

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

**Thiết kế Rơ-le số bảo vệ và điều khiển
đóng cắt thông minh hệ thống điện tòa nhà
trên nền tảng Internet vạn vật**

NGUYỄN CÔNG HÀO

Hao.nguyencong173837@sis.hust.edu.vn

Ngành Kỹ thuật điện

Chuyên ngành Thiết bị Điện-Điện tử

Giảng viên hướng dẫn: TS. Đặng Hoàng Anh

Chữ ký của GVHD

Khoa: Điện

Trường: Trường Điện-Điện tử

HÀ NỘI, 7/2022

ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

**THIẾT KẾ RO-LE SỔ BẢO VỆ VÀ ĐIỀU KHIỂN ĐÓNG CẮT THÔNG MINH HỆ
THỐNG ĐIỆN TÒA NHÀ TRÊN NỀN TẢNG INTERNET VẠN VẬT**

Giáo viên hướng dẫn
Ký và ghi rõ họ tên

Lời cảm ơn

Lời đầu tiên, con xin gửi lời cảm ơn đến ông bà, bố mẹ đã dạy dỗ, chỉ bảo và nuôi nấng con thành người. Bố mẹ không chỉ là đấng sinh thành mà còn là những người thầy, người bạn yêu thương con một cách vô điều kiện. Suốt quãng thời gian là học sinh – sinh viên, bố mẹ đã không quản ngại vất vả, kiếm những đồng tiền bằng mồ hôi nước mắt cho con ăn học, không để con phải thiệt thòi so với bạn bè. Con cảm ơn bố mẹ rất nhiều.

Để đạt được thành quả như ngày hôm nay, em xin gửi lời cảm ơn đến thầy HA. Thời gian học và làm đồ án với thầy trên trường đã giúp em học hỏi được rất nhiều điều bổ ích cũng như rèn luyện được các kỹ năng giao tiếp và chia sẻ kiến thức tới mọi người.

Em cũng xin gửi lời cảm ơn đến toàn thể các thầy các thầy, các cô đã truyền đạt cho chúng em kiến thức và những kinh nghiệm quý báu bằng cả tâm huyết, giúp chúng em có hành trang tự tin bước vào đời.

Em xin cảm ơn tất cả những người bạn đã đồng hành cùng em trong suốt năm tháng Bách Khoa, luôn là chỗ dựa tinh thần vững chắc trong suốt quá trình học tập. Thời gian học ở Bách Khoa sẽ mãi là những ký ức tuyệt đẹp trong trí nhớ của em.

Trong quá trình làm đồ án tốt nghiệp, em đã cố gắng hết mình nhưng do thời gian và trình độ bản thân còn hạn chế nên đồ án tốt nghiệp của em còn nhiều thiếu sót. Em rất mong nhận được sự chia sẻ, và những ý kiến đóng góp từ thầy cô và các bạn để có thể hoàn thiện đề tài khi đưa và áp dụng thực tế.

Tóm tắt nội dung đồ án

Các thiết bị đóng cắt và bảo vệ về điện có một vai trò vô cùng quan trọng trong hệ thống điện. Rơ-le số là một thiết bị đóng cắt và bảo vệ có nhiệm vụ phát hiện và loại trừ phần tử bị sự cố ra khỏi hệ thống càng nhanh càng tốt, nhằm ngăn chặn và hạn chế tối đa những hậu quả của sự cố. Mặt khác xu hướng công nghiệp 4.0 hiện nay đang bùng nổ mạnh mẽ. Việc kết hợp Rơ-le số bảo vệ và điều khiển đóng cắt thông minh trên nền tảng Internet vạn vật đang là một định hướng mới trong việc thiết kế thiết bị đóng cắt và bảo vệ. Với mong muốn nghiên cứu tìm hiểu và thiết kế một thiết bị có khả năng bảo vệ các thiết bị điện khỏi các sự cố về điện và có thể điều khiển từ xa qua internet nên em đã quyết định chọn đề tài : “Nghiên cứu thiết kế Rơ-le số bảo vệ và điều khiển đóng cắt thông minh hệ thống điện tòa nhà trên nền tảng Internet vạn vật”. Đồ án này được phát triển từ đề tài Nghiên cứu khoa học cấp trường của 1 nhóm sinh viên trường Đại học Công Nghiệp Hà Nội.

Dưới đây là đề mục các chương được trình bày trong đồ án. Đồ án được chia làm 4 chương chính:

Chương 1: Tổng quan cơ sở lý thuyết về Rơ-le số.

Chương 2: Nghiên cứu thiết kế thiết bị Rơ-le số bảo vệ và đóng cắt thông minh.

Chương 3: Kiểm tra thử nghiệm hoạt động của Rơ-le số.

Chương 4: Kết luận.

Trong mỗi chương sẽ có các đề mục nhỏ nhằm phân tích cụ thể và nêu ra các bước cần triển khai cho từng nhiệm vụ.

Sinh viên thực hiện

Ký và ghi rõ họ tên

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI.....	1
1.1 Đặt vấn đề.	1
1.2 Mục tiêu và nhiệm vụ.....	1
1.3 Tìm hiểu chung về Rơ-le số.	2
1.3.1 Nguồn gốc của Rơ-le số.	2
1.3.2 Đặc điểm và cấu tạo của Rơ-le số điển hình.	2
1.4 Lý thuyết về sự cố quá dòng và ngắn mạch.....	4
1.4.1 Sự cố quá dòng.	4
1.4.2 Sự cố ngắn mạch.....	5
1.5 Tìm hiểu về đường đặc tính quá dòng của Rơ-le số.	6
CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ THIẾT BỊ BẢO VỆ VÀ ĐÓNG CẮT THÔNG MINH.	9
2.1 Thiết kế hệ thống đo và bảo vệ quá dòng điện của Rơ-le số.....	9
2.1.1 Tìm hiểu thiết bị và xây dựng mạch nguyên lý đo dòng điện của Rơ-le số. 9	
2.1.2 Xây dựng công thức và thuật toán tính dòng điện RMS và xác định bảo vệ quá dòng cho Rơ-le số.	14
2.2 Thiết kế hệ thống bảo vệ sự cố ngắn mạch.....	17
2.3 Thiết kế hệ thống bảo vệ và cảnh báo sự cố cháy của Rơ-le số.....	19
2.4 Thiết kế hệ thống đo và cảnh báo quá nhiệt của Rơ-le số.	21
2.5 Thiết kế khối truyền thông giao tiếp không dây và lập trình chương trình cho Rơ-le số.	22
2.5.1 Tìm hiểu về chip ESP32S.	22
2.5.2 Tìm hiểu về giao thức MQTT.	23
2.5.3 Lưu đồ thuật toán và chương trình cho vi điều khiển.	24
2.6 Thiết kế hệ thống đóng cắt cho tải thiết bị của Rơ-le số.....	29
2.6.1 Các vấn đề với điều khiển đóng cắt contactor và giải pháp....	29
2.6.2 Điều khiển đóng cắt tải thiết bị của Rơ-le số thông qua PLC sử dụng giao thức Modbus RS485.....	33
2.7 Thiết kế giao diện theo dõi hiện trạng và cảnh báo sự cố.....	40
2.7.1 Giới thiệu chung về HTML.....	40
2.7.2 Thiết kế giao diện theo dõi hiện trạng và cảnh báo sự cố trên HTML	40

2.8	Thiết kế lắp đặt tủ điện cho thiết bị Rơ-le số.	41
2.9	Thiết kế mạch đo thời gian tác động của Rơ-le số.....	42
CHƯƠNG 3. KIỂM TRA THỬ NGHIỆM HOẠT ĐỘNG CỦA RƠ-LE SỐ.		43
3.1	Kiểm tra hoạt động kết nối với mạng wifi của Rơ-le số.	43
3.2	Kiểm tra việc cài đặt thông số và điều khiển đóng cắt tải qua giao diện của Rơ-le số.....	44
3.3	Thí nghiệm tra hoạt động đo dòng điện của Rơ-le số.	46
3.4	Thí nghiệm kiểm tra hoạt động bảo vệ sự cố quá dòng của Rơ-le số.....	49
	3.4.1 Thí nghiệm kiểm tra với tải bóng đèn trên phòng thí nghiệm khí cụ điện.	49
	3.4.2 Thí nghiệm kiểm tra với tải giả lập dòng điện lớn.....	52
3.5	Thí nghiệm kiểm tra hoạt động bảo vệ sự cố ngắn mạch của Rơ-le số. ..	53
3.6	Thí nghiệm kiểm tra hoạt động đo nhiệt độ của Rơ-le số.....	55
3.7	Thí nghiệm kiểm tra hoạt động bảo vệ và cảnh báo cháy của Rơ-le số...	57
CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN.....		58
4.1	Kết luận	58
4.2	Hướng phát triển cho tương lai.	58
TÀI LIỆU THAM KHẢO		59

