

**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN**

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỆN

CHUYÊN NGÀNH: HỆ THỐNG ĐIỆN

ĐỀ TÀI:

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP PHÁT HIỆN SỰ CỐ MÁY
CẮT HỢP BỘ TRUNG ÁP TRONG NHÀ MÁY THỦY
ĐIỆN KHÔNG H'NĂNG**

Người hướng dẫn : **TS LƯU NGỌC AN**

: **THS NGUYỄN ĐĂNG HÙNG**

Người phản biện : **PGS.TS NGÔ VĂN DƯỠNG**

Sinh viên thực hiện : **NGUYỄN THANH TÙNG**

Lớp : **20DCLC3**

MSSV : **105200253**

Đà Nẵng, 06/2025

NHẬN XÉT ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

I. Thông tin chung

- Họ và tên sinh viên: Nguyễn Thanh Tùng
- Lớp: 20DCLC3 Số thẻ SV: 105200253
- Tên đề tài: Nghiên cứu giải pháp phát hiện sự cố máy cắt hợp bộ trung áp trong nhà máy Thủy điện Krông H'nh
- Người hướng dẫn: Lưu Ngọc An Học hàm/ học vị: Tiến Sĩ
- Người hướng dẫn: Nguyễn Đăng Hùng Học hàm/ học vị: Thạc Sĩ

II. Nhận xét đồ án tốt nghiệp

- Ngày tính cấp thiết, sáng tạo và ứng dụng của đồ án: (điểm đánh giá tối đa là 2đ)
.....
.....
- Về kết quả giải quyết các nội dung nhiệm vụ yêu cầu của đồ án: (điểm tối đa là 4đ)
.....
.....
- Về hình thức, cấu trúc, bố cục của đồ án tốt nghiệp: (điểm đánh giá tối đa là 2đ)
.....
.....
- NCKH: (nếu có bài báo khoa học hoặc ĐATN là đề tài NCKH: cộng thêm 1đ)
.....
.....
- Các tồn tại, thiếu sót cần bổ sung, chỉnh sửa:
.....
.....

III. Tinh thần, thái độ làm việc của sinh viên: (điểm đánh giá tối đa 1đ)

.....
.....

IV. Đánh giá:

- Điểm đánh giá: /10 (điểm đánh giá có thể cho lẻ đến mức 0.5)
- Đề nghị: Được bảo vệ đồ án/ Bổ sung thêm để bảo vệ/ Không được bảo vệ

Đà Nẵng, ngày ... tháng... năm 2025

NHẬN XÉT PHẢN BIỆN ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

I. Thông tin chung

1. Họ và tên sinh viên: Nguyễn Thanh Tùng
Số thẻ SV: 105200253
2. Lớp: 20DCLC3
3. Tên đề tài: Nghiên cứu giải pháp phát hiện sự cố máy cắt hợp bộ trung áp trong nhà máy Thủy điện Krông H' năng
4. Người hướng dẫn: Lưu Ngọc An
Học hàm/ học vị: Tiến Sĩ
5. Người hướng dẫn: Nguyễn Đăng Hùng
Học hàm/ học vị: Thạc Sĩ

II. Nhận xét, đánh giá đồ án tốt nghiệp

TT	Các chỉ tiêu đánh giá	Điểm tối đa	Điểm trừ	Điểm còn lại
1	Sinh viên có phương pháp nghiên cứu phù hợp, giải quyết đủ nhiệm vụ đồ án được giao	80		
1a	- Hiểu và vận dụng được kiến thức Toán và khoa học tự nhiên trong vấn đề nghiên cứu	15		
1b	- Hiểu và vận dụng được kiến thức cơ sở và chuyên ngành trong vấn đề nghiên cứu	25		
1c	- Có kỹ năng vận dụng thành thạo các phần mềm mô phỏng, tính toán trong vấn đề nghiên cứu	10		
1d	- Có kỹ năng đọc, hiểu tài liệu bằng tiếng nước ngoài ứng dụng trong vấn đề nghiên cứu	10		
1e	- Có kỹ năng làm việc nhóm, kỹ năng giải quyết vấn đề	10		
1f	- Đề tài có giá trị khoa học, công nghệ; có thể ứng dụng thực tiễn:	10		
2	Kỹ năng viết:	20		
2a	- Bố cục hợp lý, lập luận rõ ràng, chặt chẽ, lời văn súc tích	15		
2b	- Thuyết minh đồ án không có lỗi chính tả, in ấn, định dạng	5		
3	Tổng điểm đánh giá: theo thang 100			
	Quy về thang 10 (lấy đến 1 số lẻ)			

CÂU HỎI PHẢN BIỆN ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

I. Thông tin chung

- Họ và tên sinh viên: Nguyễn Thanh Tùng
- Lớp: 20DCLC3 Số thẻ SV: 105200253
- Tên đề tài: Nghiên cứu giải pháp phát hiện sự cố máy cắt hợp bộ trung áp trong nhà máy Thủy điện Krông H'nh
- Người hướng dẫn: Lưu Ngọc An Học hàm/ học vị: Tiến Sĩ
- Người hướng dẫn: Nguyễn Đăng Hùng Học hàm/ học vị: Thạc Sĩ

II. Các câu hỏi đề nghị sinh viên trả lời

-
.....
-
.....

Đáp án: (người phản biện ghi vào khi chấm và nộp cùng với hồ sơ bảo vệ)

-
.....
.....
.....
-
.....
.....
.....

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2025

Người phản biện

TÓM TẮT

Tên đề tài : Nghiên cứu giải pháp phát hiện sự cố máy cắt hợp bộ trung áp trong nhà máy Thủy điện Krông H'ăng

Họ tên sinh viên: Nguyễn Thanh Tùng Số thẻ sinh viên: 105200253 Lớp: 20DCLC3

Đề tài “NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP PHÁT HIỆN SỰ CỐ MÁY CẮT HỢP BỘ TRUNG ÁP TRONG NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN KRÔNG H'ĂNG” sẽ tập trung nghiên cứu giải pháp phát hiện sự cố máy cắt hợp bộ trung áp trong nhà máy Thủy điện Krông H'ăng.

Đề án sẽ gồm 4 chương:

- Chương 1: Giới thiệu tổng quan về máy cắt hợp bộ trung áp
Chương này giới thiệu tổng quan về máy cắt hợp bộ trung áp trong nhà máy thủy điện, tập trung vào cấu tạo, nguyên lý hoạt động và vai trò của nó.
- Chương 2: Các sự cố thường gặp của máy cắt hợp bộ trung áp.
Chương này sẽ phân loại và mô tả các loại sự cố điện khí, cơ học và điều khiển thường gặp trong máy cắt hợp bộ.
- Chương 3: Phân tích lựa chọn mạch giám sát nhiệt độ sự cố máy cắt hợp bộ trung áp
Chương này sẽ phân loại mạch giám sát gồm các thành phần chính như nguyên lý hoạt động và ứng dụng thực tế của cảm biến nhiệt, bộ chuyển đổi tín hiệu và vi xử lý, đồng thời trình bày xử lý dữ liệu nhiệt độ và đánh giá các loại cảm biến đề xuất lắp đặt cảm biến phù hợp cho nhà máy .
- Chương 4: Nghiên cứu lắp đặt thiết bị cảm biến nhiệt độ không dây ptsp061 tại nhà máy.
Chương này sẽ khảo sát và triển khai thực tế cảm biến nhiệt độ không dây PTSP S061 tại nhà máy thủy điện Krông H'ăng (bao gồm khảo sát vị trí, lắp đặt cảm biến), thu thập và thử nghiệm thực tế để đánh giá độ ổn định, độ chính xác và hiệu quả vận hành của hệ thống.

Tổng kết các kết quả nghiên cứu, đánh giá hiệu quả của giải pháp giám sát nhiệt độ và phân tích các đóng góp của đề tài.

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

TT	Họ và tên sinh viên	Số thẻ SV	Lớp	Ngành
1	Nguyễn Thanh Tùng	105200253	20DCLC3	Kỹ thuật điện

6. *Tên đề tài:* Nghiên cứu giải pháp phát hiện sự cố máy cắt hợp bộ trung áp trong nhà máy Thủy điện Krông H' năng
7. *Đề tài thuộc diện:*
8. *Các số liệu và dữ liệu ban đầu:*
9. *Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:*
 - Chương 1: Giới thiệu tổng quan về máy cắt hợp bộ trung áp
 - Chương 2: Các sự cố thường gặp của máy cắt hợp bộ trung áp
 - Chương 3: Phân tích lựa chọn mạch giám sát nhiệt độ sự cố máy cắt hợp bộ trung áp
 - Chương 4: Nghiên cứu lắp đặt thiết bị cảm biến nhiệt độ không dây ptsps061 tại nhà máy.
10. *Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):*
11. *Họ tên người hướng dẫn:*

TT	Họ và tên người hướng dẫn	Đơn vị
1	TS.Lưu Ngọc An	Khoa điện – Trường Đại học Bách Khoa Đại học Đà Nẵng

12. Ngày giao nhiệm vụ đồ án: 00/ 00/ 2025

13. Ngày hoàn thành đồ án: 00/ 00/2025

Đà Nẵng, ngày ... tháng năm 2025

Trưởng bộ môn hệ thống điện

Người hướng dẫn

TS.Trịnh Trung Hiếu

TS.Lưu Ngọc An

LỜI NÓI ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong bối cảnh nhà máy thủy điện hoạt động liên tục và chịu tác động của môi trường khắc nghiệt, đề tài “Nghiên cứu giải pháp phát hiện sự cố máy cắt hợp bộ trung áp nhà máy thủy điện không hnăng” trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết. Các máy cắt hợp bộ trung áp giữ vai trò then chốt trong việc bảo vệ hệ thống điện, đảm bảo an toàn và duy trì sự ổn định của toàn bộ hệ thống bằng cách thực hiện đóng – cắt mạch, cách ly và tiếp đất khi phát hiện sự cố. Việc phát hiện sớm các dấu hiệu bất thường, đặc biệt là qua giám sát nhiệt độ, giúp ngăn chặn sự cố lan rộng, giảm thiểu rủi ro hư.

2. Mục đích của đề tài

là nghiên cứu và đề xuất các giải pháp tiên tiến nhằm phát hiện sớm các sự cố của máy cắt hợp bộ trung áp thông qua việc giám sát nhiệt độ và các chỉ số liên quan khác. Qua đó, đề tài hướng tới việc cải thiện độ tin cậy của hệ thống điện trong nhà máy thủy điện, giảm thiểu thời gian gián đoạn và tăng cường an toàn cho người vận hành.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: Máy cắt hợp bộ trung áp trong hệ thống điện của nhà máy thủy điện không hnăng.

- Phạm vi nghiên cứu: Tập trung vào việc phân tích cấu tạo, chức năng, nguyên lý hoạt động của máy cắt hợp bộ trung áp, đồng thời nghiên cứu các giải pháp giám sát nhiệt độ để phát hiện sớm các dấu hiệu bất thường, nhằm nâng cao độ tin cậy và an toàn cho hệ thống điện trong nhà máy thủy điện.

4. Phương pháp nghiên cứu

Để có thể nghiên cứu được đề tài thì em đã sử dụng phương pháp tìm kiếm, đọc dịch và tổng hợp lý thuyết từ nhiều tài liệu, để có thể khai thác được những đặc điểm và nắm bắt rõ hơn các vấn đề quan trọng trong các sự cố máy cắt hợp bộ trung áp trong nhà máy.

LỜI CẢM ƠN

Trong thời gian thực hiện đề án tốt nghiệp, em đã nhận được nhiều sự giúp đỡ, đóng góp ý kiến và chỉ bảo nhiệt tình của thầy cô, gia đình và bạn bè.

Em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến **TS. Lưu Ngọc An** và **THS. Nguyễn Đăng Hùng**, giảng viên bộ môn Điện Hệ Thống, khoa Điện - Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo em trong suốt quá trình thực hiện đề án tốt nghiệp.

Em cũng xin chân thành cảm ơn quý thầy cô trong nhà trường nói chung, các thầy cô trong khoa Điện, bộ môn Điện Hệ thống nói riêng đã dạy dỗ cho em kiến thức về các môn đại cương cũng như các môn chuyên ngành, giúp em có được cơ sở lý thuyết vững vàng và tạo điều kiện giúp đỡ em trong suốt quá trình học tập.

Cuối cùng em xin chân thành cảm ơn gia đình và bạn bè, đã luôn tạo điều kiện, quan tâm, giúp đỡ, động viên em trong quá trình học tập và hoàn thành đề án tốt nghiệp.

Đà Nẵng, ngày tháng năm 2025

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Thanh Tùng

CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nêu trong đề án tốt nghiệp là trung thực và chưa từng được công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tôi xin cam đoan rằng mọi sự giúp đỡ cho việc thực hiện đề án này đã được cảm ơn và các thông tin trích dẫn trong luận văn đã được chỉ rõ nguồn gốc rõ ràng và được phép công bố.

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Thanh Tùng

MỤC LỤC

TÓM TẮT	vii
NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP	viii
LỜI NÓI ĐẦU	ix
LỜI CẢM ƠN	x
CAM ĐOAN	xi
MỤC LỤC	xii
DANH MỤC VIẾT TẮT	xiv
DANH SÁCH HÌNH ẢNH	xv
DANH SÁCH BẢNG	xvii
CHƯƠNG I: TỔNG QUAN VỀ MÁY CẮT HỢP BỘ TRUNG ÁP TRONG NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN	1
1.1. Giới thiệu về máy cắt hợp bộ trung áp	1
1.1.1. Cấu tạo của máy hợp bộ trung áp	2
1.1.2. Khái niệm và vai trò của máy cắt hợp bộ trung áp	4
1.1.3. Nguyên Lý Hoạt Động của Máy Cắt Hợp Bộ Trung Áp	5
1.1.4. Ứng dụng của máy cắt hợp bộ trung áp trong Nhà máy Thủy điện	5
1.2. Giới thiệu các loại cảm biến nhiệt độ	6
1.2.1. Cảm biến nhiệt độ có dây RTD	6
1.2.2. Cảm biến nhiệt độ không dây PTSPS061	7
CHƯƠNG II: CÁC SỰ CỐ THƯỜNG GẶP CỦA MÁY CẮT HỢP BỘ TRUNG ÁP	9
2.1. Phân loại sự cố	9
2.1.1. Sự cố do suy giảm cách điện	9
2.1.2. Sự cố do hỏng hóc cơ khí	10
2.2. Đặc điểm nhận dạng sự cố	11

2.2.1.	Đặc điểm nhận dạng sự cố do suy giảm cách điện	11
2.2.2.	Đặc điểm nhận dạng sự cố do hỏng hóc cơ khí.....	12
2.3.	Giải pháp, biện pháp phòng ngừa và khắc phục	13
CHƯƠNG III: PHÂN TÍCH LỰA CHỌN MẠCH GIÁM SÁT NHIỆT ĐỘ SỰ CỐ		
MÁY CẮT HỢP BỘ TRUNG ÁP		16
3.1.	Thực trạng tại nhà máy thủy điện Krông H'nhăng	16
3.2.	Nhu cầu cấp thiết của hệ thống giám sát nhiệt độ.....	17
3.3.	Phân loại các cảm biến giám sát nhiệt độ.....	17
3.3.1.	Cảm biến giám sát nhiệt độ có dây	17
3.3.2.	Cảm biến giám sát nhiệt độ không dây	24
3.4.	Đề xuất triển khai thực tế	39
CHƯƠNG IV: NGHIÊN CỨU LẮP ĐẶT THIẾT BỊ CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ		
KHÔNG DÂY PTSPS061 TẠI NHÀ MÁY.....		42
4.1.	Khi lắp thiết bị cảm biến nhiệt độ không dây PowerTech PTSPS061 cho nhà máy	42
4.1.1.	Nguyên lý hoạt động sau khi lắp lắp thiết bị cảm biến nhiệt độ không dây PTSPS061 cho nhà máy.....	43
4.1.2.	So sánh trước và sau khi ứng dụng cảm biến nhiệt độ	55
4.2.	Tổng kết kết quả nghiên cứu	56
4.3.	Đóng góp của đề tài	57
TÀI LIỆU THAM KHẢO		59

DANH MỤC VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Tên
PLC	Bộ điều khiển logic lập trình (Programmable Logic Controller)
HMI	thiết bị để giao tiếp giữa người vận hành và máy móc (Human-Machine Interface)
RTD	Cảm biến nhiệt độ điện trở (Resistance Temperature Detector)
EMI	Nhiều điện từ (lectromagnetic Interference)
SLD	Sơ đồ điện một đường (Single Line Diagram)
(M & T)	Giám sát & Đặt mục tiêu năng lượng (Monitoring & Targeting)
ISM	Industrial, Scientific, and Medical
TCP/IP	Giao thức Điều khiển Truyền tải / Giao thức Internet (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)
MQTT	Giao thức truyền tải dữ liệu từ xa qua tin nhắn (Message Queuing Telemetry Transport)
HTTP API	Giao diện lập trình ứng dụng sử dụng HTTP để trao đổi dữ liệu giữa client và server (Hypertext Transfer Protocol Application Programming Interface)
IoT	Mạng lưới thiết bị kết nối Internet (Internet of Things)

