều khiển, (5) Công tắc thông minh điều khiển từ xa, (6) Nút nhấn Start/Stop.

PHỤ LỤC 2:

Dự toán kinh phí lắp đặt mạch bảo vệ máy bơm nước 3 pha, điều khiển đóng ngắt từ xa qua điện thoại thông minh

STT	Tên thiết bị	Thông số kỹ thuật	Số lượng	Đơn giá (Ước tính)	Thành tiền
1	Rơ le bảo vệ pha	Chint XJ3-D (Bảo vệ mất pha, lệch pha, đảo pha)	01 bộ	600.000đ	600.000
2	Module điều khiển Wi-Fi	Loại 1 kênh, hỗ trợ App eWeLink/Tuya, nguồn 220V	01 bộ	200.000đ	200.000
3	Contactor (Khởi động từ)	LS MC-22b (Dòng định mức 22A, cuộn hút 220V)	01 bộ	350.000đ	350.000
4	Rơ le nhiệt	LS MT-32 (Dải điều chỉnh phù hợp động cơ 7.5kW)	01 bộ	220.000đ	220.000
5	Aptomat (CB) 3 pha	3P - 32A (Bảo vệ ngắn mạch)	01 bộ	230.000đ	230.000
6	Vật tư phụ	Đèn báo, nút nhấn Start/Stop, dây dẫn, đầu cốt	1 gói	150.000đ	150.000
TỔNG CỘNG					1.750.000

XÁC NHẬN CỦA CƠ QUAN ĐƠN VỊ
ÁP DỤNG SÁNG KIẾN
(Ký tên, đóng dấu)
(Đối với CSTĐ, Bằng khen)

TÁC GIẢ
(Ký tên)

Lương Việt Toàn