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Rơ-le số truyền thế hệ thứ nhất (1986)	2
Hình 1.2 Rơ-le số hiện đại	2
Hình 1.3 Rơ-le số hiện đại điển hình	2
Hình 1.4 Các dạng ngắt mạch	5
Hình 1.5 Đường cong đặc tính bảo vệ quá dòng của Rơ-le theo tiêu chuẩn IEEE C37.112-1996.....	6
Hình 2.1 Cấu tạo cơ bản của biến dòng (CT)	9
Hình 2.2 Kit Arduino Due.....	11
Hình 2.3 Sơ đồ nguyên lý mạch đo dòng điện Irms.....	12
Hình 2.4 Điện áp đưa vào vi xử lý sau khi đã được offset.....	13
Hình 2.5 Sơ đồ thuật toán đo và bảo vệ quá dòng	16
Hình 2.6 Mạch nguyên lý đo ngắt mạch	17
Hình 2.7 Module ngắt mạch và công tắc bit chọn dòng định mức trên mạch in	18
Hình 2.8 IC khuếch đại thuật toán LM358-SOP8.....	19
Hình 2.9 Điện trở Shunt FL-2-100A-75mV	19
Hình 2.10 Biến trở 100k ohm.....	19
Hình 2.11 IC so sánh lm393.....	19
Hình 2.12 3D module ngắt mạch	19
Hình 2.13 Module ngắt mạch thực tế.....	19
Hình 2.14 Module phát hiện cháy	20
Hình 2.15 Cảm biến nhiệt độ DS18B20 đầu ra digital (DFROBOT).....	21
Hình 2.16 Chip ESP32S.....	22
Hình 2.17 Mô hình giao thức MQTT.....	23
Hình 2.18 Cấu trúc chương trình Arduino	24
Hình 2.19 Cấu trúc chương trình ESP32.....	26
Hình 2.20 Lưu đồ thuật toán cho vi điều khiển ESP32.....	26
Hình 2.21 Congtactor 1 pha Chint NCH8-25/20 25A	30
Hình 2.22 Thiết bị Rơ-le số bị nhiễu từ trường lan truyền trong không khí.....	30
Hình 2.23 Thiết bị Rơ-le số bị nhiễu tín hiệu lan truyền trên đường dây	31
Hình 2.24 Mạch lọc RC Snubber	31
Hình 2.25 PLC Mitsubishi FX1N-20MT	32
Hình 2.26 Relay trung gian 24V 8 chân MY2NJ.....	32
Hình 2.27 Sơ đồ kết nối điều khiển đóng/cắt congtractor của Rơ-le số thông qua PLC.....	33
Hình 2.28 Giao thức Modbus RS485	34
Hình 2.29 Giao tiếp giữa các thiết bị sử dụng giao thức Modbus RS485	35

Hình 2.30 module chuyển giao tiếp UART TTL-RS485V2	36
Hình 2.31 Khung truyền giao thức Modbus RTU	36
Hình 2.32 Mã Function Code và chức năng	37
Hình 2.33 PLC Mitsubishi FX3U-14MT	37
Hình 2.34 Sơ đồ kết nối ESP32 và PLC FX3U-14MT	38
Hình 2.35 Lập trình PLC ở chế độ Slave và cài đặt các thông số.....	39
Hình 2.36 Giao diện	41
Hình 2.37 Bố trí các thiết bị trong tủ điện	41
Hình 2.38 Sơ đồ nguyên lý mạch đo thời gian tác động bảo vệ của Rơ-le số	42
Hình 2.39 Mạch đo thời gian tác động bảo vệ của Rơ-le số	42
Hình 3.1 Các bước cấu hình lại mạng wifi cho Rơ-le số(1)	43
Hình 3.2 Các bước cấu hình lại mạng wifi cho Rơ-le số(2)	43
Hình 3.3 Đèn led báo hiệu kết nối Wifi thành công	44
Hình 3.4 Các thông tin hiển thị lên màn hình của Rơ-le số	44
Hình 3.5 Nút bấm chọn dòng định mức cho các kênh	45
Hình 3.6 Kết nối tải bóng đèn vào tủ điện Rơ-le số bảo vệ	45
Hình 3.7 Tải bóng đèn và màn hình giao diện ở trạng thái bật.....	46
Hình 3.8 Màn hình Rơ-le số hiển thị ở trạng thái bật	46
Hình 3.9 Màn hình Rơ-le số hiển thị ở trạng thái tắt kênh 1	46
Hình 3.10 Tải bóng đèn và màn hình giao diện ở trạng thái tắt kênh 1	46
Hình 3.11 Thử nghiệm với tải ấm siêu tốc.....	47
Hình 3.12 Kết quả đọc dòng điện từ thiết bị với tải là ấm siêu tốc cho kênh 1 ...	47
Hình 3.13 Kết quả đọc dòng điện từ thiết bị với tải là ấm siêu tốc cho cả 5 kênh	47
Hình 3.14 Đo dòng bằng ampe kìm	48
Hình 3.15 Hệ thống đèn sợi đốt trên phòng thí nghiệm khí cụ điện.....	48
Hình 3.16 Dòng điện đo được từ Rơ-le số và Ampe kìm khi bật 3 bóng đèn	48
Hình 3.17 Dòng điện đo được từ Rơ-le số và Ampe kìm khi bật 6 bóng đèn	49
Hình 3.18 Tải 12 bóng đèn sử dụng cho thí nghiệm quá dòng	49
Hình 3.19 Thiết bị đo thời gian tác động bảo vệ quá tải của thiết bị	50
Hình 3.20 Tín hiệu quá dòng trên màn hình Rơ-le số.....	50
Hình 3.21 Tín hiệu quá dòng trên màn hình giao diện	50
Hình 3.22 Dòng điện đo được từ Rơ-le số và thời gian tác động đo được từ thiết bị.....	51
Hình 3.23 Đường đặc tính quá dòng đo được theo thời gian thực tế và lý thuyết.....	52
Hình 3.24 Tạo tải chạy với dòng cao	52
Hình 3.25 Dòng điện đo được và thời gian tác động đo được của Rơ-le số.....	52
Hình 3.26 Công tắc bit chọn dòng ngắn mạch cho từng kênh của Rơ-le số.....	53

Hình 3.27 Sơ đồ nguyên lý mạch tải giả	54
Hình 3.28 Điều chỉnh biến trở trên module tải giả	54
Hình 3.29 Tín hiệu ngắt mạch trên màn hình led.....	55
Hình 3.30 Tín hiệu ngắt mạch trên giao diện.....	55
Hình 3.31 Cảm biến DS18B20	56
Hình 3.32 Hiển thị nhiệt độ trên giao diện.....	56
Hình 3.33 Hiển thị nhiệt độ trên màn hình led.....	56
Hình 3.34 Thử nghiệm hoạt động báo cháy	57
Hình 3.35 Giao diện khi có sự cố cháy	57
Hình 3.36 Màn led khi có sự cố cháy.....	57

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1 Các hằng số của đặc tính tiêu chuẩn theo IEEE	7
Bảng 2.1 Thông số kỹ thuật Arduino Due	11
Bảng 3.1 Kết quả đường quá dòng.....	51
Bảng 3.2 Kết quả Reset quá dòng	51

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI

1.1 Đặt vấn đề.

Trong lịch sử phát triển đã chứng kiến bao thay đổi to lớn trong công nghệ chế tạo rơ-le bảo vệ. Rơ-le điện cơ đã được thay thế bởi rơ-le tĩnh, tiếp theo là rơ-le kỹ thuật số và bây giờ là rơ-le số. Mỗi thế hệ rơ-le đều được cải tiến về kích cỡ và các tính năng làm cho độ tin cậy của các rơ-le không ngừng được nâng cao. Điều này thể hiện thành công lớn trong việc thiết kế và chế tạo rơ-le. Về mặt kỹ thuật, rơ-le bảo vệ là các thiết bị tự động đóng vai trò canh gác không mệt mỏi, liên tục theo dõi tình trạng làm việc của đối tượng được bảo vệ: động cơ điện, máy biến áp, máy phát điện,... Những yêu cầu cơ bản của rơ-le đó là: tin cậy, chọn lọc, tác động nhanh, nhạy và kinh tế.