DANH SÁCH HÌNH ẢNH

Hình 1.1. Máy cắt hợp bộ trung áp trong nhà máy.....	1
Hình 1.2. Máy cắt hợp bộ trung áp	2
Hình 1.3. Ngăn máy cắt.....	3
Hình 1.4 . Giám sát và điều khiển từ xa.....	6
Hình 1.5 . Đầu Dò Nhiệt Độ Pt100 - Can Nhiệt	7
Hình 1.6 . cảm biến nhiệt độ không dây PTSPS061	7
Hình 2.1 .Một số hình ảnh thực tế về tiếp điểm bị cháy rỗ.....	11
Hình 2.2 . lắp cảm biến trên bề mặt tiếp điểm máy cắt.....	14
Hình 3.1 . Kỹ sư đang kiểm tra bằng cách đo thủ công máy cắt trung áp hợp bộ.....	16
Hình 3.2 . Thiết bị cảm biến giám sát nhiệt độ có dây RTD PT100	18
Hình 3.3 . sơ đồ đấu dây 03 loại cảm biến Pt100.....	19
Hình 3.4 . Cấu tạo của cảm biến RTD	21
Hình 3.5 . mô phỏng thiết bị hoạt động.....	22
Hình 3.6 . Sơ đồ kết nối hệ thống giám sát nhiệt độ [7].....	25
Hình 3.7 . Hệ thống cấu trúc liên kết của cảm biến nhiệt độ không dây tự cấp nguồn[4]	25
Hình 3.8. Các tính năng tuyệt vời của cảm biến không dây tự cấp nguồn.....	26
Hình 3.9 . Kích thước thực tế của Cảm biến PTSPS061.....	28
Hình 3.10. Thiết bị đầu cuối nhận [4]	32
Hình 3.11 . giao diện màn hình HMI (Human-Machine Interface).....	35
Hình 3.12 . Màn hình ở chế độ cho phép cài đặt thông số ngưỡng[4]	36
Hình 3.13 . Giao diện biểu đồ nhiệt độ - GRAPH.....	36
Hình 3.14 . Giao diện hiển thị EVENTS.....	37
Hình 3.15 . Giao diện cài đặt “SETTINGS” của màn hình.	38
Hình 4.1 .Lắp thiết bị cảm biến nhiệt độ không dây PowerTech PTSPS061 cho nhà máy	42
Hình 4.2. module truyền nhận vô tuyến sử dụng tần số (RF 433 MHz Transmitter/Receiver module)	44
Hình 4.3. Giao tiếp qua RS485[9].....	46
Hình 4.4 . Hệ thống giám sát tích hợp thông minh cho thiết bị điện qua IoT	51
Hình 4.5 . Lợi ích của Phần mềm giám sát VizionEye™	50
Hình 4.6 . Hiển thị các thông tin giám sát thực tế tại trạm biến áp 500 kV	51
Hình 4.7 .Giao diện giám sát nhiệt độ thời gian thực của một thiết bị trong trạm điện 500 kV	52

Hình 4.8 . Biểu đồ theo dõi nhiệt độ qua thời gian cho một điểm giám sát cụ thể trong trạm biến áp.....	52
Hình 4.9. Cảm biến nhiệt không dây lắp tại tiếp điểm máy cắt 901.....	53
Hình 4.10. Màn hình HMI giám sát lắp tại tủ	54
Hình 4.11. Giám sát thông số nhiệt độ tại màn hình HMI khi tổ máy phát điện.....	54

DANH SÁCH BẢNG

Bảng 3.1. Thông số kỹ thuật của cảm biến RTD PT100	21
Bảng 3.2. Thông số kỹ thuật của cảm biến PTSPS061[4]	27
Bảng 3.3 . So sánh 2 phương án cảm biến giám sát nhiệt độ mạch có dây RTD Pt100 và không dây Mạch không dây PTSPS061	32
Bảng 3.4. Lý do chọn loại cảm biến nhiệt độ không dây PowerTech PTSPS061	39
Bảng 4.1. so sánh trước và sau khi lắp cảm biến nhiệt độ không dây.....	56

CHƯƠNG I: TỔNG QUAN VỀ MÁY CẮT HỢP BỘ TRUNG ÁP TRONG NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN

1.1. Giới thiệu về máy cắt hợp bộ trung áp

Medium Voltage Integrated Switchgear là một bộ phận quan trọng trong hệ thống phân phối và điều khiển điện áp trung cấp (thường từ 1 kV đến 35 kV, trong một số trường hợp phổ biến là khoảng 10,5 kV). Thiết bị này tích hợp một loạt các thành phần bảo vệ, điều khiển và đo đạc, được đóng gói trong một cấu trúc khép kín nhằm đảm bảo an toàn, độ tin cậy và dễ dàng bảo trì. Máy cắt hợp bộ trung áp là thiết bị điện tích hợp nhiều chức năng – gồm đóng/cắt mạch, cách ly và tiếp đất – trong một khung thiết bị duy nhất. Với cấp điện áp 10,5 kV, thiết bị này chủ yếu được sử dụng để điều khiển, bảo vệ và phân phối điện trong các hệ thống phân phối điện trung áp, giúp ngăn chặn sự lan rộng của lỗi điện và đảm bảo an toàn cho người và thiết bị.

Máy cắt hợp bộ trung áp được sử dụng phổ biến trong các trạm biến áp, hệ thống lưới điện công nghiệp, nhà máy và các khu vực dân dụng đòi hỏi sự ổn định và an toàn cao. Việc đáp ứng các tiêu chuẩn quốc gia và quốc tế (ví dụ như GB3906-1991, IEC) đảm bảo rằng sản phẩm luôn đạt được hiệu suất và độ tin cậy cần thiết[1].



Hình 1.1. Máy cắt hợp bộ trung áp trong nhà máy

1.1.1. Cấu tạo của máy hợp bộ trung áp

1.1.1.1. Vỏ tủ và khung kết cấu

Máy cắt hợp bộ trung áp được bảo vệ bên ngoài bởi một khung vỏ chắc chắn, thường làm từ kim loại có độ dày khoảng 2 mm. Lớp phủ bề mặt (sơn hoặc mạ) được áp dụng để ngăn ngừa sự ăn mòn và tác động của môi trường. Khung kết cấu này đảm bảo rằng các linh kiện bên trong được che chắn an toàn khỏi các tác động cơ học và thời tiết[2].



Hình 1.2. Máy cắt hợp bộ trung áp

1.1.1.2. Bên trong tủ

- Ngăn máy cắt : Nơi chứa các thiết bị đóng – cắt như máy cắt điện, dao cắt tải và dao cách ly. Các bộ phận này tự động đóng, ngắt mạch khi phát sinh sự cố, đảm bảo ngắt mạch kịp thời trong các tình huống an toàn.



Hình 1.3. Ngăn máy cắt

- Ngăn đầu nối cáp : Khu vực này chứa các phụ kiện và khay cáp dùng để kết nối dây cáp nguồn và dây tải, giúp duy trì mạch điện được bố trí khoa học và đạt yêu cầu cách điện.
- Ngăn thanh dẫn (busbar) : Bao gồm các thanh dẫn điện được làm từ vật liệu có độ dẫn tốt như đồng hoặc nhôm, phân phối dòng điện từ nguồn đến các tải phụ bên trong tủ.
- Ngăn điều khiển và giám sát : Đây là nơi đặt các thiết bị đo lường (điện áp, dòng điện, công suất) và hệ thống điều khiển (thường là PLC, HMI hoặc rơ le số) để theo dõi và quản lý các thông số hoạt động của máy cắt [2].

1.1.1.3. Hệ thống đóng – cắt và bảo vệ

Máy cắt hợp bộ tích hợp nhiều thiết bị nhằm đảm bảo quá trình đóng – cắt diễn ra một cách an toàn và chính xác.

- Thiết bị ngắt mạch: Đây là bộ phận chính, sử dụng công nghệ chân không hoặc khí SF₆, có khả năng dập tắt hồ quang nhanh chóng khi có sự cố như ngắn mạch hoặc quá tải.

- Dao cách ly và dao cắt tải: Các thành phần này có nhiệm vụ cách ly mạch điện khi cần bảo trì hoặc xử lý sự cố, đảm bảo các phần không bị ảnh hưởng lẫn nhau.
- Cầu chì và rơ le bảo vệ: Các bộ phận này giám sát dòng điện và kích hoạt chức năng ngắt mạch khi vượt qua giới hạn cho phép, giúp bảo vệ toàn hệ thống khỏi các tình huống nguy hiểm[2].

1.1.1.4. Hệ thống cách điện và làm mát

Các thành phần bên trong tủ được tách biệt bằng các vật liệu cách điện chuyên dụng nhằm ngăn chặn sự truyền tải điện không mong muốn

- Bộ cách điện nội bộ: Bao gồm các lớp tấm cách điện được bố trí giữa các ngăn và các thiết bị để đảm bảo cách ly giữa các mạch điện có điện áp khác nhau.
- Hệ thống làm mát: Nếu máy cắt vận hành liên tục với tải lớn, có thể áp dụng hệ thống làm mát (qua quạt hoặc thông gió tự nhiên) để duy trì nhiệt độ ổn định bên trong tủ, bảo vệ các linh kiện khỏi quá nhiệt[2].

1.1.1.5. Hệ thống nối đất và điều khiển

- Hệ thống nối đất: Toàn bộ các bộ phận kim loại, bao gồm vỏ tủ và khung, được nối đất hợp lý để giảm nguy cơ điện giật và đảm bảo an toàn khi có lỗi điện.
- Bộ điều khiển và giám sát: Các hệ thống này (PLC, rơ le số, giao diện HMI) cho phép theo dõi thời gian thực thông số hoạt động của máy cắt và kích hoạt các chức năng bảo vệ khi cần thiết, đồng thời cung cấp khả năng điều khiển từ xa[2].

1.1.2. Khái niệm và vai trò của máy cắt hợp bộ trung áp

Máy cắt hợp bộ trung áp là thiết bị điện tích hợp nhiều chức năng – gồm đóng/cắt mạch, cách ly và tiếp đất – trong một khung thiết bị duy nhất. Với cấp điện áp 10,5 kV, thiết bị này chủ yếu được sử dụng để điều khiển, bảo vệ và phân phối điện trong các hệ thống phân phối điện trung áp, giúp ngăn chặn sự lan rộng của lỗi điện và đảm bảo an toàn cho người và thiết bị.

Trong hệ thống phân phối điện trung áp, máy cắt hợp bộ cấp 10,5 kV đảm nhận vai trò then chốt nhằm duy trì tính an toàn và ổn định cho toàn bộ mạng lưới điện. Thiết bị này có khả năng tự động ngắt mạch khi phát hiện các hiện tượng bất thường như quá tải hoặc ngắn mạch, qua đó cách ly phần mạch bị lỗi khỏi hệ thống chính để ngăn chặn thiệt hại lan rộng. Đồng thời, chức năng nổi bật được kích hoạt sau khi cắt mạch nhằm xả điện tích dư thừa, từ đó giảm nguy cơ giật điện cho người vận hành và đảm bảo an toàn trong quá trình bảo trì. Hơn nữa, nhờ tích hợp hệ thống điều khiển thông minh, máy cắt liên tục giám sát các chỉ số quan trọng như điện áp, dòng điện và nhiệt độ, cho phép phản ứng nhanh chóng với các tình huống khẩn cấp, tối ưu hóa hiệu quả vận hành và tiết kiệm không gian lắp đặt trong các trạm biến áp và nhà máy[2].

1.1.3. Nguyên Lý Hoạt Động của Máy Cắt Hợp Bộ Trung Áp

Nguyên lý hoạt động, khi hệ thống điện có hiện tượng bất thường như quá tải hoặc ngắn mạch, tín hiệu từ các cảm biến giám sát sẽ được gửi về bộ điều khiển trung tâm. Bộ điều khiển này sau đó ra lệnh kích hoạt máy cắt, khiến các bộ phận cơ khí của máy cắt – được điều khiển bởi lò xo và các cơ chế chuyển mạch – thực hiện đóng hoặc ngắt mạch trong thời gian cực ngắn. Sau khi ngắt mạch, cầu dao cách ly được vận hành để cách ly phần bị lỗi, và cầu dao tiếp đất được kích hoạt nhằm nối đất các phần còn lại của hệ thống, giúp xả điện tích dư thừa và đảm bảo an toàn cho quá trình bảo trì. Nhờ sự tích hợp chặt chẽ giữa các thành phần này, máy cắt hợp bộ trung áp 10,5 kV mang lại hiệu quả vận hành cao, giảm thiểu thời gian gián đoạn điện và đảm bảo an toàn tuyệt đối cho người vận hành cũng như thiết bị[2].

1.1.4. Ứng dụng của máy cắt hợp bộ trung áp trong Nhà máy Thủy điện

Trong môi trường hoạt động khắc khe của nhà máy thủy điện, máy cắt hợp bộ trung áp không chỉ đóng vai trò là thiết bị đóng - cắt mạch mà còn được tích hợp các chức năng giám sát, bảo vệ và điều khiển để đảm bảo hoạt động liên tục và ổn định của lưới điện.

a. Bảo vệ và cách ly sự cố : Máy cắt hợp bộ giúp phát hiện và cách ly phần mạch gặp sự cố (như ngắn mạch, quá tải, chập điện) nhanh chóng, ngăn ngừa sự lan rộng lỗi và bảo đảm an toàn cho hệ thống điện.

b. Điều phối và phân phối điện năng : Thiết bị này thực hiện chức năng chuyển mạch và điều phối dòng điện giữa các tổ máy phát và lưới điện, đảm bảo dòng điện được phân bố đồng đều và ổn định.

c. Giám sát và điều khiển từ xa : Tích hợp các cảm biến và hệ thống truyền thông (SCADA/HMI) giúp theo dõi các thông số điện (nhiệt độ, điện áp, dòng điện) theo thời gian thực, hỗ trợ việc điều chỉnh và khắc phục kịp thời các bất thường.



Hình 1.4 . Giám sát và điều khiển từ xa

d. Tăng hiệu suất và giảm thiểu rủi ro : Bằng cách đảm bảo đóng cắt chính xác và kịp thời, máy cắt hợp bộ trung áp góp phần giảm thời gian gián đoạn, nâng cao hiệu suất sản xuất điện và giảm chi phí bảo trì trong nhà máy thủy điện.

1.2. Giới thiệu các loại cảm biến nhiệt độ

1.2.1. Cảm biến nhiệt độ có dây RTD

a) Cảm biến nhiệt độ RTD (Resistance Temperature Detector): loại Pt100 và Pt1000 là các thiết bị đo nhiệt độ dựa trên sự thay đổi điện trở của vật liệu dẫn điện (thường là platinum) theo nhiệt độ. Cụ thể, cảm biến Pt100 có điện trở 100 Ω tại 0°C, trong khi Pt1000 có điện trở 1000 Ω tại cùng nhiệt độ. Những cảm biến này thường được sử dụng trong các ứng dụng yêu cầu độ chính xác cao và ổn định lâu dài.



Hình 1.5 . Đầu Dò Nhiệt Độ Pt100 - Can Nhiệt

b) Nguyên lý hoạt động: Cảm biến RTD Pt100 hoạt động dựa trên nguyên lý rằng điện trở của kim loại (thường là platinum) thay đổi theo nhiệt độ. Cụ thể, điện trở của platinum tăng tuyến tính khi nhiệt độ tăng. Tại 0°C, điện trở của Pt100 là 100 ohm. Khi nhiệt độ tăng, điện trở cũng tăng theo một tỷ lệ xác định. Bằng cách đo điện trở này, hệ thống có thể xác định nhiệt độ hiện tại. Cảm biến Pt100 thường được sử dụng trong các ứng dụng yêu cầu độ chính xác cao và ổn định lâu dài[3].

1.2.2. Cảm biến nhiệt độ không dây PTSPS061

a) Cảm biến nhiệt độ không dây PTSPS061 là một thiết bị hiện đại, sử dụng công nghệ thu năng lượng từ trường xung quanh để tự cấp nguồn, không cần pin hay nguồn điện ngoài. Thiết bị này truyền dữ liệu nhiệt độ không dây qua giao thức RF đến thiết bị thu nhận, cho phép giám sát nhiệt độ từ xa một cách hiệu quả.



Hình 1.6 . Cảm biến nhiệt độ không dây PTSPS061

b) Nguyên lý hoạt động: Cảm biến PTSPS061 là loại cảm biến nhiệt độ không dây tự cấp nguồn, hoạt động bằng cách thu năng lượng từ trường xung quanh để tự cấp nguồn, không cần pin hay nguồn điện ngoài. Cảm biến này đo nhiệt độ tại các điểm cần giám sát, sau đó truyền dữ liệu không dây đến thiết bị thu nhận thông qua giao thức RF . Điều này cho phép giám sát nhiệt độ từ xa một cách hiệu quả, đặc biệt trong các ứng dụng công nghiệp nơi việc đi dây là khó khăn hoặc không khả thi[4].