Mục tiêu của một hệ thống điện tòa nhà là phát và cung cấp điện năng cho các thiết bị điện. Hệ thống cần phải được thiết kế và quản lý sao cho có thể phân phối điện năng đến nơi tiêu thụ đạt được cả độ tin cậy và tính kinh tế. Từ những yêu cầu khắt khe của người dùng điện và về tính liên tục của nguồn cung cấp điện đã làm tăng tầm quan trọng của độ tin cậy và an toàn cung cấp điện. Thường thì những yêu cầu của độ tin cậy và tính kinh tế của hệ thống điện đối nghịch nhau, nên việc thiết kế cần phải cân nhắc kỹ lưỡng. Nhiều thiết bị điện có giá rất cao, do đó một hệ thống điện hoàn chỉnh sẽ cần một khoản đầu tư lớn, rất lớn. Để cho nguồn vốn đó được quay vòng tối đa, hệ thống phải được tận dụng càng nhiều càng tốt trong khả năng giới hạn của tính an toàn và tin cậy trong cung cấp điện. Tuy nhiên, một nguyên tắc nữa là hệ thống điện phải vận hành an toàn mọi lúc, mọi nơi. Cho dù hệ thống được thiết kế tốt như thế nào, các sự cố vẫn luôn luôn có thể xảy ra trên hệ thống điện, các sự cố này tượng trưng cho sự nguy hiểm cho tuổi thọ và đặc tính làm việc của thiết bị.

Về mặt chức năng thì, các thiết bị bảo vệ nói chung và các bộ rơ-le nói riêng có nhiệm vụ phát hiện và loại trừ phần tử bị sự cố ra khỏi hệ thống càng nhanh càng tốt, nhằm ngăn chặn và hạn chế tối đa những hậu quả của sự cố. Có thể nói rằng, thiết bị tự động được dùng phổ biến nhất để bảo vệ các hệ thống điện hiện đại là các rơ-le. Mặt khác nước ta hiện nay, đang theo xu hướng của thế giới khi công nghiệp 4.0 đang bùng nổ. Đó là xu hướng trong việc tự động hóa và trao đổi dữ liệu trong công nghệ sản xuất. Nó bao gồm các hệ thống không gian mạng thực-ảo, Internet Vạn Vật và điện toán đám mây. Vì vậy, nhận thức được những vấn đề trên em đã quyết định thực hiện nghiên cứu đề tài “ Nghiên cứu thiết kế Rơ-le số bảo vệ và điều khiển đóng cắt thông minh hệ thống điện tòa nhà trên nền tảng Internet vạn vật”.

1.2 Mục tiêu và nhiệm vụ.

- ❖ **Mục tiêu của đề tài:** Nghiên cứu thiết kế một mô hình rơ-le số có 2 chức năng chính sau:
 - Bảo vệ thiết bị điện khỏi các sự cố quá dòng và ngắn mạch.

- Điều khiển đóng cắt thông minh các rên nền tảng Internet vạn vật. kênh

❖ **Nội dung nhiệm vụ :**

- Tìm hiểu về rơ-le số và các đặc tính bảo vệ quá dòng và ngắn mạch.
- Thiết kế thiết bị rơ-le số sử dụng vi điều khiển có khả năng:
 - o Đo dòng điện và bảo vệ quá dòng điện.
 - o Đo dòng điện ngắn mạch và bảo vệ quá ngắn mạch.
 - o Điều khiển đóng cắt mạch điện động lực.
- Thiết kế mạch cảnh báo các sự cố liên quan.
- Thiết kế kết nối giao tiếp không dây.
- Thiết kế giao diện theo dõi, hiển thị cảnh báo và điều khiển.
- Lập trình vi điều khiển chẩn đoán và phân tích sự cố.
- Thí nghiệm kiểm tra hoạt động của thiết bị.

1.3 Tìm hiểu chung về Rơ-le số.

1.3.1 Nguồn gốc của Rơ-le số.

Role là một loại thiết bị điện tự động mà tín hiệu đầu ra thay đổi nhảy cấp khi tín hiệu đầu vào đạt những giá trị xác định. Rơ-le là thiết bị điện dùng để đóng cắt mạch điện điều khiển, bảo vệ và điều khiển sự làm việc của mạch điện động lực [1].

Rơ-le số là sự phát triển từ rơ-le kỹ thuật số nhờ vào sự tiến bộ của công nghệ. Chúng sử dụng nhiều hơn công nghệ xử lý tín hiệu số được tối ưu cho việc xử lý tín hiệu theo thời gian thực, sử dụng các thuật toán toán học để phục vụ các tính năng bảo vệ [3].

Rơ-le số là thiết bị tự động hóa được dùng trong hệ thống điện với mục đích phòng ngừa, ngăn chặn các thiệt hại kinh tế khi xảy ra các sự cố về điện. Những thiệt hại do sự cố điện xảy ra thường rất lớn, thậm chí nó còn vượt xa nhiều lần so với chi phí làm hệ thống bảo vệ rơ le. Chính vì thế mà rơ le đóng một vai trò rất quan trọng trong quá trình vận hành hệ thống điện.



Hình 1.1 Rơ-le số truyền thống hệ thứ nhất (1986)



Hình 1.2 Rơ-le số hiện đại

1.3.2 Đặc điểm và cấu tạo của Rơ-le số điển hình.

- Rơ-le số có những điểm nổi bật hơn rơ-le khác:

+ Tích hợp nhiều chức năng vào một bộ bảo vệ , nhờ đó kích thước của hệ thống bảo vệ và giá thành giảm đáng kể

+ Độ tin cậy và độ sẵn sàng cao do giảm được yêu cầu để bảo trì các chi tiết cơ khí và trạng thái của Rơ-le có thể được kiểm tra thường xuyên.

+ Độ chính xác cao nhờ các bộ lọc số và các thuật toán đo lường tối ưu.

+ Công suất tiêu thụ bé khoảng: 0,1VA (Rơ-le tĩnh 1VA, Rơ-le cơ 10VA).

+ Ngoài chức năng bảo vệ còn có thể thực hiện nhiều chức năng đo lường và tự động như: hiển thị và ghi chép các thông số của hệ thống trong các chế độ tải khi hoạt động bình thường và tải khi gặp sự cố, lưu trữ các dữ liệu cần thiết cho việc phân tích sự cố, xác định điểm sự cố,...

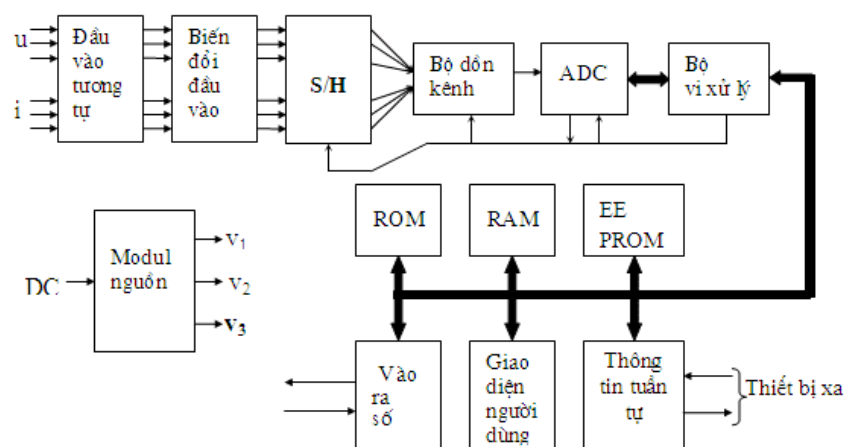
+ Có thể dễ dàng lấy ra được các thông tin thông qua cổng giao tiếp giữa Rơ-le với máy tính ví dụ cổng RS232...

+ Dễ dàng liên kết với các thiết bị bảo vệ khác và với mạng thông tin đo lường, điều khiển và bảo vệ của toàn hệ thống điện.

- Cấu tạo của rơ-le số điển hình:

+ Rơ-le số làm việc dựa trên nguyên tắc đo lường số, các giá trị số của đại lượng dòng và áp nhận được từ phai thứ cấp của TU và TI là những tham số đầu vào của Rơ-le số. Sau khi đi qua các bộ lọc tương tự, bộ lấy mẫu các tín hiệu này sẽ chuyển thành tín hiệu số.

+ Nguyên lý làm việc của Rơ-le số dựa trên giải thuật tính toán theo chu trình các đại lượng điện từ trị số của dòng điện và điện áp đã lấy mẫu. Các giá trị cài đặt được dùng làm giá trị tham chiếu, được nạp vào bộ nhớ EEPROM (bộ nhớ chỉ đọc và xóa bằng điện) của rơ-le, để phòng mất số liệu chỉnh định khi mất nguồn điện cấp cho Rơ-le. Trong quá trình tính toán liên tục này, kết hợp so sánh các kết quả tính toán với các đại lượng cài đặt, sẽ phát hiện ra chế độ sự cố sau rất nhiều các phép tính nối tiếp nhau. Khi đó bảo vệ sẽ tác động và bộ xử lý sẽ gửi tín hiệu đến các đầu ra của Rơ-le số để đi cắt máy cắt (có thể cắt trực tiếp hoặc thông qua rơ-le trung gian). Đầu ra của Rơ-le có các đèn led báo hiệu để cảnh báo người vận hành về tình trạng của Rơ-le.