CHƯƠNG II: CÁC SỰ CỐ THƯỜNG GẶP CỦA MÁY CẮT HỢP BỘ TRUNG ÁP

2.1. Phân loại sự cố

2.1.1. Sự cố do suy giảm cách điện

a) Tác động

- Phóng điện cục bộ (Partial Discharge – PD): là hiện tượng đánh thủng nhỏ xảy ra trong lòng hoặc trên bề mặt của chất cách điện, nhưng không tạo ra một kênh dẫn điện hoàn toàn giữa hai điện cực. Tác động của sự cố sẽ tạo các tia lửa nhỏ, gây mòn và ăn mòn cách điện, hình thành kênh dẫn, đánh thủng cách điện hoàn toàn.
- Đánh thủng cách điện: Là hiện tượng cách điện không chịu nổi điện trường cao, bị xuyên thủng, tạo dòng ngắn mạch giữa các pha hoặc pha – đất. Tác động của sự cố sẽ gây hồ quang mạnh, nổ thiết bị, mất điện toàn phần.
- Rò điện bề mặt: Dòng điện nhỏ chạy dọc trên bề mặt vật liệu cách điện (như sứ, nhựa) do độ ẩm, bụi, hoặc muối bám. Tác động của sự cố sẽ gây phóng điện nhẹ, hình thành điểm nóng, tạo điều kiện cho sự cố lớn hơn.
- Cháy rỗ tiếp điểm: Khi tiếp điểm giữa hai phần dẫn điện không tiếp xúc tốt, dòng điện đi qua bị "nghẽn" sinh nhiệt cao. Tác động của sự cố sẽ nếu không gắn cảm biến nhiệt, rất khó phát hiện sớm.

b) Nguyên nhân:

Sự suy giảm cách điện trong máy cắt trung áp có thể dẫn đến các hiện tượng như Phóng điện cục bộ, Đánh thủng cách điện, Rò điện bề mặt, Cháy rỗ tiếp điểm.

- Phóng điện cục bộ: Lớp cách điện sau thời gian dài sử dụng sẽ bị lão hóa do nhiệt, độ ẩm cao và bụi bẩn. Trong quá trình đúc hoặc vận hành lâu ngày, hình thành bọt khí hoặc khe hở nhỏ bên trong vật liệu cách điện. Khi máy cắt mang điện áp 10,5kV, các điểm yếu này là nơi tập trung điện trường, phóng tia nhỏ (PD) liên tục.
- Đánh thủng cách điện: Khi hiện tượng PD kéo dài mà không được xử lý, vật liệu cách điện mất khả năng chịu điện áp. Ngoài ra, khi xảy ra quá áp đột biến, điện áp vượt quá giới hạn chịu đựng của vật liệu phóng điện xuyên qua toàn bộ lớp cách điện.
- Rò điện bề mặt: Trong điều kiện nhà máy thủy điện, độ ẩm rất cao, cùng với bụi, hơi dầu hoặc muối từ không khí bám lên bề mặt cách điện của đầu cáp, sứ xuyên. Những lớp bám bẩn này tạo ra đường dẫn dẫn điện yếu trên bề mặt xuất hiện dòng rò. Khi dòng rò lặp lại lâu ngày, sinh nhiệt, ăn mòn bề mặt, hình thành các vết cháy, rãnh rò, vết xước, làm giảm khoảng cách rò.
- Cháy rỗ tiếp điểm: Tiếp điểm giữa hai bộ phận dẫn điện không siết chặt hoặc tiếp điểm bị oxy hóa tiếp xúc không tốt. Khi dòng điện chạy qua điểm tiếp xúc kém, điện

trở tăng sinh nhiệt. Nhiệt độ cao sẽ đốt cháy lớp kim loại bề mặt, tạo thành các vết rỗ, tia lửa, hoặc thậm chí hồ quang phá hỏng lớp cách điện xung quanh.

2.1.2. Sự cố do hỏng hóc cơ khí

a) Tác động:

- Máy cắt không đóng/cắt được: Là tình trạng CB không thực hiện được thao tác đóng hoặc cắt khi có lệnh từ người vận hành hoặc rơle. Tác động của sự cố gây ra sẽ không đóng được, không cấp điện cho phụ tải. Không cắt được khi có sự cố lan truyền hư hỏng, nguy hiểm nghiêm trọng.
- Sai hành trình đóng/cắt không hết tiếp xúc: Máy cắt đã thao tác, nhưng tiếp điểm không đóng kín hoặc không cắt hoàn toàn, dẫn đến mất tiếp xúc chính xác. Tác động của sự cố gây ra sẽ ,gây hồ quang nhỏ liên tục tại điểm tiếp xúc.Làm nóng chỗ tiếp điểm hư tiếp xúc & lớp cách điện.
- Tiếp điểm bị dính, kẹt, không nhả ra được: Sau khi cắt lệnh, tiếp điểm không nhả. Tác động của sự cố gây ra sẽ không thể cô lập nguồn điện khi cần thiết mất an toàn cho thiết bị , nhân sự.
- Hỏng khóa liên động cơ khí ,thao tác sai quy trình:. Hệ thống khóa liên động giữa dao cách ly, máy cắt, tiếp địa bị lỗi cho phép thao tác sai thứ tự.

b) Nguyên nhân:

Hỏng hóc cơ khí trong máy cắt trung áp có thể dẫn đến các hiện tượng Máy cắt không đóng/cắt được, Sai hành trình đóng/cắt không hết tiếp xúc, Tiếp điểm bị dính, kẹt, Hỏng khóa liên động cơ khí.

Các nguyên nhân chính bao gồm:

- Máy cắt không đóng/cắt được: Cơ cấu truyền động (gồm lò xo nạp năng, mô tơ, trục quay, chốt khóa) bị mòn, kẹt, hoặc không bảo trì đúng chu kỳ.Khi thao tác, lò xo không đủ lực máy cắt không đóng kín hoặc không bật ra được khi cắt mạch. Ngoài ra, bụi bẩn hoặc han gỉ khiến cơ cấu chuyển động bị kẹt hoặc trượt lệch.
- Sai hành trình không hết tiếp xúc: Khi đưa máy cắt vào ngăn tủ, không đẩy đúng hành trình, hoặc ray trượt bị lệch tiếp điểm không vào khít.Cơ cấu “xe kéo” gắn sai hoặc không khớp cũng gây lỗi. Máy cắt tưởng đã đóng nhưng thực tế chỉ tiếp xúc 1 phần dễ gây hồ quang.
- Tiếp điểm bị dính, kẹt: Trong các lần đóng cắt trước đó, nếu tải lớn hoặc sự cố xảy ra, hồ quang sinh ra ở tiếp điểm làm nóng chảy và hàn dính tiếp điểm.Khi phát lệnh cắt, tiếp điểm không mở ra máy cắt vẫn giữ mạch đang cấp điện, dù đã có tín hiệu điều khiển.
- Hỏng khóa liên động cơ khí: Thiếu hoặc hỏng khóa liên động giữa máy cắt dao cách ly tiếp địa khiến người vận hành có thể thao tác sai quy trình. gây chốt liên động, lắp sai cơ cấu khóa, không bảo trì, hoặc vượt khóa bằng tay trái phép.



Hình 2.1 .Một số hình ảnh thực tế về tiếp điểm bị cháy rỗ

2.2. Đặc điểm nhận dạng sự cố

2.2.1. Đặc điểm nhận dạng sự cố do suy giảm cách điện

Sự cố do suy giảm cách điện thường phát sinh từ việc lớp cách điện bị lão hóa, ẩm ướt hoặc nhiễm bẩn, dẫn đến hiện tượng phóng điện cục bộ và hỏng hóc thiết bị.

a) Dấu hiệu nhận biết:

- Phóng điện cục bộ (Partial Discharge): Xuất hiện âm thanh lách tách, tia lửa nhỏ hoặc mùi ozone gần khu vực cách điện.
- Tăng nhiệt độ bất thường: Các điểm tiếp xúc hoặc bề mặt cách điện nóng lên, có thể phát hiện qua camera hồng ngoại.
- Hiện tượng rò rỉ dòng điện: Dòng điện rò tăng cao, có thể đo được bằng thiết bị chuyên dụng.
- Sự thay đổi màu sắc hoặc hình dạng của vật liệu cách điện: Bề mặt cách điện bị biến màu, nứt nẻ hoặc bong tróc[6].

b) Phương pháp kiểm tra:

- Đo điện trở cách điện: Sử dụng megohmmeter để đo điện trở cách điện, giá trị thấp cho thấy sự suy giảm.
- Kiểm tra phóng điện cục bộ: Dùng thiết bị phát hiện phóng điện cục bộ để xác định vị trí và mức độ hư hỏng.
- Chụp ảnh nhiệt: Sử dụng camera hồng ngoại để phát hiện các điểm nóng bất thường[6].

2.2.2. Đặc điểm nhận dạng sự cố do hỏng hóc cơ khí

Sự cố do hỏng hóc cơ khí thường liên quan đến các bộ phận như lò xo, trục, khớp nối hoặc cơ cấu truyền động bị mài mòn, gãy hoặc kẹt.

a) Dấu hiệu nhận biết:

- Tiếng ồn bất thường: Âm thanh lạ như tiếng kêu, rít hoặc va đập khi vận hành máy cắt.
- Chuyển động không trơn tru: Cơ cấu đóng/cắt hoạt động chậm, không dứt khoát hoặc bị kẹt.
- Hiện tượng rung lắc: Máy cắt rung mạnh khi hoạt động, có thể do mất cân bằng hoặc lỏng lẻo các bộ phận.
- Dấu hiệu mài mòn hoặc hư hỏng cơ học: Quan sát thấy các bộ phận bị mòn, nứt hoặc gãy.

b) Phương pháp kiểm tra:

- Kiểm tra cơ cấu truyền động: Tháo kiểm tra lò xo, trục và khớp nối để phát hiện hư hỏng.
- Đo thời gian đóng/cắt: Sử dụng thiết bị đo để xác định thời gian thao tác, phát hiện sự chậm trễ bất thường.
- Kiểm tra độ rung: Dùng thiết bị đo độ rung để đánh giá tình trạng cơ khí.

2.3. Giải pháp, biện pháp phòng ngừa và khắc phục

- a) Giải pháp được nhiều trạm và đơn vị vận hành áp dụng để xử lý triệt để (cặn carbon/oxit) trên tiếp điểm của máy cắt hợp bộ trung áp.

Máy cắt hợp bộ sau nhiều chu kỳ đóng–cắt sinh hồ quang sẽ tích tụ muối carbon và oxit trên bề mặt tiếp điểm, làm tăng điện trở và ảnh hưởng đến độ tin cậy. Phương pháp cơ bản nhất là vệ sinh định kỳ: tháo ngăn tiếp điểm, lau sạch bằng dung môi khô, rồi chải nhẹ bề mặt bằng bàn chải đồng mềm. Với vết bám nhẹ, dùng giấy ráp mịn để làm bóng; nếu muối bám quá dày hoặc tiếp điểm đã bị mòn, phải thay mới để đảm bảo tiếp xúc kim loại–kim loại lý tưởng. Bên cạnh đó, phun băng khô đã được nhiều trạm vận hành áp dụng nhằm thổi bay ngay lớp muối carbon mà không cần cắt điện hay tháo rời toàn bộ cụm tiếp điểm. Kỹ thuật này vừa nhanh gọn, vừa không làm mòn kim loại, lại không sinh ra tạp chất nguy hại.

Quản lý môi trường và vận hành là yếu tố then chốt. Trạm cần lắp đặt hệ thống lọc khí, hút ẩm hoặc điều hòa nhỏ để giữ độ ẩm dưới ngưỡng, ngăn ngừa oxy hóa sớm. Đồng thời, hạn chế các thao tác đóng–cắt không cần thiết và triển khai giám sát điểm nóng bằng camera hồng ngoại hoặc cảm biến nhiệt độ để phát hiện muối mới hình thành, xử lý ngay.

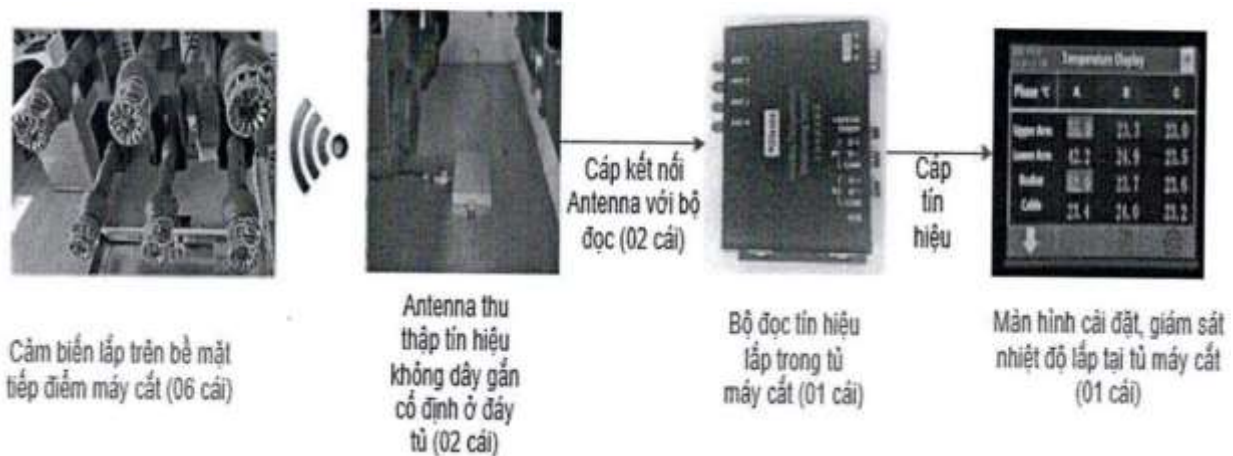
- b) Bảo trì và giám sát định kỳ

- Kiểm tra và làm sạch: Thực hiện bảo trì thường xuyên, bao gồm việc vệ sinh các tiếp điểm và bộ phận cách điện, cũng như kiểm tra khả năng chịu điện của từng bộ phận.
- Giám sát từ xa: Áp dụng hệ thống giám sát SCADA hiện đại để theo dõi liên tục các thông số quan trọng như dòng điện, điện áp, nhiệt độ... Điều này giúp phát hiện sớm những bất thường và tiến hành xử lý kịp thời.

- c) Cải tiến thiết kế và vật liệu

- Chọn vật liệu chống ăn mòn: Sử dụng các vật liệu chịu nhiệt, chịu ăn mòn và có tuổi thọ cao cho các bộ phận tiếp xúc trực tiếp với dòng điện lớn nhằm giảm thiểu tác động của hồ quang và ăn mòn.
- Tối ưu hệ thống dập hồ quang: Cải tiến thiết kế hệ thống dập hồ quang để đảm bảo quá trình dập tắt diễn ra nhanh chóng và đều đặn, hạn chế sự hình thành của các tia plasma không đồng đều và hiện tượng “bông sen.”
- Áp dụng các công nghệ năng cao :

Máy cắt được bố trí trong tủ kín và không có vị trí để quan sát được các mối nối tiếp xúc nên trong quá trình vận hành không thể giám sát được tình trạng phát nhiệt của các tiếp điểm, việc kiểm tra chỉ thực hiện trong quá trình bảo trì định kỳ tổ máy (kiểm tra tình trạng bề mặt làm việc của các tiếp điểm máy cắt có bất thường hay không) để đánh giá quá trình vận hành của thiết bị. Cảm biến quang học .Một vài nghiên cứu thử nghiệm dùng cáp quang gắn sát busbar để đo nhiệt độ bằng tín hiệu đột biến quang, chịu được hồ quang và EMI tốt hơn .



Hình 2.2 . lắp cảm biến trên bề mặt tiếp điểm máy cắt

Phương án này vận hành dựa trên việc lắp đặt các cảm biến đo nhiệt độ cố định tại những điểm tiếp xúc chuyển động của máy cắt (mỗi vị trí tiếp xúc 1 cảm biến, tổng cộng 6 cảm biến). Tín hiệu từ các cảm biến sẽ được truyền không dây qua sóng Wi-Fi đến các ăng-ten thu thập dữ liệu. Tiếp đó, ăng-ten nối với bộ thu tín hiệu, rồi gửi số liệu giám sát lên

màn hình đặt phía trước tủ điều khiển máy cắt. Trên màn hình này, người dùng có thể thiết lập ngưỡng cảnh báo nhiệt độ tùy ý để theo dõi và vận hành thiết bị thuận tiện, hiệu quả hơn.

Thành phần chính của hệ thống gồm: 6 cảm biến nhiệt độ (tiếp xúc, tự cấp nguồn); 2 ăng-ten thu sóng (kèm cáp); 1 bộ thu tín hiệu và 1 màn hình giám sát.

CHƯƠNG III: PHÂN TÍCH LỰA CHỌN MẠCH GIÁM SÁT NHIỆT ĐỘ SỰ CỐ MÁY CẮT HỢP BỘ TRUNG ÁP

3.1. Thực trạng tại nhà máy thủy điện Krông H'nh

Tại nhà máy thủy điện thủy điện Krông H'nh, hệ thống máy cắt hợp bộ trung áp (10,5kV) hiện vẫn chưa được trang bị hệ thống giám sát nhiệt độ. Việc theo dõi nhiệt độ tiếp điểm hoặc đầu cáp thường được thực hiện bằng cách đo thủ công theo định kỳ hoặc khi có dấu hiệu nghi ngờ. Điều này làm tăng nguy cơ phát hiện muộn các sự cố tiềm ẩn như tiếp điểm lỏng, cháy rỗ hoặc phóng điện cục bộ.

Các điểm hạn chế cụ thể:

- Kiểm tra chủ yếu bằng mắt thường hoặc súng đo nhiệt, không liên tục.
- Không phát hiện được xu hướng tăng nhiệt sớm.
- Thiếu dữ liệu để cảnh báo trước để xảy ra sự cố cháy tiếp điểm.
- Không thể tích hợp vào hệ thống SCADA hiện hữu.



Hình 3.1 . Kỹ sư đang kiểm tra bằng cách đo thủ công máy cắt trung áp hợp bộ

3.2. Nhu cầu cấp thiết của hệ thống giám sát nhiệt độ

Để đảm bảo độ tin cậy và an toàn cho thiết bị điện, nhà máy cần một hệ thống giám sát nhiệt độ hoạt động liên tục, đáng tin cậy và có khả năng cảnh báo kịp thời.

- Đo nhiệt độ 24/7, theo thời gian thực.
- Không ảnh hưởng cách điện, không cần dừng máy khi lắp đặt.
- Dễ tích hợp vào HMI, SCADA .
- Có khả năng cảnh báo khi nhiệt độ vượt ngưỡng và lưu lịch sử dữ liệu.

3.3. Phân loại các cảm biến giám sát nhiệt độ

Trong thực tế, có hai phương án cảm biến được sử dụng để giám sát nhiệt độ tại điểm nóng của máy cắt hợp bộ: RTD Pt100 (có dây) và PTSPS061 (không dây).

3.3.1. Cảm biến giám sát nhiệt độ có dây

3.3.1.1. Khái niệm của RTD

Cảm biến nhiệt độ có dây loại RTD (Resistance Temperature Detector) hay còn gọi là cảm biến nhiệt độ Pt100, nhiệt điện trở,... là dòng cảm biến được sử dụng vô cùng phổ biến và rộng rãi trong các ứng dụng công nghiệp với mục đích đo lường, theo dõi và kiểm soát giá trị nhiệt độ trong nhà máy , là một thiết bị được sử dụng để theo dõi, đo lường & kiểm soát nhiệt độ vận hành của nhà máy, hệ thống, thiết bị,... thông qua nguyên tắc điện trở, có thiết kế là một thanh kim loại hay dây kim loại mà điện trở của nó phụ thuộc theo sự thay đổi của nhiệt độ. Hệ thống đặc biệt là dòng Pt100 và Pt1000, là giải pháp đo nhiệt độ chính xác cao, ổn định và đáng tin cậy, được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng công nghiệp, bao gồm giám sát nhiệt độ của máy cắt hợp bộ trung áp cấp điện áp 10,5kV.



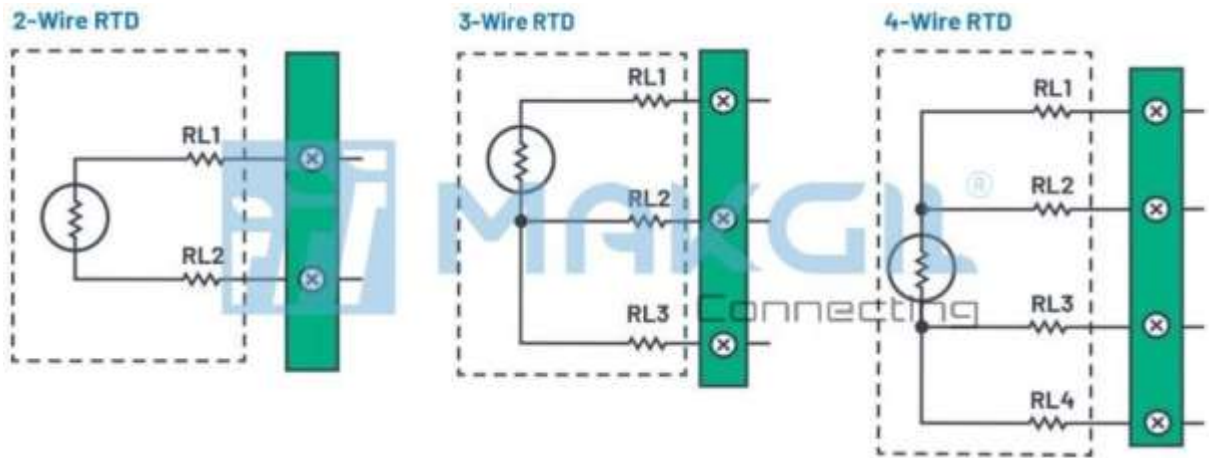
Hình 3.2 . Thiết bị cảm biến giám sát nhiệt độ có dây RTD PT100

Tùy thuộc vào cấu tạo mà RTD được chia thành nhiều loại khác nhau, bao gồm Pt100, Pt500, Pt1000, Ni100, Ni500, trong đó Pt100 là loại được sử dụng nhiều nhất, chiếm tới 90% nhu cầu sử dụng trong các ngành công nghiệp. Cũng chính vì lý do này mà cảm biến RTD còn được gọi với cái tên là cảm biến Pt100.

Cảm biến Pt100 được chia thành 3 loại gồm:

- Cảm biến nhiệt độ Pt100 2 dây (2-wires): Đây là loại có cảm biến có sai số cao nhất do ảnh hưởng của điện trở trên 2 dây, và cũng chính vì thế nên loại này thường ít khi được sử dụng. Loại này thường có giá thành thấp nhất trong ba loại cảm biến nhiệt độ Pt100.
- Cảm biến nhiệt độ Pt100 3 dây (3-wires): Đây là loại Pt100 được sử dụng phổ biến nhất do chúng có độ chính xác tương đối cao, đáp ứng hầu hết các ứng dụng đo lường cơ bản. Hai dây chung triệt tiêu điện trở cho nhau & dây còn lại đóng vai trò dây biến đổi giá trị điện trở khi nhiệt độ thay đổi.

- Cảm biến nhiệt độ Pt100 4 dây (4-wires): được xem là loại cảm biến nhiệt độ chính xác nhất trong họ đầu dò nhiệt độ Pt100 nhưng giá thành cũng cao nhất nên chỉ phục vụ cho một số yêu cầu cần độ sai số thấp như trong phòng thí nghiệm, trung tâm kiểm định, hiệu chuẩn,[3]...



Hình 3.3 . sơ đồ đấu dây 03 loại cảm biến Pt100

3.3.1.2. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của RTD

a) Cấu tạo

Cảm biến nhiệt độ RTD có phần đầu dò được cấu tạo từ vật liệu Platiun (dòng Pt100, Pt500, Pt1000) hoặc Niken (dòng Ni100, Ni500, Ni1000). Trong đó, vật liệu Platiun được sử dụng nhiều hơn vì độ tinh khiết của Platiun khá cao lên đến 99%, mang lại độ chính xác cực cao nên nó được dùng phổ biến trong các ngành công nghiệp. Ngược lại các dòng đầu dò RTD được làm vật liệu niken thường có dải đo thấp hơn, cấp chính xác, độ ổn định và độ bền thấp hơn nên thường ít được sử dụng, chúng thường chỉ có lợi thế là ít chịu ảnh hưởng của khoảng cách đo.

Cảm biến RTD PT100 thường được chế tạo bằng dây bạch kim mỏng quấn quanh một lớp nền gốm. Sau đó, cụm lắp ráp này được bọc trong một lớp vỏ bảo vệ, có thể được làm bằng nhiều loại vật liệu khác nhau như thép không gỉ, gốm hoặc thủy tinh, tùy thuộc

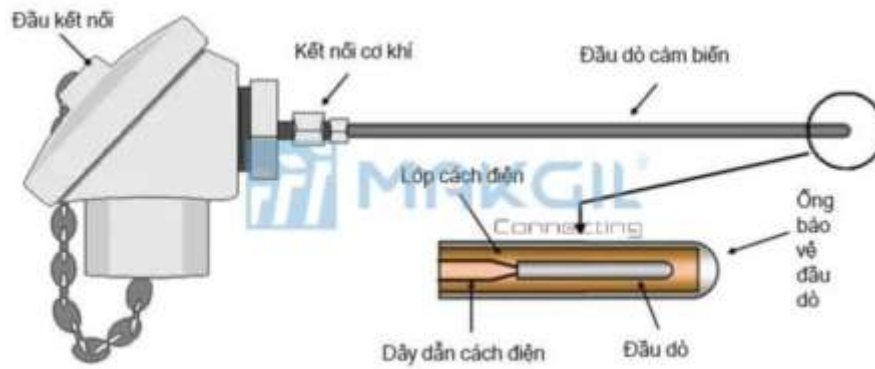
vào yêu cầu ứng dụng. Việc lựa chọn vật liệu vỏ ảnh hưởng đáng kể đến độ bền, khả năng chống chịu với môi trường khắc nghiệt và thời gian phản hồi của cảm biến nhiệt độ PT100.

Đặc điểm

- Loại phổ biến: RTD Pt100 hoặc Pt1000 (loại Class A hoặc B), đầu nối 2-3-4 dây.
- Tín hiệu đầu ra:
 - Raw (điện trở): yêu cầu bộ chuyển đổi (transmitter).
 - Chuyển đổi sang analog: 4–20mA, 0–10V, dễ tích hợp vào PLC, SCADA.
- Lắp đặt: Gắn trực tiếp vào tiếp điểm, cuộn coil, hoặc thanh cái bằng vít hoặc keo dẫn nhiệt.
- Vỏ bảo vệ: Thường làm bằng INOX 304/316, có thermowell nếu môi trường rung hoặc nguy hiểm.

Hiện nay, có 02 dạng RTD cơ bản là RTD dạng củ hành (là dạng có phần đầu bảo vệ cầu đầu nối ở phía trên) và RTD dạng dây. Tuy nhiên, về cơ bản chúng đều giống nhau về cấu tạo, đều bao gồm một số bộ phận chính sau đây:

- Đầu kết nối (Connection head): Thường được làm từ nhôm aluminium, thép không gỉ stainless steel hoặc gang dẻo cast iron, có tác dụng bảo vệ cầu đầu nối, dây tín hiệu nằm bên trong. Thông thường những loại RTD dạng dây sẽ không có đầu kết nối này.
- Kết nối cơ khí (Process connection): Là phần kết nối giúp cố định đầu dò nhiệt độ RTD vào thiết bị/hệ thống. Có hai dạng kết nối phổ biến là kết nối ren hoặc kết nối mặt bích.
- Đầu dò cảm biến (sensing element): Là phần chứa kim loại (Platinum hoặc Niken), có chức năng cảm nhận trực tiếp giá trị nhiệt độ thông qua sự thay đổi điện trở để truyền tín hiệu về thiết bị hiển thị hoặc điều khiển[3].



Hình 3.4 . Cấu tạo của cảm biến RTD

b) Thông số kỹ thuật của thiết bị RTD PT100

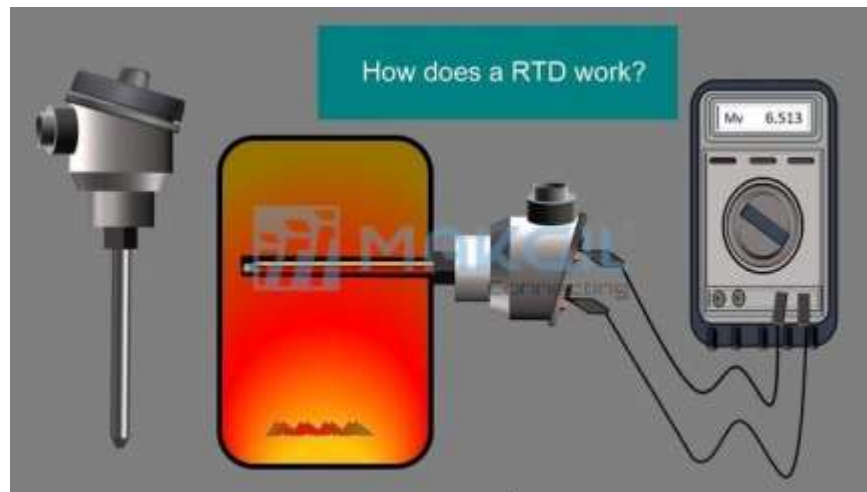
Bảng 3.1. Thông số kỹ thuật của cảm biến RTD PT100

Thông số kỹ thuật	Giá trị khuyến nghị
Loại cảm biến	Pt100
Dải đo nhiệt độ	-50°C đến +200°C
Sai số Class A	$\pm(0.15 + 0.002 \times T) \text{ } ^\circ\text{C}$
Sai số Class B	$\pm(0.30 + 0.005 \times T) \text{ } ^\circ\text{C}$
Chất liệu vỏ	Inox 304 hoặc 316
Cấp bảo vệ IP	IP65–IP68 tùy môi trường
Điện áp cách ly	$\geq 5\text{kV}$ (nếu gắn gần trung áp)

Thông số kỹ thuật	Giá trị khuyến nghị
Chiều dài que đo	50mm ~ 200mm (tùy điểm lắp)
Gắn ren / bắt vít	M6, M8, clamp-on hoặc keo nhiệt dẫn

c) Nguyên lý hoạt động của sensor nhiệt độ RTD

Nguyên lý hoạt động của RTD khá đơn giản, khi đầu dò của cảm biến tiếp xúc với môi trường đo, nhiệt độ tại đầu dò thay đổi khiến điện trở xuất ra tại phần còn lại của cảm biến thay đổi. Với mỗi giá trị nhiệt độ thay đổi sẽ cho ra một giá trị của điện trở, giá trị điện trở luôn tỷ lệ thuận với giá trị nhiệt độ mà cảm biến đo được[3].



Hình 3.5 . mô phỏng thiết bị hoạt động

3.3.1.3. Nguyên lý đo lường và hiệu chuẩn

Cốt lõi của hoạt động RTD PT100 nằm ở việc đo sự thay đổi điện trở của phần tử bạch kim khi nhiệt độ thay đổi. Các mạch đo chính xác là cần thiết để xác định chính xác điện trở, do đó cung cấp số đọc nhiệt độ chính xác. Hiệu chuẩn cảm biến nhiệt độ PT100 rất quan trọng để đảm bảo độ chính xác và thường được thực hiện bằng cách sử dụng một tiêu chuẩn có thể truy xuất để đảm bảo chất lượng phép đo. Nên hiệu chuẩn lại thường xuyên

cho các ứng dụng đòi hỏi khắt khe để duy trì tính toàn vẹn của dữ liệu. RTD Pt100 chất lượng cao từ các nhà sản xuất có uy tín thường đi kèm với các chứng chỉ hiệu chuẩn chi tiết [3].

3.3.1.4. Ứng dụng cảm biến RTD Pt100 trong máy cắt hợp bộ trung áp

Cảm biến RTD Pt100 được sử dụng để:

- Giám sát nhiệt độ tiếp điểm: Phát hiện điểm nóng do tiếp xúc kém hoặc hồ quang.
- Theo dõi cuộn đóng/ngắt: Đảm bảo cuộn hoạt động trong giới hạn nhiệt độ an toàn.
- Đo nhiệt độ đầu cáp đầu nối: Phát hiện hiện tượng quá nhiệt tại điểm kết nối.

Tính linh hoạt và độ tin cậy của PT100 RTD khiến chúng phù hợp với nhiều ứng dụng trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau. Độ chính xác và độ ổn định của chúng đặc biệt có giá trị trong các ứng dụng đòi hỏi kiểm soát nhiệt độ chính xác.

Cảm biến nhiệt độ PT100 RTD cung cấp sự kết hợp hấp dẫn giữa độ chính xác, độ tin cậy và tính linh hoạt. Phạm vi ứng dụng rộng rãi của chúng trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau nhấn mạnh tầm quan trọng của chúng trong việc đo lường và kiểm soát nhiệt độ. Việc lựa chọn PT100 RTD phù hợp đòi hỏi phải cân nhắc cẩn thận các yêu cầu ứng dụng cụ thể. Hiểu được cấu trúc, hiệu chuẩn và nguyên tắc đo lường của cảm biến sẽ giúp bạn lựa chọn được cảm biến nhiệt độ PT100 phù hợp nhất để có hiệu suất tối ưu [3].

3.3.1.5. Ưu và nhược điểm của cảm biến nhiệt độ RTD

Mặc dù RTD là dòng cảm biến nhiệt độ được sử dụng rộng rãi & phổ biến nhất trong các ngành công nghiệp, chúng vẫn có những ưu & nhược điểm nhất định sau đây:

- Ưu điểm

- Dải đo của RTD phổ thông, trung bình từ -200°C đến 850°C, phù hợp với nhiều ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp.