Hình 1.3 Kết cấu phần cứng của rơ-le số điển hình

Nghiên cứu chế tạo rơ-le số thông minh là xu hướng chung trên toàn thế giới cũng như ở Việt Nam. Các hãng lớn của nước ngoài như Siemens, Schneider Electric, ALSTOM T&D Protection & Control Ltd, ... liên tục đưa ra các dòng

sản phẩm mới với các tính năng ngày càng phong phú và chất lượng ngày càng cao.

1.4 Lý thuyết về sự cố quá dòng và ngắn mạch

1.4.1 Sự cố quá dòng.

Quá dòng điện là hiện tượng khi dòng điện chạy qua phần tử của hệ thống điện vượt quá trị số dòng điện tải lâu dài cho phép.

Quá dòng điện có thể xảy ra khi ngắn mạch hoặc do quá tải. Dựa trên nguyên lý quá dòng điện này người ta đã chế tạo ra cầu chì để bảo các phần tử trong lưới điện. Ngày nay, người ta đã nghĩ ra nhiều cách tối ưu cho việc bảo vệ quá dòng này như Bộ bảo vệ dòng, bộ khởi động, áp tô mát có bảo vệ quá dòng, Rơ le bảo vệ dòng, Eocr vv...

❖ Nguyên nhân gây quá tải điện

- Sử dụng dây dẫn không đủ tải: Thông thường, từng hộ gia đình có nhu cầu sử dụng điện khác nhau, việc sử dụng quá nhiều thiết bị điện sẽ làm tăng công suất, thế nên nếu sử dụng đường dẫn từ nguồn có tiết diện nhỏ thì hiệu quả dẫn điện sẽ thấp trong khi đó công suất nguồn điện quá cao sẽ gây ra hiện tượng quá tải. Cách nhận biết rất đơn giản chỉ cần sờ vào đường dẫn dẫn thì sẽ có cảm nhận rất nóng, và chính vì yếu tố này nó sẽ đốt nóng lớp bảo vệ bên ngoài gây khiến cho múi điện chập vào nhau dẫn đến hiện tượng cháy nổ.
- Sử dụng 1 ổ cắm điện nối cho nhiều thiết bị điện: Theo các tiêu chuẩn thiết kế hệ thống điện thì công suất tối đa của mỗi ổ cắm điện có thể lên đến 3000w và số ổ cắm có thể lên đến 8 ổ. Đôi khi nhiều hộ gia đình muốn cho việc sử dụng điện được tiện lợi thì họ dùng 1 ổ cắm chia ra cho nhiều nguồn kết nối khác gây ra sự cố quá tải
- Lắp đặt thiết bị aptomat không đủ tải: Aptomat là linh kiện giúp bảo vệ các thiết bị, nguồn điện trong gia đình, khi bạn khởi động quá nhiều thiết bị điện trong một lúc, điều này sẽ làm tăng công suất. Nếu aptomat cột điện có định mức thấp thì nó sẽ tự động nhảy liên tục để bảo vệ hệ thống điện

❖ Cách phòng chống quá tải dòng điện

Để hạn chế tình trạng quá tải, chập cháy hay quá dòng thì nhiều người sử dụng cầu dao điện, CB Aptomat cho từng thiết bị. Một cách khác là có thể nâng cấp CB, aptomat lên công suất cao hơn để đảm bảo phục vụ được nhu cầu sử dụng. Ngoài ra, cũng có thể sử dụng một số thiết bị như UPS Online hay ổn áp Lioa để ổn định dòng điện.

❖ Nguyên tắc của bảo vệ quá dòng điện

Nguyên tắc cơ bản của bảo vệ quá dòng điện là dựa vào sự gia tăng dòng điện trên các dây pha tại chỗ đặt thiết bị bảo vệ.

Điều kiện để cho bảo vệ quá dòng tác động gồm có hai điều kiện :

- Dòng điện pha gia tăng vượt mức dòng khởi động I_s
- Thời gian dòng điện gia tăng kéo dài quá thời gian khởi động t_s

Trạng thái rơ le khởi động : Khi dòng điện trên dây pha tại chỗ đặt bảo vệ gia tăng vượt mức dòng khởi động I_s nhưng thời gian kéo dài nhỏ hơn thời gian khởi động t_s của rơ le thì rơ le quá dòng có khởi động nhưng chưa tác động cắt máy cắt, trạng thái này có thể được ghi nhận bằng đèn báo trên rơ le hay qua các tiếp điểm được lập trình trên rơ le.

Trạng thái rơ le tác động: khi dòng điện trên dây pha tại chỗ đặt bảo vệ gia tăng vượt mức dòng khởi động I_s với thời gian kéo dài lớn hơn thời gian khởi động t_s , rơ le sẽ tác động tiếp điểm cắt máy cắt để giải trừ sự cố trên hệ thống điện.

1.4.2 Sự cố ngắn mạch

Ngắn mạch là hiện tượng mạch điện bị chập lại ở một điểm nào đó làm cho tổng trở mạch nhỏ đi, dòng điện trong mạch sẽ tăng cao đột ngột và điện áp giảm xuống. Việc dòng điện tăng cao quá mức sẽ gây các hậu quả nghiêm trọng.

❖ Các dạng ngắn mạch:

- Ngắn mạch ba pha, tức ba pha chập nhau, ký hiệu $N^{(3)}$;
- Ngắn mạch hai pha, tức hai pha chập nhau, ký hiệu $N^{(2)}$;
- Ngắn mạch một pha, tức một pha chập đất hoặc chập dây trung tính, ký hiệu $N^{(1)}$;
- Ngắn mạch hai pha nối đất, tức hai pha chập nhau đồng thời chập đất, ký hiệu $N^{(1,1)}$;

	Ký hiệu	Xã xuất xảy ra
	$N^{(3)}$	5%
	$N^{(2)}$	10%
	$N^{(1)}$	65%
	$N^{(1,1)}$	20%

Hình 1.4 Các dạng ngắn mạch

❖ Nguyên nhân của ngắn mạch

Nguyên nhân chung và chủ yếu của ngắn mạch là do cách điện bị hỏng. Lý do cách điện bị hỏng có thể là: bị già cỗi khi làm việc lâu ngày, chịu tác động cơ khí gây vỡ nát, bị tác dụng của nhiệt độ phá hủy môi chất, xuất hiện điện trường mạnh làm phóng điện chọc thủng vỏ bọc... Những nguyên nhân tác động cơ khí có thể do con người (khoan vít, đào đất...), do loài vật (rắn, rết bò...), hoặc do bão làm gãy cây đổ cột, dây dẫn chập nhau...Sét đánh gây phóng điện cũng là nguyên nhân đáng kể gây ra hiện tượng ngắn mạch (tạo ra hồ quang dẫn điện giữa các dây dẫn). Ngắn mạch có thể do thao tác nhầm, ví dụ đóng điện sau sửa chữa quên tháo dây nối đất...

❖ Hậu quả của ngắn mạch

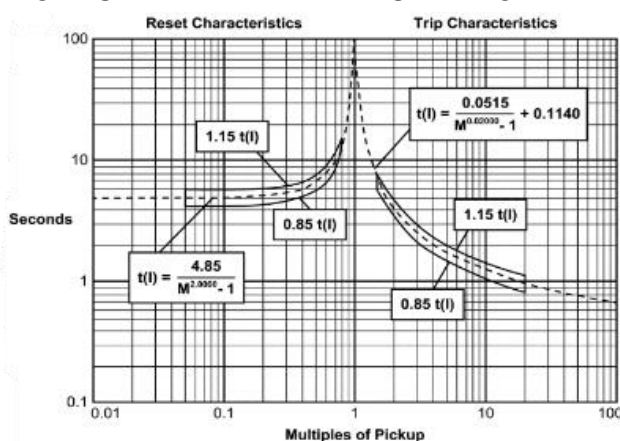
Ngắn mạch là một loại sự cố nguy hiểm vì khi ngắn mạch dòng điện đột ngột tăng lên rất lớn, chạy trong các phần tử của hệ thống điện. Tác dụng của dòng điện ngắn mạch có thể gây ra:

- Phát nóng cục bộ rất nhanh, nhiệt độ lên cao gây cháy nổ;
- Sinh ra lực cơ khí lớn giữa các phần tử của thiết bị điện, làm biến dạng hoặc gây vỡ các bộ phận (sứ đỡ, thanh dẫn...).
- Gây sụt áp lưới điện làm động cơ ngừng quay, ảnh hưởng đến năng suất làm việc của máy móc, thiết bị.
- Gây mất ổn định hệ thống điện do các máy phát bị mất cân bằng công suất, quay theo những vận tốc khác nhau dẫn đến mất đồng bộ.
- Tạo ra các thành phần dòng điện không đối xứng, gây nhiễu các đường thông tin ở gần.
- Nhiều phần tử của mạng điện bị cắt ra để loại trừ điểm ngắn mạch, làm gián đoạn cung cấp điện.