- Cảm biến RTD mang lại độ ổn định, độ chính xác cao hơn cặp nhiệt điện (thermocouple).
- Giá thành tương đối hợp lý, thấp hơn cặp nhiệt điện (thermocouple).
- RTD có thiết kế rất đa dạng về chiều dài, loại dây, loại dây và kiểu kết nối nên rất linh hoạt trong việc lắp đặt trong nhà máy.
- Được sử dụng phổ biến, cấu tạo, nguyên lý hoạt động đơn giản nên cũng dễ dàng trong việc sửa chữa hoặc thay thế.

- **Nhược điểm**

- Dải đo tối đa của RTD nằm trong khoảng từ -200°C đến 850°C , đối với dải đo cao hơn, bắt buộc phải sử dụng cảm biến nhiệt độ khác như can nhiệt (thermocouple).
- Khả năng phản ứng nhiệt của đầu dò nhiệt độ RTD thường chậm hơn so với can nhiệt (thermocouple)[3].

3.3.2. Cảm biến giám sát nhiệt độ không dây

3.3.2.1. Khái niệm

Hệ thống giám sát nhiệt độ không dây của PowerTech thực hiện giám sát nhiệt độ trực tuyến, báo động theo thời gian thực, ghi lại dữ liệu để phân tích xu hướng của nhiệt độ [7].

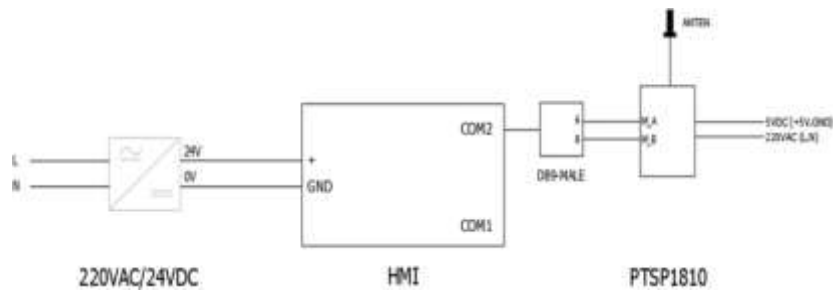
Sử dụng công nghệ giám sát tải động và bảo trì dựa trên tình trạng của các vị trí quan trọng trong hệ thống truyền tải và phân phối điện. Cảm biến nhiệt độ thụ động không dây được thiết kế đặc biệt để sử dụng trong môi trường có dòng điện và điện áp cao (500kV – 10kA). Lắp đặt nhanh chóng và dễ dàng trong các tủ điện [7].

Hệ thống gồm các mô-đun chính như sau:

- Bộ thu tín hiệu từ cảm biến PTSP1810.

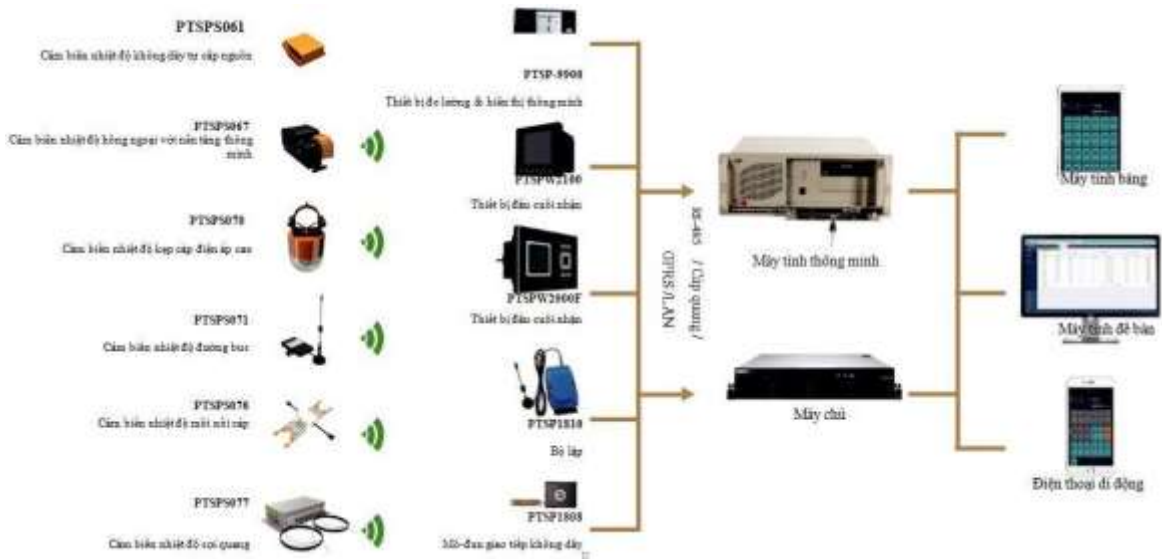
- Ăng ten thu tín hiệu cảm biến.
- Các cảm biến nhiệt độ không dây PTSPS061 .
- Màn hình HMI OMRON [7]

3.3.2.2. Sơ đồ kết nối hệ thống giám sát nhiệt độ



Hình 3.6 . Sơ đồ kết nối hệ thống giám sát nhiệt độ [7]

3.3.2.3. Hệ thống cấu trúc liên kết của cảm biến nhiệt độ không dây tự cấp nguồn



Hình 3.7 . Hệ thống cấu trúc liên kết của cảm biến nhiệt độ không dây tự cấp nguồn[4]

3.3.2.4. Cảm biến nhiệt độ không dây tự cấp nguồn

- **Khái niệm**

PTSPS061 (Cảm biến nhiệt độ không dây tự cấp nguồn) được ứng dụng chủ yếu trong đo nhiệt độ của môi nổi điện bên trong các thiết bị đóng cắt điện áp cao và thấp. Với 11 năm ứng dụng trong thực tế và bảy lần nâng cấp kỹ thuật, cảm biến nhiệt độ không dây tự cấp nguồn đã dẫn đầu về các khía cạnh như độ ổn định của sản phẩm, khả năng chống nhiễu, tính thực tiễn, tuổi thọ, khối lượng, v.v., được ứng dụng thành công trong hàng nghìn môi trường công nghiệp trên toàn cầu [4] .



Hình 3.8. Các tính năng tuyệt vời của cảm biến không dây tự cấp nguồn

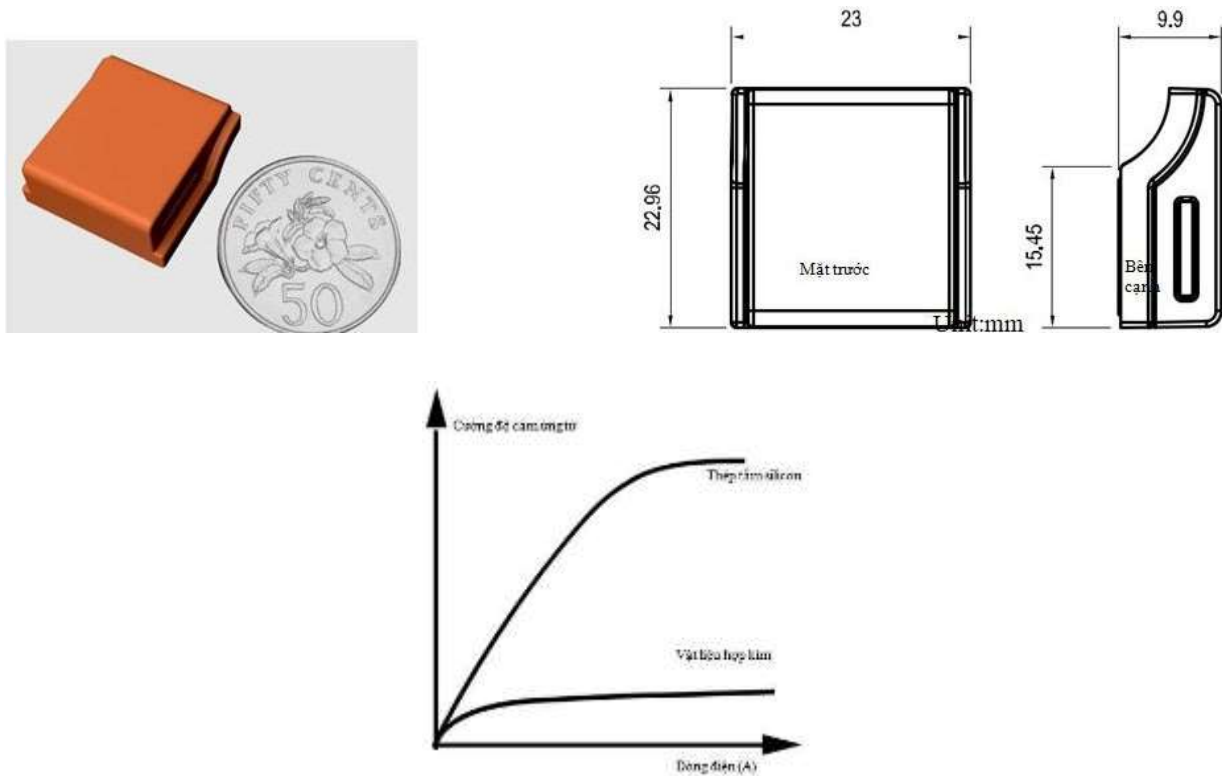
- **Đặc điểm nổi bật của cảm biến PTSPS061**
 - Tự cấp nguồn: Cảm biến sử dụng công nghệ thu năng lượng từ trường điện từ xung quanh, không cần nguồn điện ngoài hoặc pin, giảm thiểu bảo trì.

- Giám sát nhiệt độ theo thời gian thực: Cung cấp dữ liệu nhiệt độ chính xác với độ sai số $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$, giúp phát hiện sớm các điểm nóng tiềm ẩn.
- Thiết kế nhỏ gọn và bền bỉ: Kích thước nhỏ, dễ dàng lắp đặt trong không gian hạn chế; đạt chuẩn IP68, chống bụi và nước, phù hợp với môi trường khắc nghiệt.
- Giao tiếp không dây RF/Zigbee: Tích hợp giao thức RF/Zigbee băng tần 433.92MHz, cho phép truyền dữ liệu ổn định.
- Tuổi thọ dài: Được thiết kế để hoạt động liên tục trong hơn 20 năm, giảm chi phí vận hành và bảo trì [4].
- **Thông số kỹ thuật của cảm biến PTSPS061**

Bảng 3.2. Thông số kỹ thuật của cảm biến PTSPS061[4]

Tiêu chí	Thông số
Phạm vi đo lường	-45 ~ +125°C
Độ đo lường chính xác	$\pm 1.0^{\circ}\text{C}$
Phương pháp đo lường	Phụ thuộc vào thiết kế
Dài tần số	433MHz
Sức mạnh truyền tải	10dBm
Môi trường làm việc	-40 ~ +85°C, <95%RH
Bảo vệ sự xâm nhập	IP68 (Cấp độ bảo vệ cao nhất)
Khoảng cách truyền tải	500 m (Khu vực mở)
Tuổi thọ sử dụng	>20 Năm
Tiêu chuẩn chống cháy	V0

- **Kích thước của cảm biến PTSPS061**



Hình 3.9 . Kích thước thực tế của Cảm biến PTSPS061

Đặc điểm:

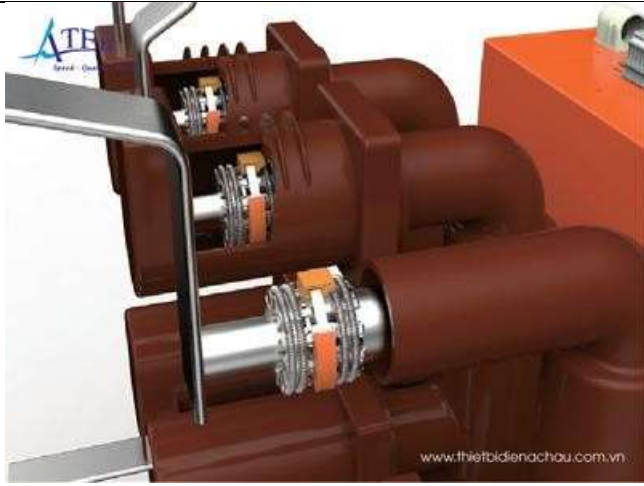

- 1、 Vùng tuyến tính của các tấm thép silicon là đặc tính cần thiết của phép đo, nhưng đối với nguồn điện, đặc tính này dẫn đến quá nhiều năng lượng, sẽ làm nóng thiết bị.
- 2、 Hầu như không có vùng tuyến tính trong vật liệu hợp kim, vì vậy nó đạt đến độ bão hòa từ rất sớm. Ngay cả trong điều kiện dòng điện cao, chỉ có một năng lượng rất nhỏ để tránh nóng và rung [4].

- **Ứng dụng của cảm biến PTSPS061 [4]**

Giám sát nhiệt độ tại các điểm nối: Cảm biến được lắp đặt tại các điểm nối điện quan trọng trong máy cắt, như tiếp điểm, thanh cái, giúp phát hiện sớm các điểm nóng do tiếp xúc kém hoặc dòng điện quá tải.

Cảnh báo sự cố nhiệt độ: Khi nhiệt độ vượt ngưỡng cho phép, hệ thống sẽ gửi cảnh báo theo thời gian thực đến trung tâm điều khiển, giúp ngăn ngừa sự cố nghiêm trọng.

Ghi lại dữ liệu để phân tích xu hướng: Dữ liệu nhiệt độ được ghi lại và lưu trữ, hỗ trợ phân tích xu hướng nhiệt độ theo thời gian, giúp lập kế hoạch bảo trì và nâng cao hiệu quả vận hành [4]

Các tiếp điểm	Hình ảnh	Nội dung
<i>Tiếp điểm chuyên động</i>		Gắn trên tiếp điểm chuyên động, đo nhiệt độ chính xác. Với các bộ phận gắn đàn hồi, đảm bảo sự ăn khớp của tiếp xúc cố định và di chuyển. Bên trong hộp tiếp điểm, không có khoảng cách cách nhiệt, dễ bảo trì và không cần cắt điện thanh cái.
<i>Tiếp điểm cố định</i>		Dán vào tiếp điểm cố định, đo nhiệt độ chính xác. Với các bộ phận gắn đàn hồi, đảm bảo sự ổn định của tiếp xúc cố định và di chuyển. Bên trong hộp tiếp xúc, không có khoảng cách cách nhiệt.

<p>Gắn ở lõi ra</p>		<p>Dán vào mối nối cáp và thanh cái, đo nhiệt độ chính xác. Khối lượng siêu nhỏ, không phá hủy khoảng cách an toàn của pha với pha và pha với đất.</p>
<p>Thanh cái</p>		<p>Dán vào khớp nối thanh cái, đo nhiệt độ chính xác. Khối lượng siêu nhỏ, không phá hủy khoảng cách an toàn của pha với pha và pha với đất.</p>

3.3.2.5. Ưu điểm , nhược điểm của cảm biến nhiệt độ không dây PTSPS061

Ưu điểm:

- Lắp đặt không xâm lấn: PTSPS061 được gắn trực tiếp lên bề mặt thiết bị như đầu cáp hoặc tiếp điểm thông qua băng keo nhiệt hoặc nam châm công nghiệp mà không cần khoan, cắt hay tháo vỏ thiết bị. Điều này giúp bảo toàn cấu trúc kín và cách điện của máy cắt hợp bộ trung áp.

- Không cần nguồn điện hoặc pin: Thiết bị sử dụng công nghệ tự cấp nguồn từ từ trường phát sinh do dòng điện chạy trong hệ thống, giúp giảm thiểu chi phí bảo trì và thay thế pin – một điểm mạnh trong môi trường khó tiếp cận như RMU/GIS.
- Giám sát liên tục và thời gian thực: Cảm biến gửi dữ liệu nhiệt độ định kỳ (mỗi 10–15 giây) qua sóng RF 433MHz đến bộ thu, giúp phát hiện kịp thời tình trạng quá nhiệt mà con người khó phát hiện bằng mắt thường.
- Phù hợp với hệ thống đang vận hành: Không cần dừng điện để lắp đặt, nên rất lý tưởng cho nhà máy đang hoạt động liên tục, đặc biệt là các tổ máy thủy điện vận hành 24/7.
- Tích hợp SCADA dễ dàng: Thiết bị tương thích với giao thức RS485 hoặc Modbus RTU thông qua gateway, dễ dàng truyền dữ liệu lên hệ thống SCADA hoặc cloud[4].

Nhược điểm:

- Chi phí đầu tư ban đầu cao: Mỗi cảm biến có giá thành cao hơn cảm biến có dây, chưa kể thêm chi phí bộ thu RF và gateway.
- Độ chính xác vừa phải: Sai số đo thường trong khoảng $\pm 1^{\circ}\text{C}$, đủ để giám sát nhiệt độ tiếp điểm nhưng không phù hợp với yêu cầu điều khiển làm mát hoặc giám sát quá chi tiết.
- Giới hạn khoảng cách truyền: Trong môi trường nhiều kim loại hoặc thiết bị cao áp, tín hiệu RF có thể bị cản trở nếu không bố trí đúng vị trí đặt bộ thu[4].