1.5 Tìm hiểu về đường đặc tính quá dòng của Rơ-le số.

Bảo vệ quá dòng là loại bảo vệ tác động khi dòng điện đi qua phần tử được bảo vệ vượt quá giới hạn định trước. Thời gian kể từ khi xảy ra sự cố đến khi tiếp điểm của rơ-le thay đổi trạng thái được gọi là thời gian tác động của rơ-le. Thời gian tác động này phụ thuộc vào độ lớn của dòng điện sự cố, dòng điện càng lớn hơn so với dòng định trước thì thời gian tác động phải càng nhanh để bảo vệ các thiết bị phía sau khỏi tác động của dòng điện lớn. Thời gian tác động này cũng sẽ ảnh hưởng đến tuổi thọ và sự ổn định của thiết bị phía sau.

Do ảnh hưởng tới thiết kế của nhiều loại thiết bị khác cần được bảo vệ, đặc tính tác động bảo vệ quá dòng được quy định cụ thể trong tiêu chuẩn IEEE C37.112-1996. Tiêu chuẩn này quy định đặc tính tiêu chuẩn của 1 rơ-le bảo vệ quá dòng (Hình 1.5); điều này giúp ta có thể thiết kế 1 rơ-le số bảo vệ quá dòng có đặc tính bảo vệ giống như 1 rơ-le cơ thông thường [5].



Hình 1.5 Đường cong đặc tính bảo vệ quá dòng của Rơ-le theo tiêu chuẩn IEEE C37.112-1996

Đặc tính bảo vệ quá dòng của rơ-le gồm 2 vùng chính là : đặc tính vùng tác động (khi có sự cố) và đặc tính vùng nghỉ (phục hồi).

❖ *Vùng tác động.*

Vùng tác động được hiểu là vùng hoạt động của rơ-le khi có dòng điện quá tải I lớn hơn dòng điện đặt trước I_p ($I/I_p > 1$). Đặc tính thời gian tác động theo độ lớn của dòng tải được xác định bởi công thức sau:

$$t(I) = \frac{A}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^p - 1} + B \quad (1)$$

Trong đó :

- $t(I)$ là thời gian kể từ khi xuất hiện dòng sự cố I đến khi rơ-le tác động chuyển trạng thái tiếp điểm.
- A, B, p là các hệ số được chọn dựa trên các chế độ tác động nhanh hay chậm của rơ-le được quy định theo tiêu chuẩn IEEE trong Bảng 1.1

Khi giá trị dòng tải lớn hơn dòng đặt I_p , rơ-le sẽ bắt đầu hoạt động ở vùng tác động. Thời gian tác động ứng với một giá trị dòng sự cố xác định được tính theo phương trình 1, tỉ lệ I/I_p càng lớn thì thời gian cắt phải càng nhanh để bảo vệ các thiết bị kịp thời. Khoảng thời gian này cũng nhằm đảm bảo việc rơ-le có thể lọc được các sự cố thoáng qua trong thời gian rất ngắn, chưa ảnh hưởng đến các thiết bị, chưa cần phải cắt dòng điện [6].

❖ Vùng nghỉ

Vùng nghỉ được hiểu là dòng điện qua rơ-le nhỏ hơn dòng điện đặt I_p ($0 < I/I_p < 1$). Đặc tính thời gian phục hồi của rơ-le ở vùng này được xác định theo phương trình sau:

$$t(I) = \frac{t_r}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1} \quad (2)$$

Trong đó:

- $t(I)$ là thời gian hồi phục về trạng thái ban đầu của rơ-le sau khi rơ-le tác động
- t_r là 1 hệ số phụ thuộc vào đặc tính tác động và được nêu trong *Bảng 1*.

Trong vùng này, rơ-le không thực hiện chức năng cắt dòng, mà hoạt động ở trạng thái hồi phục bộ phận cơ cấu chấp hành trở về trạng thái ban đầu khi không có dòng sự cố đi qua. Dòng điện tải càng nhỏ thì thời gian hồi phục của rơ-le càng nhanh, và được thể hiện theo đồ thị *Phương trình (2)*.

Bảng 1.1 Các hằng số của đặc tính tiêu chuẩn theo IEEE

Đặc tính	A	B	p	t_r
Tác động chậm	0.0515	0.1140	0.0200	4.85
Tác động nhanh	19.61	0.4910	2.0000	21.6
Tác động cực nhanh	28.2	0.1217	2.0000	29.1

Khi dòng điện qua rơ-le thay đổi, để xác định được thời điểm rơ-le tác động tiếp điểm, ta sử dụng phương trình điều kiện sau:

$$\int_0^{T_0} \frac{1}{t(I)} dt = 1 \quad (3)$$

Trong đó:

T_0 - là thời điểm rơ-le tác động.

$t(I)$ - được tính theo phương trình 1 nếu $I > I_p$ hoặc theo phương trình (2) nếu $I < I_p$.

CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ THIẾT BỊ BẢO VỆ VÀ ĐÓNG CẮT THÔNG MINH.

2.1 Thiết kế hệ thống đo và bảo vệ quá dòng điện của Rơ-le số

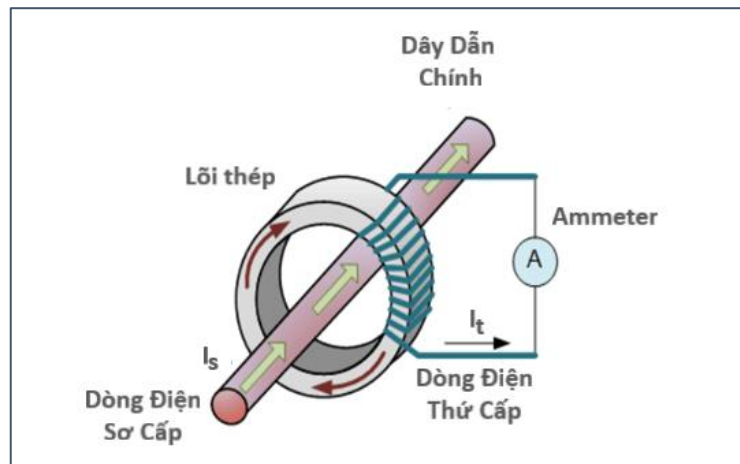
2.1.1 Tìm hiểu thiết bị và xây dựng mạch nguyên lý đo dòng điện của Rơ-le số.

a) Biến dòng đo lường (CT)

❖ Chức năng của biến dòng

Biến dòng là một thiết bị chuyển đổi, được dùng để biến đổi dòng điện sơ cấp có trị số cao xuống dòng điện thứ cấp có trị số thấp tiêu chuẩn nhằm mục đích đo dòng điện đi qua tải hoặc dây động lực của tải. CT thường hiện diện trong các tủ điện để giám sát dòng điện của nguồn cấp vào cho đến tải của từng thiết bị.

❖ Cấu tạo



Hình 2.1 Cấu tạo cơ bản của biến dòng (CT)

Máy biến dòng bao gồm cuộn sơ cấp, cuộn thứ cấp và lõi thép. Lõi thép máy biến dòng dùng để dẫn từ thông chính của máy, được chế tạo từ những vật liệu dẫn từ tốt là thép kỹ thuật điện

Dây sơ cấp thường là cáp hạ thế phù hợp với dòng điện phụ tải và có số vòng W1 nhỏ hơn nhiều lần số vòng phía thứ cấp W2. Thông thường cuộn sơ cấp là cáp hạ thế W1 có số vòng $n = 1$; $n = 2$; $n = 3$; $n = 4$.

Dây thứ cấp có tiết diện nhỏ hơn rất nhiều so với dây sơ cấp nhưng có số vòng W2 lớn hơn nhiều lần số vòng W1 phía sơ cấp. Các cuộn này có điện trở rất bé, vì vậy trong trạng thái bình thường phía thứ cấp của máy biến dòng hầu như bị ngắn mạch. Để đảm bảo an toàn cho người vận hành, cuộn thứ cấp của máy biến dòng phải được nối đất. Dây dẫn được quấn quanh lõi thép và cách điện với lõi thép. Giữa các vòng dây và giữa các lớp dây được cách điện với nhau.

Ngoài cuộn dây và lõi thép ra, máy biến dòng còn có các bộ phận khác như:

- Vỏ ngoài được chế tạo bằng nhựa cách điện để bảo vệ dây quấn thứ cấp và đảm bảo an toàn cho người vận hành.
- Các đầu cực để đấu dây dẫn ra ngoài: có cực (+) và cực (-) để đấu với cuộn dòng của công tơ, cuộn dây của Role, cuộn dây của Ampemet đo gián tiếp.

❖ Nguyên lý làm việc của CT

Ở mạch điện xoay chiều, nguyên lý làm việc của biến dòng tương tự như máy biến áp (máy biến dòng là một thiết bị điện từ tĩnh, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, dùng để biến đổi trị số dòng điện xoay chiều nhưng vẫn giữ nguyên tần số). Tỷ lệ số vòng dây trên cuộn sơ cấp và thứ cấp tỷ lệ nghịch với khả năng biến đổi dòng điện của CT.

$$\frac{I_t}{I_s} = \frac{W_1}{W_2} \quad (4)$$

Trong đó: I_t và I_s lần lượt là dòng điện ở cuộn thứ cấp và sơ cấp; W_1 và W_2 lần lượt là số vòng dây cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp.

Thông thường, tỷ lệ này được viết dưới dạng dòng điện bằng Amps, máy biến dòng hạ thế được chế tạo theo dòng phía sơ cấp như sau: 50/5A; 75/5; 100/5; 150/5; 200/5; 250/5; 300/5; 400/5; 500/5; 600/5; 700/5; 750/5; 800/5; 850/5; 900/5; 950/5; 1000/5; 1500/5. Ví dụ với thông số 100/5, dòng điện thứ cấp sẽ từ 0-5A khi dòng điện sơ cấp là 0-100A; khi dòng điện sơ cấp lớn hơn 100A sẽ gây bão hòa từ và dòng thứ cấp sẽ không đúng với tỷ lệ trên). Trên thực tế, các thiết bị điều khiển như biến tần, PLC, vi điều khiển lại không đọc được dòng 5A, 1A này nên bắt buộc ta phải sử dụng thêm bộ chuyển đổi tín hiệu.

Các chế độ làm việc của CT:

- Chế độ ngắn mạch của dòng sơ cấp, mạch thứ cấp có phụ tải Z2: Tỷ số giữa dòng ngắn mạch sơ cấp trên dòng định mức gọi là bội số dòng của máy biến dòng:

$$n = \frac{I_1}{I_{1dm}} \quad (5)$$

Khi n lớn, sai số CT tăng và sai số này còn phụ thuộc vào dòng thứ cấp I_t hoặc tải Z2. Thường với mạch bảo vệ, bội số dòng điện của CT phải đạt giá trị sao cho sai số của nó dưới 10%.

- Chế độ hở mạch thứ cấp của CT: Khi thứ cấp hở mạch, phía thứ cấp sẽ có điện áp cảm ứng với biên độ rất cao gây nguy hiểm cho người và các thiết bị thứ cấp (lỗi thép bị bão hòa). Để chống hiện tượng bão hòa trong mạch từ, người ta còn chế tạo máy biến dòng có khe hở không khí, còn gọi là biến dòng tuyến tính.

b) Vi điều khiển Arduino Due

❖ Tổng quát

Arduino Due là một bo mạch vi điều khiển dựa trên CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Đây là bo Arduino đầu tiên dựa trên vi điều khiển lõi ARM 32-bit. Nó có 54 chân đầu vào / đầu ra kỹ thuật số (trong đó 12 chân có thể được sử dụng làm đầu ra PWM), 12 đầu vào tương tự, 4 module nối tiếp UART, xung nhịp 84 MHz, kết nối có khả năng hỗ trợ USB OTG, 2 DAC (kỹ thuật số sang tương tự), 2 TWI, giắc cắm nguồn, 1 đầu SPI, 1 đầu JTAG, 1 nút đặt lại và 1 nút xóa.



Hình 2.2 Kit Arduino Due

Hầu hết các bo mạch Arduino đều chạy ở 5 V tuy nhiên module Arduino Due hoạt động ở 3,3V. Các chân kết hợp trên bo mạch không thể chịu được điện áp cao hơn mức này và có thể ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất của bo mạch cũng như làm cho các chân vô hiệu.

❖ Thông số kỹ thuật

Các thông số kỹ thuật của kit Arduino Due được trình bày trong Bảng 2 sau đây.

Bảng 2.1 Thông số kỹ thuật Arduino Due

Vi điều khiển	AT91SAM3X8E
Điện áp hoạt động	3,3V
Điện áp đầu vào (khuyến nghị)	7-12V
Điện áp đầu vào (giới hạn)	6-16V
Chân I/O kỹ thuật số	54 (trong đó 12 cung cấp đầu ra PWM)
Chân đầu vào tương tự	12
Dòng DC chân 3,3V	2 (DAC)
Dòng DC chân 5V	800 mA

Bộ nhớ Flash	512 KB
SRAM	96 KB (64KB và 32KB)
Tần số xung nhịp	84 MHz

c) Xây dựng mạch nguyên lý đo dòng điện của Rơ-le số.

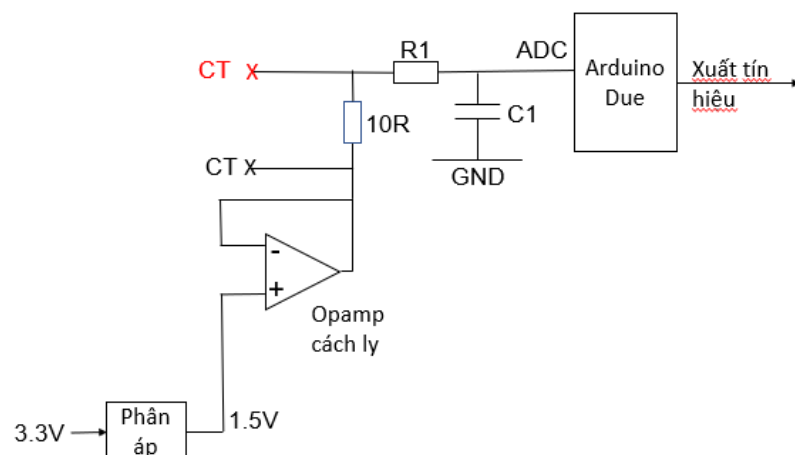
❖ Sơ đồ nguyên lý mạch đo dòng điện.

Để Rơ-le số có thể thực hiện được các chức năng bảo vệ ngăn mạch và quá tải dòng điện thì trước tiên Rơ-le số phải thực hiện được khả năng đo dòng điện chạy qua thiết bị từ đó mới có thể sử dụng giá trị dòng điện đo được để thực hiện phân tích tính toán và đưa ra những quyết định bảo vệ thiết bị điện khỏi những sự cố về điện xảy ra.

Tải thiết bị điện được sử dụng mà đề tài hướng đến là các loại tải hoạt động với dòng điện lớn có thể đến hàng chục Ampe nên để đo dòng điện chạy qua tải thiết bị em đã hướng tới sử dụng biến dòng 100A(1000:1).

Để đo được dòng điện được chính xác ở trong các thiết bị rơ-le số thông thường sẽ sử dụng các loại vi điều khiển có tần số xung nhịp càng lớn càng tốt. Với đề tài này em sử dụng vi điều khiển Arduino Due, đây là một loại vi điều khiển 32 bit có tần số lấy mẫu lên tới 84 MHz lớn nhất trong các dòng vi điều khiển Arduino. Với tần số này có thể tính ra được dòng điện tương đối chính xác.

Dưới đây là sơ đồ nguyên lý của mạch đo dòng điện cho thiết bị Rơ-le số sử dụng biến dòng và vi điều khiển Arduino Due.