3.3.2.6. Thiết bị đầu cuối nhận

	PTSPS061	PTSP061	PTSPN110	PTSPN1000	PTSPW111	PTSP110
Hình ảnh sơ đồ						
Loại củi hàng	Thụ	Thụ	10pin	10pin	8pin	Thụ
Chất lượng hàng	Thụ	Thụ	Y	Y	Y	Thụ
Phương thức giao tiếp	RS485	Mạng dây 4	RS485	RS485 Cáp quang	RS485, RS485	RS485
Kích thước vỏ và độ bền, chống nước	Thụ	Thụ	Thụ	Y	Thụ	Thụ
Điện áp hoạt động	Thụ	Thụ	2.2 240V xoay chiều	2.2 240V xoay chiều	Nguồn bất kỳ (nguồn 24V)	Thụ
Chất lượng hàng	Thụ	Thụ	2 giờ (đơn vị vận hành)	2 giờ (đơn vị vận hành)	Độ bền ít nhất 7 ngày (có thể được lưu trữ tại máy)	Thụ
Thời gian giao	Thụ	Thụ	Thụ	Thụ	Thụ	Y
Phương pháp cài đặt	Chỉ định chuyên nghiệp	Công nghệ RS485 kết nối RS485	Công nghệ thông tin	Công nghệ thông tin Chỉ định chuyên nghiệp	Công nghệ thông tin	Chỉ định
Kích thước vỏ (kích thước * chiều sâu)	114*72	40*17	8*8	106*72*11	147*20	60*28
Điện áp hoạt động	AC 0-24V DC 0V	DC 1.7V	AC 0-24V DC 0V, 2.0V	AC 0-24V DC 0V, 2.0V	0-24V	DC 1.7V

Hình 3.10. Thiết bị đầu cuối nhận [4]

3.3.2.7. So sánh 2 phương án cảm biến giám sát nhiệt độ

Bảng 3.3 . So sánh 2 phương án cảm biến giám sát nhiệt độ mạch có dây RTD Pt100 và không dây Mạch không dây PTSPS061.

Tiêu chí so sánh	Cảm biến có dây RTD Pt100	Cảm biến không dây PTSPS061
Cấu tạo	Gồm cảm biến nhiệt RTD, dây tín hiệu, bộ transmitter và thiết bị giám sát (HMI, PLC, SCADA).	Cảm biến không dây, tự cấp nguồn, bộ thu RF, kết nối RS485 và thiết bị giám sát (HMI, SCADA).
Nguồn cấp	Cần nguồn ngoài (24V DC hoặc 220V AC) cho transmitter.	Không cần nguồn ngoài (tự cấp nguồn từ trường điện).

Tiêu chí so sánh	Cảm biến có dây RTD Pt100	Cảm biến không dây PTSPS061
Lắp đặt	Cần ngắt điện để thi công đi dây, phức tạp, mất thời gian, chi phí nhân công cao.	Không cần ngắt điện, lắp đặt nhanh chóng, đơn giản.
Độ chính xác	Rất cao ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ đến $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$).	Tốt ($\pm 1^{\circ}\text{C}$ đến $\pm 2^{\circ}\text{C}$).
Tính linh hoạt và di chuyển	Khó thay đổi, di chuyển vì đã đấu dây cố định.	Linh hoạt, dễ di chuyển, tái sử dụng.
Khả năng truyền xa	Tín hiệu analog hoặc Modbus RTU truyền xa tối đa khoảng 1200 mét (RS485).	Tín hiệu RF 433 MHz truyền khoảng 30–100 mét, có thể mở rộng bằng bộ thu phát trung gian.
Khả năng xuyên vật cản	Không bị ảnh hưởng vì dùng dây truyền dẫn tín hiệu.	Tốt, dải tần RF 433 MHz xuyên tốt qua kim loại và môi trường nhiễu cao.
Bảo trì và độ bền	Cần bảo trì định kỳ (kiểm tra dây, transmitter), độ bền phụ thuộc vào điều kiện môi trường (dây dễ bị hỏng).	Gần như không cần bảo trì, tuổi thọ cao (15–20 năm), không dây nên độ tin cậy cao hơn.
Chi phí đầu tư ban đầu	Thấp hơn (khoảng 1–1.5 triệu VNĐ/cảm biến).	Cao hơn (khoảng 2-3 triệu VNĐ/cảm biến).

Tiêu chí so sánh	Cảm biến có dây RTD Pt100	Cảm biến không dây PTSPS061
Chi phí vận hành lâu dài	Cao hơn do chi phí bảo trì, thay dây, hiệu chuẩn transmitter.	Thấp hơn vì không cần bảo trì nhiều, không thay thế thường xuyên.
Khả năng tích hợp SCADA	Có thể tích hợp thông qua analog 4-20mA hoặc RS485 Modbus RTU.	Tích hợp tốt qua RS485 Modbus RTU và các giao thức IoT.
Khả năng mở rộng mạng	Hạn chế vì đi dây phức tạp, tốn kém.	Đễ dàng mở rộng thêm cảm biến do tính linh hoạt không dây.
Bảo mật thông tin	Cao (kết nối vật lý nên bảo mật cao).	Thấp hơn (không dây, cần mã hóa bổ sung nếu có yêu cầu bảo mật cao).
Thời gian triển khai	Lâu hơn (từ vài giờ đến vài ngày tùy điều kiện).	Nhanh hơn nhiều (vài phút đến vài giờ).
An toàn lắp đặt	Ít an toàn hơn vì phải thao tác đấu dây trực tiếp vào thiết bị mang điện (cần cách ly hoàn toàn).	An toàn tuyệt đối vì không cần thao tác trên thiết bị đang mang điện.

3.3.2.8. Vận hành thiết bị

a. Màn hình chính



Hình 3.11 . giao diện màn hình HMI (Human-Machine Interface)

Màn hình chính gồm những tính năng:

1. Khu vực giám sát nhiệt độ của các vị trí (PV: Giá trị đọc được; SV: Giá trị cài đặt ngưỡng).
2. Các nút nhấn để đi đến trang hiển thị Biểu Đồ (GRAPH) của các vị trí.
3. Chế độ xem giá trị nhiệt độ (Không thay đổi giá trị cài đặt ngưỡng được).
4. Chế độ xem có thể thay đổi giá trị cài đặt ngưỡng nhiệt độ.
5. Nút nhấn “HOME” để đưa về trang chính (trang hiện tại).
6. Nút nhấn “SETTINGS” để đi đến trang cài đặt các thông số của hệ thống.
7. Nút nhấn “EVENTS” để đi đến trang hiển thị các sự kiện EVENTS của hệ thống (nhiệt độ vượt ngưỡng cài đặt) [4]



Hình 3.12 . Màn hình ở chế độ cho phép cài đặt thông số ngưỡng[4]

b. Giao diện biểu đồ nhiệt độ - GRAPH



Hình 3.13 . Giao diện biểu đồ nhiệt độ - GRAPH

- No. : Thể hiện thứ tự các sự kiện diễn ra.
- Date: Thể hiện ngày diễn ra sự kiện.
- Time: Thể hiện thời gian chính xác của sự kiện được ghi nhận.
- UPPER A, UPPER B,...: Thể hiện giá trị nhiệt độ tại vị trí đó.

2. Nút nhấn “HOME” để trở về trang chính [4].

d. Giao diện cài đặt “SETTINGS” của màn hình.



Hình 3.15 . Giao diện cài đặt “SETTINGS” của màn hình.

Màn hình hiển thị bao gồm:

1. Cài đặt thời gian hiển thị.
2. Cài đặt cho màn hình: Thời gian lưu dữ liệu, Reset và Hiệu chỉnh lại màn hình.
3. Cài đặt thông số cho truyền thông: Modbus và Ethernet.
4. Trở lại màn hình chính [4].

3.4. Đề xuất triển khai thực tế

Từ các phân tích trên, giải pháp sử dụng cảm biến không dây PTSPS061 là lựa chọn ưu tiên trong hầu hết các nhà máy thủy điện Krông H'nh đang vận hành. Thiết bị này giúp giám sát an toàn, lắp đặt nhanh chóng và có thể tích hợp giám sát từ xa mà không cần thay đổi kết cấu thiết bị.

Bảng 3.4. Lý do chọn loại cảm biến nhiệt độ không dây PowerTech PTSPS061

Lý do	Giải thích
Không gian lắp đặt cực nhỏ	RMU/GIS không cho phép kéo dây hoặc lắp cảm biến truyền thống
Thiết bị đang hoạt động	Không cần ngắt điện – lắp cảm biến trực tiếp
Truyền dữ liệu linh hoạt	RF 433 MHz xuyên tốt qua vỏ tủ, dễ tích hợp SCADA/IoT
Không cần bảo trì	Tự cấp nguồn, tuổi thọ > 20 năm, không có pin để thay
An toàn cao	Không tiếp xúc điện, không ảnh hưởng cách điện trung áp
Hướng đến bảo trì thông minh	Lưu log, theo dõi xu hướng nhiệt độ, cảnh báo từ xa

Trường hợp nên chọn PTSPS061:

- Hệ thống đang hoạt động , không cần cắt điện.
- Thiết bị hợp bộ dạng kín (RMU, GIS).
- Cần tích hợp SCADA hoặc cảnh báo sớm.

Trường hợp nên cân nhắc RTD Pt100:

- Dự án mới xây dựng.
- Có thể chủ động bố trí dây và cổng kết nối.
- Yêu cầu điều khiển làm mát tức thời bằng tín hiệu analog.

- **Rủi ro nếu chọn giải pháp không phù hợp**

Việc lựa chọn sai loại cảm biến sẽ ảnh hưởng đến hiệu quả vận hành và an toàn điện.

- Khoan sai vị trí khi dùng RTD → ảnh hưởng đến cách điện và tạo điểm phóng hồ quang.
- Thi công RTD trong máy đang hoạt động → nguy hiểm tính mạng.
- Lắp PTSPS061 sai khoảng cách với bộ thu RF → mất tín hiệu, không cảnh báo.
- Thiếu cảnh báo sớm → không phát hiện tăng nhiệt âm thầm → cháy tiếp điểm, ngắt điện không mong muốn.

- **Ưu điểm**

- Tự cấp nguồn, không cần pin hay nguồn cấp: Thiết bị sử dụng công nghệ thu năng lượng từ trường không có pin, tuổi thọ > 20 năm, giảm hoàn toàn chi phí bảo trì năng lượng.
- Kích thước nhỏ, chống chịu môi trường khắc nghiệt và IP68: Thân thép hoặc vỏ nhựa đạt chuẩn kháng nước bụi – phù hợp lắp đặt trong tủ RMU/GIS nhiệt độ cao, độ ẩm lớn.
- Dễ gắn trên thiết bị đang hoạt động: Người dân kỹ thuật có thể gắn cảm biến lên máy biến áp, đầu nối hoặc thanh cái khi vẫn đang mang điện, không cần ngừng hệ thống.
- Truyền tín hiệu ổn định qua RF 433.92 MHz (Zigbee): Khoảng cách truyền 0.4–20 m qua tường kim loại và ≥ 500 m khi không bị chắn, đảm bảo kết nối với SCADA/Gateway.
- Độ chính xác cao, phù hợp ứng dụng công nghiệp: Sai số ± 1 °C, tốc độ đo mỗi 10 s, tần suất phát ~20–100 s (tùy nhiệt độ), giúp nhận biết nhanh sự thay đổi nhiệt độ.

- Tích hợp Modbus-RTU, phù hợp SCADA/IoT: Có sẵn giao thức công nghiệp; dễ tích hợp vào hệ thống giám sát điện như VizionEye.

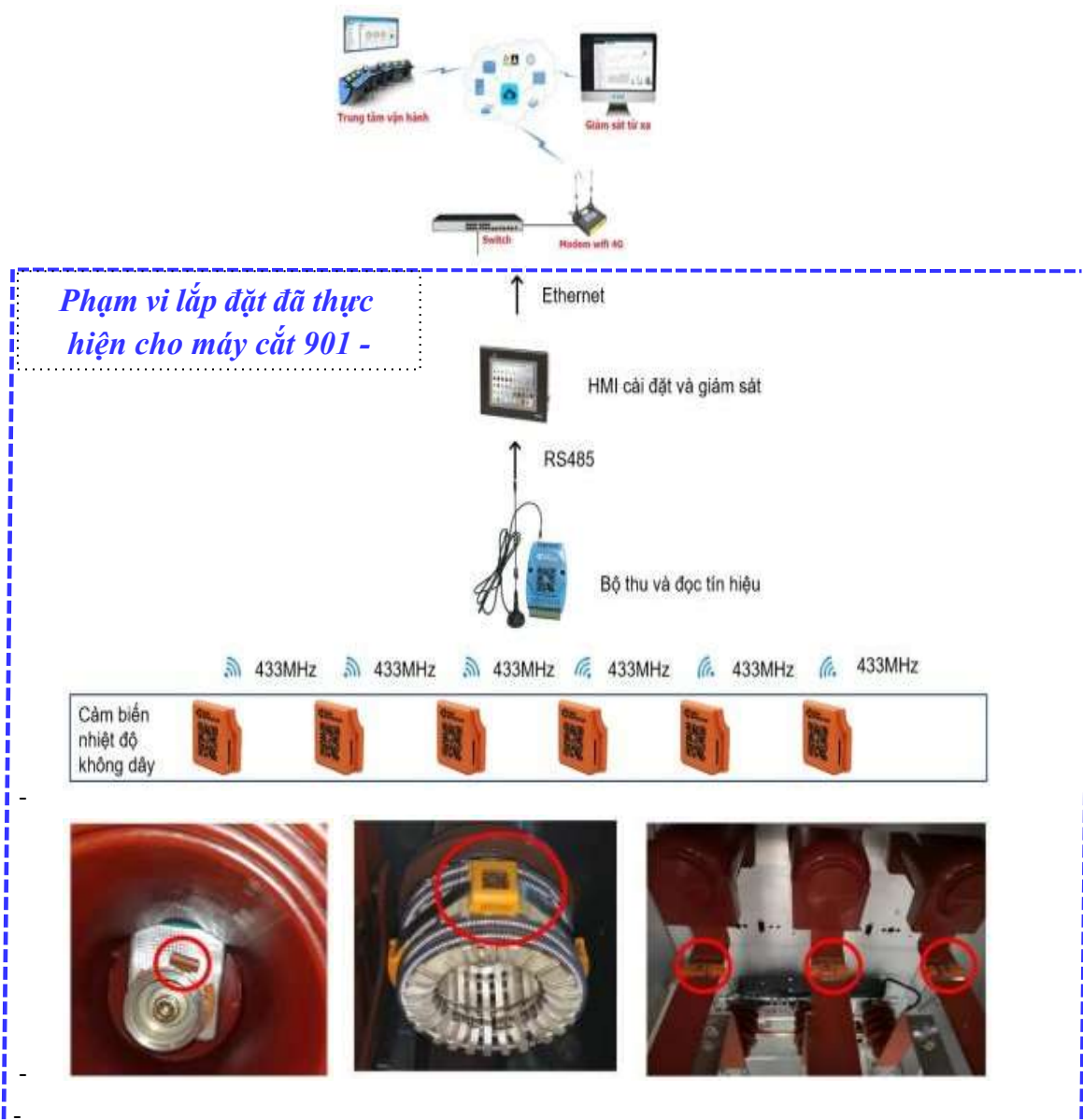
- **Nhược điểm**

- Chi phí đầu tư ban đầu cao hơn cảm biến có dây: Giá cao hơn, nhưng xét vòng đời > 20 năm, không cần bảo trì, loại chi phí nhân công và downtime sẽ bù đắp hiệu quả.
- Cần bố trí gateway thu sóng RF: Cần ít nhất một gateway đặt đúng vị trí để nhận dữ liệu nếu lắp sai hoặc quá xa, chất lượng truyền có thể kém.
- Tín hiệu RF bị suy giảm khi nhiều lớp chắn kim loại: Trong trường hợp tủ kín nhiều lớp, nên khảo sát vị trí lắp và có thể sử dụng repeater để tăng độ tin cậy.
- Khó di chuyển sau khi gắn cố định: Cảm biến dán bền, không dễ tháo gỡ để tái sử dụng cần lựa chọn vị trí cố định từ đầu.

→ kết luận: Thiết bị cảm biến không dây PTSP5061 phù hợp cho nhà máy thủy điện Krông H'nh vì có thể lắp đặt nhanh mà không cần cắt điện, truyền dữ liệu ổn định, không cần bảo trì và tương thích tốt với thiết bị hợp bộ dạng kín như RMU/GIS. Đây là giải pháp giám sát an toàn, hiệu quả và hiện đại.

CHƯƠNG IV: NGHIÊN CỨU LẮP ĐẶT THIẾT BỊ CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ KHÔNG DÂY PTSPS061 TẠI NHÀ MÁY.