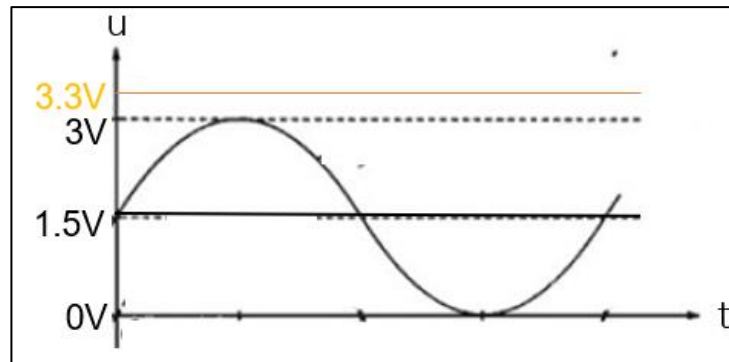
Hình 2.3 Sơ đồ nguyên lý mạch đo dòng điện I_{rms}

Dòng điện từ cuộn thứ cấp của CT sẽ qua 1 điện trở Burden có giá trị điện trở được tính toán trước. Giá trị của điện trở Burden được chọn để cung cấp một điện áp tỷ lệ với dòng điện thứ cấp. Giá trị điện trở Burden cần phải đủ thấp để ngăn chặn sự bão hòa từ lõi của CT. Tuy nhiên điện áp rơi trên điện trở Burden lúc này dao động quanh điểm 0 với chu kỳ có cả điện áp âm và dương, trong khi đó ADC của vi xử lý chỉ đọc được các giá trị điện áp dương. Vì thế cần nâng giá trị điện áp này dao động quanh giá trị 1.5V. Ta sẽ sử dụng 1 mạch OFFSET để nâng giá trị điện áp rơi trên điện trở burden lên thêm 1,5V bằng cách đưa một điện áp $V_f=1.5V$ vào mạch. Khi đó điện áp đưa vào vi điều khiển (v_{in}) sẽ được giới hạn trong khoảng (0V-3V) mà ADC của vi điều khiển có thể đọc được. Có một opamp đệm ở trong mạch nguyên lý như hình 2.4 nằm ở giữa khối điện áp $V_f=1.5V$ đầu vào và khối mạch đo sẽ làm giảm đáng kể trở kháng của nguồn điện áp dẫn đến hiệu suất được tăng cao. Điều này sẽ giúp cách ly mạch đo với khối nguồn điện áp, tránh được sự ảnh hưởng của nguồn điện áp đầu vào đến mạch đo có thể gây rắc rối trong một số trường hợp.

Từ đó ta có biểu thức tính giá trị dòng điện cần đo như sau:

$$i = \frac{v_{in} - V_f}{R_{burden}} \times 1000 = (v_{in} - 1.5) \times 100 \quad (6)$$

Trong đó: v_{in} là giá trị điện áp ADC của vi xử lý đọc được ở mỗi lần lấy mẫu.



Hình 2.4 Điện áp đưa vào vi xử lý sau khi đã được offset

❖ Cách xác định thông số của điện trở Burden cho phù hợp.

Biến dòng có phạm vi hoạt động với dòng điện từ 0-100A. Chọn dòng điện hiệu dụng tối đa $I_{rms}=100A$.

⇒ Dòng điện đỉnh sơ cấp tối đa là

$$I_{tpeak} = \frac{100 \times \sqrt{2}}{1000} = 0.1414A.$$

Để tối đa hóa giải điện áp của ADC có thể đọc, điện áp trên điện trở Burden ở dòng điện peak phải bằng 1 nửa điện áp tham chiếu của Arduino ($V_{ref}/2$). Ở đây ta dùng Arduino Due chạy ở 3.3V nên ta chọn $V_{ref} = 3V$.

Vậy giá trị điện trở Burden là:

$$R_{burden} = \left(\frac{V_{ref}}{2I_{tpeak}} \right) = \frac{3}{2 \times 0.1414} = 10.6\Omega \quad (7)$$

Chọn giá trị: $R_{burden} = 10\Omega$. Ta có $V_{burdenpeak} = R_{burden} \times I_{tpeak} = 1.414 V$

❖ Ngoài ra trên mạch đo dòng điện còn sử dụng 1 mạch RC vì:

- Khi ADC thực hiện chuyển đổi, nó sạc tụ điện đến điện áp đầu vào và quá trình sạc tụ điện sẽ tạo ra một dòng điện tăng vọt. Vì vậy, ở 100 ksps là tần số lấy mẫu ADC của Arduino Due, đầu vào ADC gây ra dòng điện tăng lên đầu ra op-amp với tốc độ 100 kHz. Nhiều op-amps không thể điều khiển loại tải đó và có thể trở nên không ổn định. Bộ lọc RC ở đó để cách ly đầu vào ADC khỏi đầu ra op-amp.

- Bộ lọc RC loại bỏ rất nhiều nội dung tần số cao của các xung sóng để tải cho đầu ra op-amp dễ dàng hơn để nó xử lý.

-Tụ điện cung cấp trở kháng đủ thấp cho đầu vào ADC ở tần số cao và có thể cung cấp dòng điện để sạc tụ lấy mẫu ADC một cách nhanh chóng, trong thời gian nó cần được sạc trong giai đoạn lấy mẫu.

-Điện trở cung cấp trở kháng đủ cao cho op-amp để điện dung trên đầu ra và tụ lấy mẫu ADC được chuyển đổi ở tốc độ lấy mẫu không làm cho nó không ổn định.

-Các giá trị R và C phụ thuộc vào tốc độ lấy mẫu ADC và op-amp nào đang điều khiển đầu vào ADC. Ở đây e chọn $R=1k \text{ ohm}$ và $C=223pF$ là các thông số của mạch RC.

❖ Tương tự cho các kênh còn lại, ở đề tài đồ án tốt nghiệp này em xây dựng thiết bị Rơ-le số với khả năng đo và bảo vệ cho 5 kênh tải thiết bị sử dụng.

2.1.2 Xây dựng công thức và thuật toán tính dòng điện RMS và xác định bảo vệ quá dòng cho Rơ-le số.

a) Tính toán giá trị dòng điện hiệu dụng I_{rms} bằng vi điều khiển Arduino Due.

Giá trị dòng điện RMS được tính toán dựa trên việc xử lý các mẫu mà ADC của vi điều khiển đo được trên miền thời gian theo công thức sau:

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^N i_n^2} \quad (8)$$

Trong đó:

- I_{RMS} là giá trị dòng điện hiệu dụng đo được trong 1 chu kỳ lấy mẫu.
- N là số mẫu lấy được trong 1 chu kỳ lấy mẫu.
- i_n là giá trị dòng điện nhận được ở lần lấy mẫu thứ n.

Giá trị thực của tín hiệu đưa vào ADC được tính theo công thức sau:

$$v_{analog} = \frac{v_{digital}}{2^n - 1} \times V_{ref} \quad (9)$$

Trong đó:

- v_{analog} là giá trị điện áp đặt vào ADC.

- $v_{digital}$ là giá trị điện áp được ADC chuyển đổi thành tín hiệu số.
- n là độ phân giải của ADC. Với Arduino Due ta có $n=10$.
- V_{ref} là điện áp tham chiếu của ADC. Với Arduino Due ta có $V_{ref}=3.3$ V.

Từ phương trình 7 và 9, giá trị dòng điện tức thời mà mỗi lần lấy mẫu của vi điều khiển đọc được sẽ có giá trị như sau:

$$i = \left(\frac{v_{digital}}{2^n - 1} \times V_{ref} - 1.5 \right) \times 100 = \left(\frac{3.3 \times v_{digital}}{1023} - 1.5 \right) \times 100 \quad (10)$$

Phương trình 10 là phương trình đo giá trị dòng điện tức thời tại thời điểm t của vi điều khiển Due. Áp dụng với i tính được ở phương trình 10 vào phương trình 8 với số mẫu N đủ lớn (N càng lớn sai số đo càng nhỏ) sẽ xác định được giá trị gần đúng của dòng điện hiệu dụng cần đo. Số mẫu N này phụ thuộc vào tốc độ lấy mẫu cũng như tốc độ xử lý của từng loại chip. Vì vậy số mẫu này cần được cân nhắc để vừa đảm bảo độ chính xác của giá trị dòng điện tính được và đảm bảo thời gian đủ ngắn để thực hiện nhiệm vụ đóng cắt rơ-le khi có sự cố quá dòng đúng theo thời gian tiêu chuẩn đã nêu ở mục 1.5. Trong đề tài này qua quá trình chạy thử nghiệm, em đã chọn giá trị $N=800$ là phù hợp để thỏa mãn các yêu cầu trên.

b) Xây dựng công thức và thuật toán bảo vệ quá dòng cho Rơ-le số.

❖ Thuật toán bảo vệ quá dòng.

Để xây dựng thuật toán bảo vệ quá dòng cho Rơ-le số em dựa trên đường đặc tính quá dòng theo tiêu chuẩn IEEE. Từ phương trình 3 xác định thời điểm tác động của rơ-le khi gặp sự cố quá dòng trong chương 1.

$$\int_0^{T_0} \frac{1}{t(I)} dt = 1$$

Trong đó:

- T_0 là thời điểm rơ-le tác động.
- $t(I)$ được tính theo phương trình 1 nếu $I > I_p$ hoặc theo phương trình 2 nếu $I < I_p$.

Từ phương trình trên ta chuyển sang dạng rời rạc để tính giá trị tích phân của phương trình 3 như sau:

$$C_k(I) = C_{k-1}(I) + \frac{T_c}{t_k(I)} \quad (11)$$

Trong đó $C_k(I)$ là hàm cộng dồn các giá trị của $\frac{T_c}{t_k(I)}$ để xác định tích phân của phương trình trên.