4.1. Khi lắp thiết bị cảm biến nhiệt độ không dây PTSPS061 cho máy cắt 901 tại nhà máy



Hình 4.1 .Lắp thiết bị cảm biến nhiệt độ không dây PowerTech PTSPS061 cho nhà máy

4.1.1. Nguyên lý hoạt động sau khi lắp thiết bị cảm biến nhiệt độ không dây PTSPS061 vào máy cắt 901 tại nhà máy

Cách hoạt động của thiết bị khi lắp vào tiếp điểm của máy cắt hợp bộ trung áp cấp điện áp 10,5kv: Hệ thống giám sát nhiệt độ máy cắt hợp bộ trung áp sử dụng cảm biến không dây PTSPS061 hoạt động theo quy trình khép kín và liên tục.

Ban đầu, cảm biến đo nhiệt độ trực tiếp tại các vị trí tiếp xúc như tiếp điểm trên, tiếp điểm dưới, thanh cái hoặc đầu cáp của máy cắt. Các giá trị nhiệt độ này được truyền không dây bằng sóng RF tần số 433MHz đến bộ thu tín hiệu. Bộ thu sau đó giải mã dữ liệu này sang tín hiệu số và chuyển tiếp về màn hình giám sát HMI thông qua giao thức truyền thông RS485 (Modbus RTU). Tại HMI, dữ liệu được hiển thị trực quan, giúp người vận hành giám sát tình trạng hoạt động, theo dõi nhiệt độ theo thời gian thực và nhận cảnh báo kịp thời khi nhiệt độ vượt ngưỡng. Tiếp đó, HMI sẽ truyền dữ liệu đã xử lý lên trung tâm giám sát SCADA qua mạng Ethernet nội bộ hoặc thông qua modem Wi-Fi 4G để phục vụ quản lý từ xa, phân tích dữ liệu và thực hiện bảo trì dự đoán. Hệ thống này đảm bảo vận hành an toàn, liên tục, hiệu quả và dễ triển khai trong các điều kiện môi trường công nghiệp phức tạp.

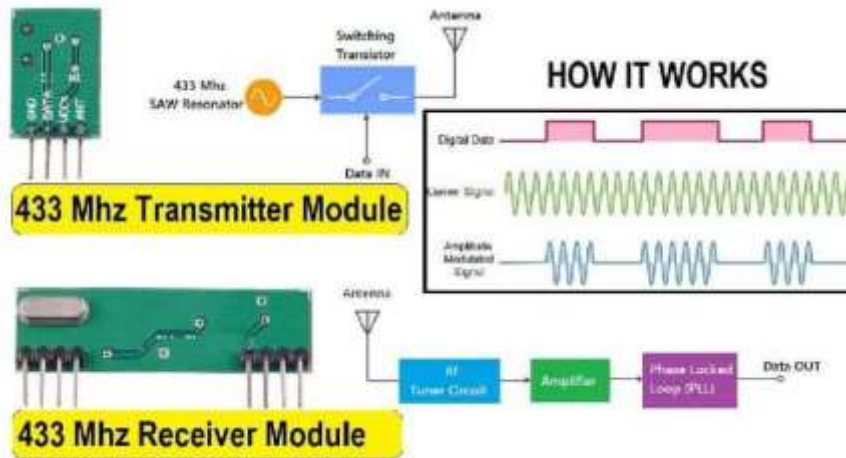
4.1.1.1. Cảm biến nhiệt độ không dây (PTSPS061) → Bộ thu và đọc tín hiệu

Sau khi đo nhiệt độ, cảm biến PTSPS061 truyền dữ liệu đến bộ thu thông qua sóng vô tuyến RF ở tần số 433MHz – thuộc dải tần Sub-GHz. Tần số này có ưu điểm xuyên vật cản tốt, chống nhiễu cao, phù hợp với môi trường điện công nghiệp nhiều kim loại và thiết bị cao áp. Thông tin truyền đi có dạng gói dữ liệu nhỏ định kỳ, chứa giá trị nhiệt độ và ID của cảm biến, bảo đảm khả năng định danh và xử lý dữ liệu nhiều điểm đo cùng lúc.

a. **Mô-đun RF 433 MHz** : là một lựa chọn phổ biến và dễ tiếp cận đối với những người đam mê, kỹ sư và nhà phát triển IoT. Các mô-đun tần số vô tuyến này cung cấp điểm vào giá cả phải chăng vào giao tiếp không dây, cho phép mọi thứ từ điều khiển từ xa đơn giản đến mạng cảm biến phức tạp. Hướng dẫn này khám phá những điều cơ bản của giao tiếp mô-đun RF 433 MHz, giúp bạn hiểu cách triển khai các thành phần đa năng này trong các dự án của mình.

RF 433 MHz hoạt động ở tần số 433.92 MHz, thuộc dải tần ISM (Industrial,

Scientific, and Medical) không cần giấy phép tại nhiều quốc gia. Giao thức này thường được sử dụng trong các ứng dụng yêu cầu truyền dữ liệu đơn giản, tiêu thụ điện năng thấp và chi phí triển khai thấp.



Hình 4.2. module truyền nhận vô tuyến sử dụng tần số (RF 433 MHz Transmitter/Receiver module)

Một hệ thống truyền thông RF 433 MHz thông thường bao gồm hai thành phần chính:

1. Mô-đun máy phát : Chuyển đổi tín hiệu số thành sóng vô tuyến
2. Mô-đun thu : Thu sóng vô tuyến và chuyển đổi chúng trở lại thành tín hiệu số

Các mô-đun này phổ biến vì chúng:

- Không đắt (thường dưới 5 đô la cho một cặp máy phát-máy thu)
- Yêu cầu các thành phần bên ngoài tối thiểu
- Hoạt động ở mức tiêu thụ điện năng thấp
- Cung cấp phạm vi hợp lý (30-100 mét trong điều kiện tối ưu)
- Làm việc với giao diện kỹ thuật số đơn giản[8]

b. Nguyên lý hoạt động

• Truyền dữ liệu: Khi tín hiệu số được đưa vào module phát, nó sẽ được điều chế và truyền qua sóng vô tuyến ở tần số 433.92 MHz.

• Nhận dữ liệu: Module thu nhận sóng vô tuyến, giải điều chế và chuyển đổi thành tín hiệu số để xử lý.[8]

c. Ưu điểm

Giao thức RF 433MHz là lựa chọn rất phổ biến trong các ứng dụng công nghiệp và dân dụng nhờ vào đặc điểm tiêu thụ năng lượng thấp, chi phí rẻ và khả năng truyền xa trong môi trường có nhiều vật cản. Với việc hoạt động ở dải tần Sub-GHz, RF 433MHz mang lại độ ổn định cao và dễ dàng triển khai ở các khu vực hạ tầng hạn chế.

- Tiêu thụ điện năng thấp: Phù hợp cho thiết bị dùng pin hoặc cảm biến không cần bảo trì trong thời gian dài.
- Xuyên vật cản tốt: Tần số 433MHz truyền qua tường, kim loại và thiết bị điện tốt hơn so với Wi-Fi hoặc Zigbee.
- Chi phí thấp: Module truyền và nhận rất rẻ, dễ tích hợp vào mạch điện tử.
- Thiết kế đơn giản: Dễ triển khai mà không cần cấu hình phức tạp hay mạng mesh.
- Phù hợp cho dữ liệu ngắn, giám sát định kỳ: Lý tưởng cho các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, trạng thái đơn giản.[8]

d. Nhược điểm

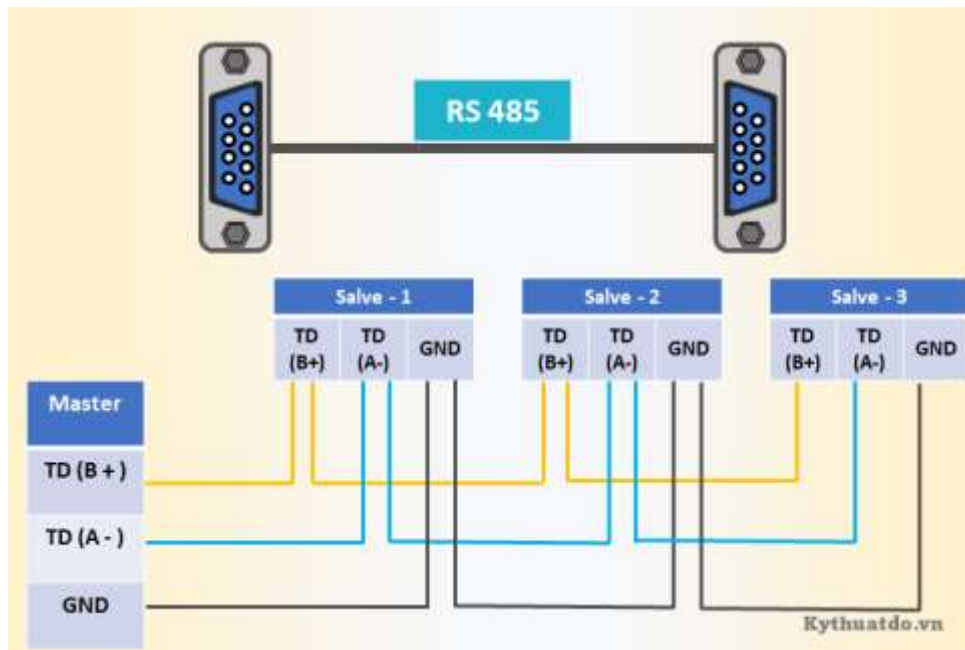
Dù có nhiều điểm mạnh, RF 433MHz vẫn tồn tại một số hạn chế nhất định, đặc biệt nếu so với các giao thức hiện đại như Zigbee hay LoRa. Những nhược điểm này cần được cân nhắc khi lựa chọn cho các hệ thống có yêu cầu bảo mật cao, tốc độ lớn hoặc khả năng mở rộng mạng.

- Chỉ truyền một chiều: Không có cơ chế xác nhận hoặc phản hồi, dễ mất gói dữ liệu.
- Bảo mật thấp: Không có mã hóa mặc định, dễ bị giả mạo tín hiệu nếu không có lớp bảo vệ bổ sung.
- Không hỗ trợ mạng mesh: Không thể mở rộng linh hoạt hoặc định tuyến qua các nút trung gian như Zigbee.
- Không phù hợp cho truyền dữ liệu lớn, liên tục: Tốc độ thấp (~1–10 kbps), không thích hợp cho video, âm thanh hay điều khiển tức thời.
- Bị giới hạn vùng phủ sóng trong môi trường có nhiều nhiễu RF: Có thể bị ảnh hưởng bởi các thiết bị cùng dải tần (như cửa cuốn, remote RF...).[8]

4.1.1.2. Bộ thu và đọc tín hiệu → HMI (giao tiếp qua RS485)

a. Sau khi thu tín hiệu từ cảm biến, bộ thu sẽ chuyển đổi tín hiệu 433MHz thành dữ liệu truyền qua RS485.

RS485 là một chuẩn truyền thông vật lý cho phép truyền dữ liệu nối tiếp với khả năng chống nhiễu tốt và hỗ trợ kết nối nhiều thiết bị trên cùng một đường truyền. Modbus RTU là một giao thức truyền thông ở lớp ứng dụng, hoạt động theo mô hình Master-Slave, trong đó thiết bị Master gửi yêu cầu và thiết bị Slave phản hồi. Kết hợp RS485 với Modbus RTU tạo thành một hệ thống truyền thông hiệu quả, đáng tin cậy trong các ứng dụng công nghiệp.



Hình 4.3. Giao tiếp qua RS485[9]

b. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

• Cấu tạo

- Đường truyền RS485: Sử dụng hai dây tín hiệu (A và B) để truyền dữ liệu theo phương thức vi sai, giúp giảm nhiễu và cho phép truyền dữ liệu ở khoảng cách xa.
- Thiết bị Master: Thường là PLC, HMI hoặc máy tính, có nhiệm vụ gửi lệnh và nhận dữ liệu từ các thiết bị Slave.
- Thiết bị Slave: Là các cảm biến, bộ truyền động hoặc thiết bị đo lường, phản hồi lại các yêu cầu từ Master [9].

• Nguyên lý hoạt động

Trong hệ thống Modbus RTU qua RS485:

1. Master gửi một khung dữ liệu chứa địa chỉ của Slave, mã chức năng và dữ liệu yêu cầu.
2. Slave nhận được yêu cầu, xử lý và gửi phản hồi tương ứng.
3. Giao tiếp diễn ra theo chu kỳ, với Master chủ động gửi yêu cầu và Slave chỉ phản hồi khi được hỏi.

Khung dữ liệu Modbus RTU bao gồm:

- Địa chỉ Slave (1 byte)
- Mã chức năng (1 byte)
- Dữ liệu (n byte)
- CRC (2 byte) để kiểm tra lỗi [9]

c. Ưu điểm

- Độ tin cậy cao: RS485 sử dụng truyền vi sai giúp chống nhiễu tốt, phù hợp với môi trường công nghiệp.
- Kết nối nhiều thiết bị: Hỗ trợ kết nối lên đến 32 thiết bị Slave trên cùng một đường truyền.
- Chi phí thấp: Thiết bị và cáp RS485 có giá thành hợp lý, dễ triển khai.
- Khoảng cách truyền xa: Có thể truyền dữ liệu lên đến 1200 mét với tốc độ phù hợp [9].

d. Nhược điểm

- Truyền thông một chiều: Slave chỉ phản hồi khi được Master yêu cầu, không thể tự gửi dữ liệu.
- Không hỗ trợ mạng phức tạp: RS485 không hỗ trợ cấu trúc mạng như mạng sao hoặc mesh.
- Tốc độ truyền hạn chế: Tốc độ truyền tối đa khoảng 10 Mbps, thấp hơn so với các giao thức hiện đại như Ethernet [9].

4.1.1.3. Kết nối HMI → SCADA trung tâm qua Ethernet

Sau khi nhận dữ liệu từ cảm biến không dây thông qua bộ thu RF và giao tiếp RS485, HMI (Human-Machine Interface) đóng vai trò là thiết bị trung gian xử lý và chuyển tiếp dữ liệu lên hệ thống giám sát SCADA trung tâm. Để thực hiện điều này, HMI sử dụng giao tiếp Ethernet (LAN) để kết nối vào hạ tầng mạng của nhà máy hoặc hệ thống từ xa thông qua Internet.

• Cách thức truyền dữ liệu từ HMI đến SCADA có thể thực hiện theo hai phương án:

- Qua switch mạng nội bộ (LAN): Trong trường hợp hệ thống vận hành trong phạm vi nội bộ nhà máy, HMI sẽ kết nối với switch mạng nội bộ để truyền dữ liệu trực tiếp đến máy chủ SCADA đặt tại trung tâm điều khiển. Đây là phương án phổ biến với độ trễ thấp, bảo mật cao và không phụ thuộc vào kết nối bên ngoài.
- Qua modem Wi-Fi 4G: Nếu hệ thống đặt ở khu vực xa, không có hạ tầng mạng LAN hoặc cần giám sát từ xa qua Internet, HMI sẽ kết nối với modem 4G hoặc Wi-Fi router để gửi dữ liệu lên nền tảng SCADA cloud hoặc server tập trung thông qua mạng di động. Đây là giải pháp linh hoạt cho các trạm điện lẻ, vùng sâu vùng xa.

• Các giao thức phổ biến dùng để truyền dữ liệu qua Ethernet gồm:

- Modbus TCP/IP: Phiên bản giao thức Modbus chạy trên nền TCP/IP – đơn giản,

hiệu quả, phổ biến trong công nghiệp.

- MQTT: Giao thức nhẹ, được sử dụng nhiều trong các hệ thống IoT và SCADA hiện đại – tối ưu hóa băng thông và độ trễ.
- HTTP API: Cho phép truyền dữ liệu lên web server hoặc nền tảng giám sát trên cloud.
- Giao thức tùy chỉnh: Do nhà sản xuất thiết bị cung cấp để phù hợp với phần mềm SCADA riêng biệt.

- **giới thiệu phần mềm vizioneye™**

Phần mềm giám sát là một công cụ thiết yếu cho phép giám sát theo thời gian thực để có được hiệu suất và bảo mật tối ưu. Nó cung cấp thông tin chi tiết quan trọng về các lỗi tiềm ẩn, theo dõi các mẫu nhiệt và quản lý hiệu quả năng lượng. Với các cảnh báo ngay lập tức về các điều kiện bất thường và phân tích toàn diện, nó nâng cao năng suất và ngăn ngừa thời gian chết tốn kém.

VizionEye™ là một nền tảng giám sát thông minh, tích hợp IoT, được thiết kế để theo dõi, quản lý và cảnh báo thiết bị điện công suất lớn (máy biến áp, máy cắt, switchgear...) theo thời gian thực. Được phát triển bởi Power Technologies (Singapore), phần mềm hỗ trợ ứng dụng trong môi trường như trạm biến áp, trung tâm dữ liệu, nhà máy. Công cụ giám sát VizionEye™, sử dụng công nghệ M&T, cung cấp một giải pháp chủ động. Bằng cách phân tích các số liệu năng lượng để giảm lãng phí, công cụ giám sát năng lượng VizionEye™ giúp xác định mức tiêu thụ điện quá mức và phát hiện các bất thường trong việc sử dụng năng lượng. Hơn nữa, việc giám sát nhiệt liên tục của công cụ này có thể ngăn ngừa hơn 80% các lỗi do con người gây ra, hoàn hảo cho việc quản lý năng lượng. Điều này đảm bảo doanh nghiệp công nghiệp của bạn vẫn được bảo vệ khỏi các mối nguy hiểm ẩn trong khi vẫn duy trì hoạt động tối ưu [10].

- **Các tính năng của phần mềm vizioneye™**

- Bảo trì dự đoán thông minh: Xác định các lỗi tiềm ẩn và nâng cao hiệu suất của các tài sản cực kỳ quan trọng bằng thông tin chi tiết và cảnh báo.

- Quản lý thiết bị từ xa: Duy trì tình trạng, khả năng kết nối và bảo mật cho tài sản của bạn từ xa.
- Hệ thống giám sát năng lượng & mục tiêu VizionEye™: sử dụng Giám sát và Nhắm mục tiêu (M&T), một kỹ thuật tiết kiệm năng lượng để giảm thiểu chất thải.
- SLD: Tính năng sơ đồ điện một đường tích hợp trong VizionEye™ hỗ trợ biểu diễn hệ thống phân phối điện dưới dạng đồ họa.
- Điểm chuẩn và ngưỡng: Thiết lập giới hạn nhiệt theo tiêu chuẩn nhiệt ảnh quốc tế[10].

- Lợi ích của Phần mềm giám sát VizionEye™



Hình 4.5 . Lợi ích của Phần mềm giám sát VizionEye™

- Ứng dụng phần mềm giám sát VizionEye™

Phần mềm giám sát VizionEye™ linh hoạt và có khả năng thích ứng, tích hợp dễ dàng vào nhiều ứng dụng. Phần mềm được thiết kế chuyên nghiệp để giám sát các thanh cái điện áp thấp và trung bình quan trọng và các đầu cáp, máy biến áp, nguồn điện liên tục và các đơn vị phân phối điện. Điều này làm cho phần mềm trở thành một công cụ thiết yếu trong nhiều lĩnh vực khác nhau, cung cấp các giải pháp giám sát nhiệt và năng lượng toàn diện giúp bảo vệ hoạt động và tối đa hóa hiệu suất [10].

- Một số hình ảnh thực tế khi Kết nối HMI → SCADA trung tâm qua Ethernet của trạm long thành



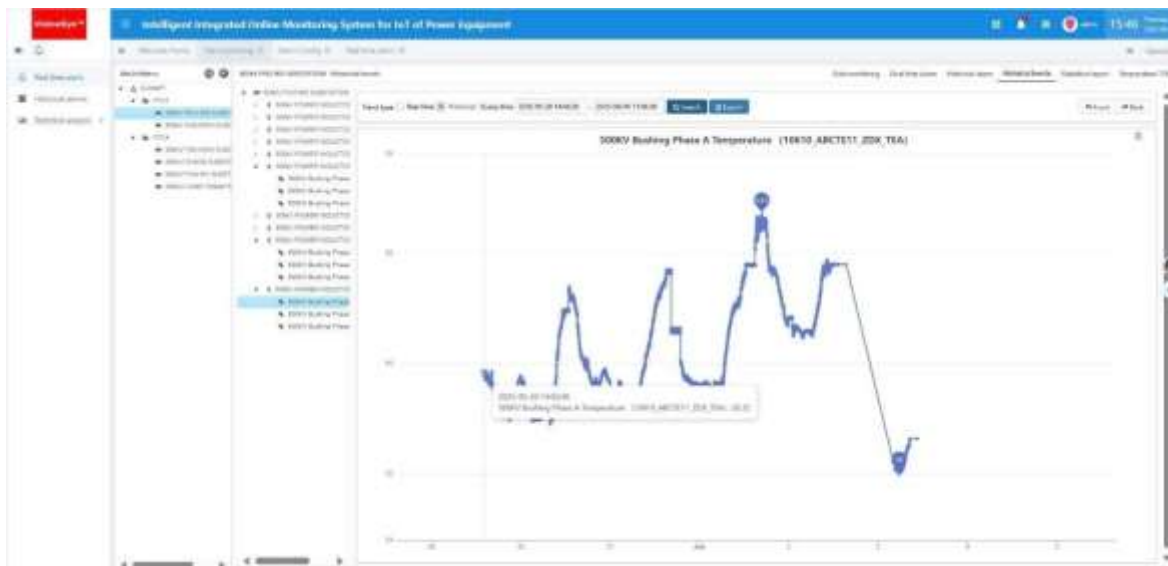
Hình 4.4 . Hệ thống giám sát tích hợp thông minh cho thiết bị điện qua IoT



Hình 4.6 . Hiện thị các thông tin giám sát thực tế tại trạm biến áp



Hình 4.7 .Giao diện giám sát nhiệt độ thời gian thực của một thiết bị trong trạm điện



Hình 4.8 . Biểu đồ theo dõi nhiệt độ qua thời gian cho một điểm giám sát cụ thể trong trạm biến áp.

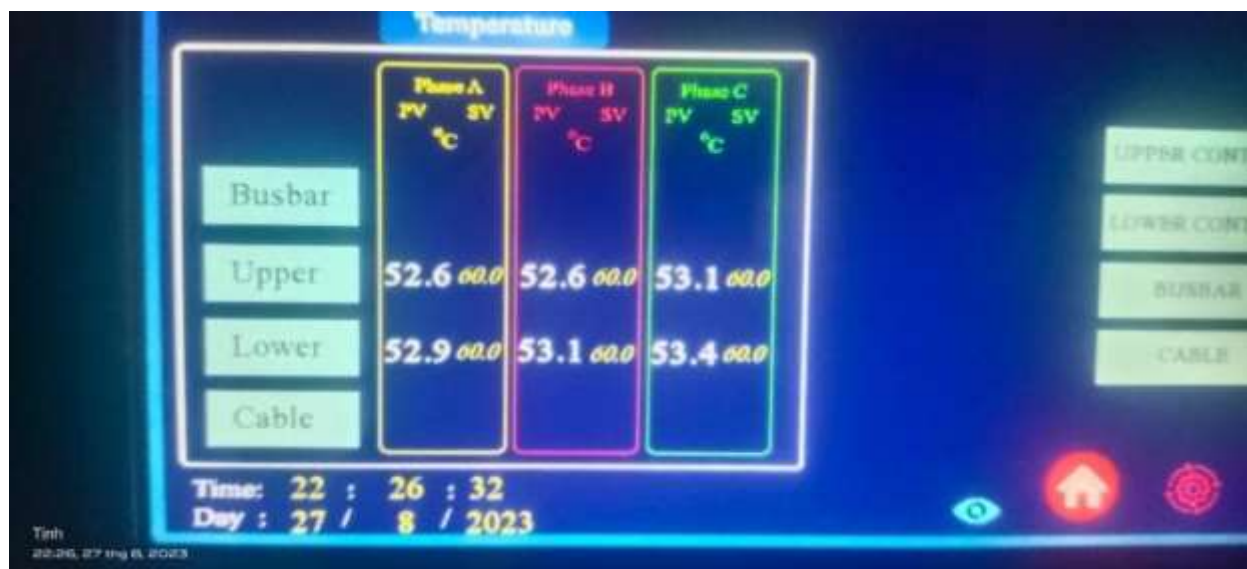
- Hình ảnh kết quả lắp thiết bị cảm biến nhiệt độ không dây PowerTech PTSPS061 cho nhà máy:



Hình 4.9. Cảm biến nhiệt không dây lắp tại tiếp điểm máy cắt 901



Hình 4.10. Màn hình HMI giám sát lắp tại tủ



Hình 4.11. Giám sát thông số nhiệt độ tại màn hình HMI khi tổ máy phát điện

4.1.2. So sánh trước và sau khi ứng dụng cảm biến nhiệt độ

Trước khi ứng dụng các cảm biến nhiệt độ không dây như PTSPS061, việc giám sát tình trạng nhiệt của máy cắt hợp bộ trung áp tại các nhà máy điện, đặc biệt là nhà máy thủy điện, phụ thuộc chủ yếu vào phương pháp kiểm tra thủ công. Nhân viên vận hành thường phải quan sát hiện tượng bất thường bằng mắt thường, như biến màu lớp sơn, phát nhiệt, mùi khét, hoặc sử dụng súng bắn nhiệt độ định kỳ khi thiết bị đang dừng vận hành hoặc trong điều kiện an toàn. Điều này không chỉ mang tính chủ quan cao, mà còn bị giới hạn bởi tần suất kiểm tra và độ trễ phát hiện sự cố.

Khi hệ thống cảm biến nhiệt độ không dây được lắp đặt, việc giám sát được thực hiện liên tục và tự động, cung cấp dữ liệu thời gian thực, đồng thời cảnh báo ngay khi phát hiện sự gia tăng bất thường về nhiệt độ tại các vị trí nguy hiểm như tiếp điểm hoặc đầu cáp. Dữ liệu được truyền về HMI và SCADA, giúp người quản lý theo dõi từ xa và lưu trữ lịch sử để phân tích xu hướng.

Để lựa chọn được một mạch đo nhiệt độ tối ưu cho máy cắt hợp bộ trung áp cấp điện áp 10,5kV, cần xem xét một cách toàn diện các tiêu chí kỹ thuật và vận hành thực tế. Trước hết, độ chính xác của cảm biến là yếu tố quan trọng, đảm bảo khả năng phát hiện sớm những điểm nóng bất thường – vốn là nguyên nhân chính gây nên cháy tiếp điểm hoặc suy giảm cách điện. Tiếp theo là khả năng lắp đặt mà không cần ngắt điện thiết bị, điều này đặc biệt quan trọng trong hệ thống đang vận hành, giúp tránh gián đoạn cung cấp điện.

Tốc độ triển khai và chi phí thi công cũng cần được xem xét, nhất là trong các trạm có nhiều điểm đo hoặc điều kiện thao tác khó khăn. Ngoài ra, trong bối cảnh chuyển đổi số, một mạch đo lý tưởng nên hỗ trợ giám sát từ xa, có khả năng tích hợp với các hệ thống IoT, SCADA hoặc nền tảng phân tích dữ liệu. Đồng thời, mức độ bảo trì thấp và tuổi thọ thiết bị cao sẽ giúp giảm chi phí vận hành về lâu dài. Cuối cùng, khả năng tương thích với hệ thống SCADA hiện hữu là một tiêu chí then chốt để đảm bảo dữ liệu nhiệt độ được sử dụng hiệu quả trong điều hành và cảnh báo sự cố.

Bảng 4.1. so sánh trước và sau khi lắp cảm biến nhiệt độ không dây

Tiêu chí	Trước khi lắp cảm biến	Sau khi lắp cảm biến PTSPS061
Phương pháp giám sát	Thủ công, mắt thường	Tự động, không dây, truyền dữ liệu liên tục
Tần suất kiểm tra	Không liên tục, 6 tháng 1 lần tháo ra bảo trì và đánh giá, phụ thuộc con người	24/7, giám sát theo thời gian thực
Tính chủ động	Phản ứng khi có dấu hiệu bất thường	Chủ động cảnh báo trước khi sự cố xảy ra
Độ tin cậy	Chủ quan, sai số cao do yếu tố môi trường	Chính xác, sai số nhỏ, dữ liệu định danh theo cảm biến
An toàn khi vận hành	Có nguy cơ tiếp xúc gần thiết bị mang điện	Không tiếp xúc trực tiếp, an toàn tuyệt đối
Tích hợp hệ thống điều khiển	Không thể tích hợp với SCADA	Dễ dàng tích hợp với SCADA, cloud, IoT
Chi phí đầu tư ban đầu	Thấp	Cao hơn (nhưng giảm chi phí vận hành về lâu dài)
Chi phí vận hành & bảo trì	Tốn công, cần nhân lực	Thấp, bảo trì không thường xuyên, độ bền cao

4.2. Tổng kết kết quả nghiên cứu

Thông qua quá trình khảo sát và phân tích thực tế các sự cố trong vận hành máy cắt hợp bộ trung áp cấp điện áp 10,5kV, đề tài đã xác định được hiện tượng quá nhiệt tại tiếp

điểm là một trong những nguyên nhân chính gây hư hỏng thiết bị, dẫn đến cháy rỗ, phóng điện cục bộ hoặc suy giảm cách điện nghiêm trọng. Sự cố này thường bắt nguồn từ tiếp xúc không hoàn hảo, đóng cắt lặp lại nhiều lần hoặc kết cấu lò xo cơ khí mất độ đàn hồi, làm giảm lực ép tại các bề mặt tiếp điểm.

Việc giám sát nhiệt độ thường xuyên được đánh giá là giải pháp hiệu quả để phát hiện sớm các dấu hiệu bất thường, cho phép người vận hành chủ động kiểm tra và xử lý trước khi xảy ra hư hỏng nghiêm trọng. Đề tài đã triển khai hệ thống sử dụng cảm biến nhiệt độ không dây PTSPS061 để giám sát trực tiếp nhiệt độ tại các điểm kết nối và vị trí nguy cơ cao, cho thấy khả năng hoạt động ổn định, chính xác và dễ dàng tích hợp vào hệ thống SCADA hiện hữu. Cảm biến hoạt động ở tần số 433 MHz, không cần cấp nguồn, giúp rút ngắn thời gian thi công, đặc biệt phù hợp với thiết bị hợp bộ kín.

Kết quả thu được cho thấy giải pháp đã nâng cao rõ rệt khả năng phát hiện sớm sự cố nhiệt, giảm thiểu thời gian ngắt điện không mong muốn, đồng thời hạn chế tối đa thiệt hại do sự cố cháy tiếp điểm gây ra. Việc cảnh báo nhanh và rõ ràng giúp tối ưu hóa quy trình vận hành, tăng tuổi thọ thiết bị và giảm gánh nặng bảo trì định kỳ.

4.3. Đóng góp của đề tài

Giải pháp giám sát nhiệt độ bằng cảm biến không dây mang lại nhiều giá trị thực tiễn, đặc biệt trong bối cảnh công nghiệp hóa và hiện đại hóa hệ thống điện. Đề tài đã chứng minh rằng việc áp dụng cảm biến không dây vào máy cắt trung áp không những khả thi về mặt kỹ thuật mà còn mang lại hiệu quả cao về kinh tế và vận hành, nhờ vào tính linh hoạt, chi phí bảo trì thấp và khả năng mở rộng.

Về mặt ứng dụng, hệ thống có thể triển khai rộng rãi tại các nhà máy thủy điện, nơi thường xuyên vận hành thiết bị trung áp trong môi trường kín, ẩm hoặc nhiều bụi, nơi việc giám sát thủ công hoặc bằng cảm biến có dây gặp nhiều hạn chế. Không chỉ dừng lại ở máy cắt, giải pháp này còn có thể áp dụng cho các thiết bị khác như đầu cáp, thanh cái, máy biến áp phân phối, phục vụ mục tiêu giám sát toàn diện và bảo trì dự đoán.

Ngoài ra, đóng góp nổi bật của đề tài là đã thúc đẩy nhận thức về tầm quan trọng của giám sát nhiệt độ theo thời gian thực trong công tác vận hành hệ thống điện, đồng thời mở ra hướng ứng dụng công nghệ không dây kết hợp IoT và SCADA trong các hệ thống năng lượng hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] CÔNG TY CP THIẾT BỊ ĐIỆN & XÂY DỰNG CÔNG NGHIỆP VIỆT NAM, “Máy cắt trung thế (trung áp) là gì?”.
- [2] “Uniswitch Medium Voltage Switchgear 12 kV, 17.5 kV, 24 kV 630 A and 1250 A Operation and Maintenance Manual.”
- [3] Makgil Viet Nam, “Cảm biến nhiệt độ RTD là gì? Ưu, nhược điểm và lưu ý khi mua”.
- [4] CÔNG TY TNHH THƯƠNG MẠI VÀ KỸ THUẬT Á CHÂU Nhà cung ứng vật tư tủ điện hàng đầu Việt Nam từ năm 2002, “Cảm Biến Nhiệt Độ Không Dây Tự Cấp Nguồn”.
- [5] CÔNG TY CỔ PHẦN THIẾT BỊ BẾN THÀNH, “Các vấn đề thường gặp trong thiết bị đóng cắt trung thế”.
- [6] ABB Ability Condition Monitoring for switchgear, “ABB Ability Electrical Condition Monitoring Temperature & Partial discharge monitoring Solution.”
- [7] CÔNG TY TNHH KỸ THUẬT ĐIỆN V.T.E.C.H, “SỔ TAY HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG HỆ THỐNG GIÁM SÁT NHIỆT ĐỘ.”
- [8] Gaurav Sarraf, “Cơ bản về truyền thông mô-đun RF 433 MHz: Hướng dẫn đầy đủ,” 2025.
- [9] H. D.-G. P. K. T. T. Đ. H. Hệ Thống IOT, “Modbus RTU (RS232 – RS485) là gì ? | Truyền thông Modbus RTU bằng cách nào ?”.
- [10] Bản quyền 2024 ©Power Technologies™, “Phần mềm giám sát Vizion Eye™”.