- k là chỉ số lần lặp của chương trình
- T_c là khoảng thời gian giữa 2 lần lặp liên tiếp của chương trình. Được gọi là chu kỳ lấy mẫu của thiết bị xác định bằng 1 hằng số dựa vào tốc độ lấy mẫu cũng như tốc độ tính toán của từng loại vi điều khiển. Ở trong đề

án này giá trị T_c được vi điều khiển tính toán xấp xỉ 40ms tương đương 2 chu kỳ dòng điện.

- $t_k(I)$ được tính theo 2 công thức sau và các hằng số được cho trong bảng 1:

- Nếu $M = \frac{I}{I_p} > 1$:

$$t(I) = \frac{A}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^p - 1} + B \quad (12)$$

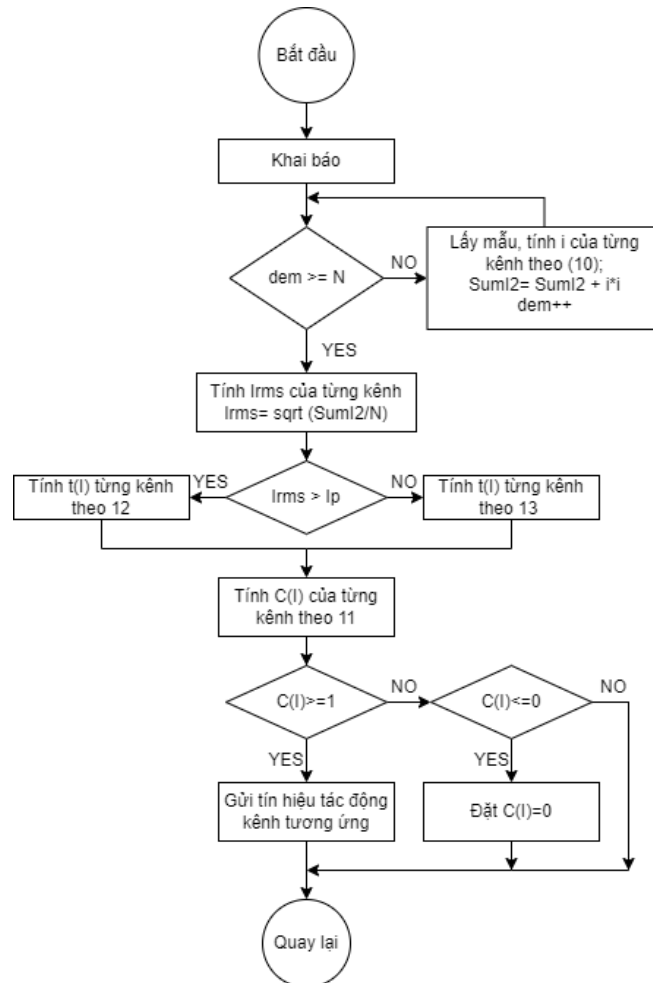
- Nếu $0 < M = \frac{I}{I_p} < 1$:

$$t(I) = \frac{t_r}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^2 - 1} \quad (13)$$

Ta có thể thấy khi dòng điện qua rơ-le (I) lớn hơn dòng điện định trước (I_p), giá trị $C(I)$ sẽ tăng lên do $t(I) > 0$. Ngược lại, khi dòng điện I nhỏ hơn giá trị I_p , giá trị $C(I)$ sẽ giảm do $t(I) < 0$.

Và từ phương trình 3 ta suy ra thời điểm mà rơ-le gửi tín hiệu tác động bảo vệ là ngay khi $C(I)$ tính được lớn hơn hoặc bằng 1.

❖ Từ đó em đưa ra lưu đồ thuật toán để đo và bảo vệ quá dòng điện như sau:



Hình 2.5 Sơ đồ thuật toán đo và bảo vệ quá dòng

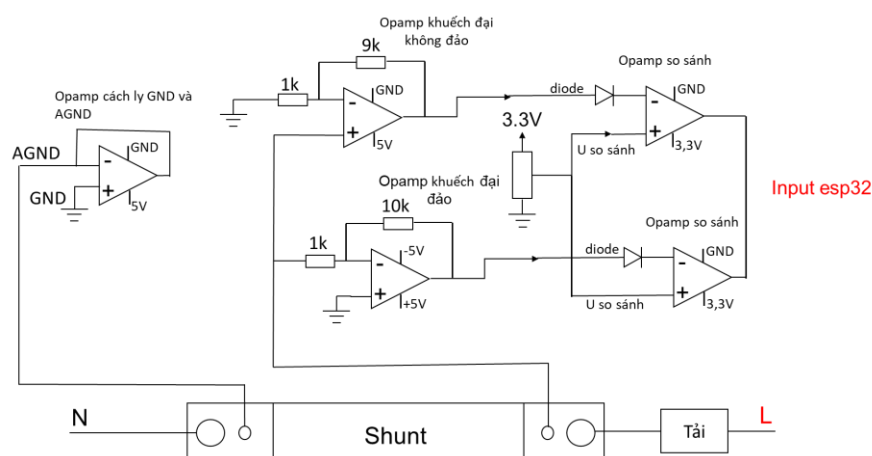
2.2 Thiết kế hệ thống bảo vệ sự cố ngắn mạch

Sự cố ngắn mạch 1 pha hay pha chạm đất, pha chạm trung tính ký hiệu $N^{(1)}$ có xác suất xảy ra cao nhất lên đến 65% nên em đã quyết định thực hiện tính toán và thiết kế đo và bảo vệ hệ thống ngắn mạch trên hệ thống điện một pha cho Rơ-le số.

Mục tiêu bảo vệ ngắn mạch cho tải thiết bị được sử dụng ở đây là các tải trong các hộ gia đình, công xưởng, cửa hàng... các loại tải có những thông số khác nhau nên ở đây em hướng tới bảo vệ ngắn mạch cho 4 loại tải thiết bị ứng với 4 dòng điện định mức là: 16A-20A-25A-32A.

❖ Sau đây là mạch nguyên lý đo và bảo vệ ngắn mạch của thiết bị Rơ-le số.

Với tải thiết bị được bảo vệ mà đề tài hướng tới là các loại tải dân dụng mà hiện nay trên thị trường chưa có loại biến dòng có thể đo ngắn mạch áp dụng cho các loại tải đó. Cùng với đó vấn đề kinh tế cũng là một phần quan trọng. Chính vì thế ở đây em sử dụng điện trở shunt, cùng với các linh kiện điện tử như điện trở, opamp,... để thiết kế mạch nguyên lý đo và bảo vệ ngắn mạch cho Rơ-le số.



Hình 2.6 Mạch nguyên lý đo ngắn mạch

Điện trở shunt được mắc sau tải với mục đích duy nhất là có thể khuếch đại tín hiệu qua shunt thuận tiện hơn. Dòng điện sau khi đi qua tải, sẽ đi qua 1 điện trở shunt về trung tính, khi có dòng điện chạy qua thì trên điện trở shunt sẽ sinh ra mức điện áp tương ứng với dòng điện đó. Điện áp được lấy từ điện trở shunt sẽ đi qua opamp khuếch đại (khuếch đại 10 lần), điện áp này sẽ được tiếp tục đi tới opamp so sánh. Opamp so sánh có nhiệm vụ so sánh điện áp đã khuếch đại nếu lớn hơn mức điện áp so sánh đặt sẵn trong Opamp so sánh thì Opamp so sánh sẽ xuất mức tín hiệu cao về chân ngắt của vi xử lý và ra lệnh ngắt nguồn điện vào của contactor nhánh đang có sự cố ngắn mạch.

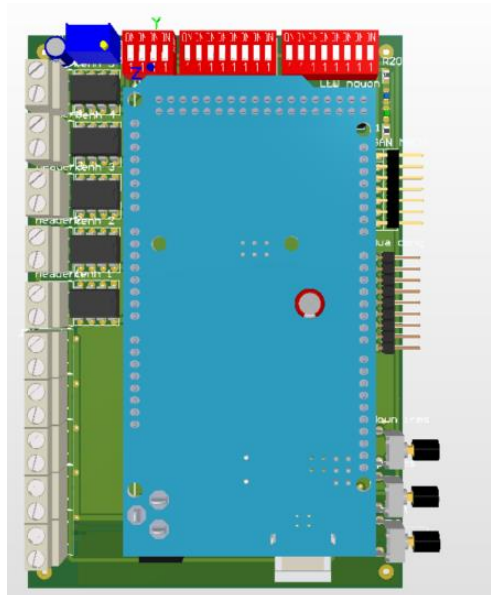
- Vấn đề lớn nhất với việc sử dụng điện trở shunt để đo ngắn mạch đó chính là việc cách ly giữa mạch điện AC và mạch nguyên lý. Sau nhiều lần thử nghiệm em nhận thấy nếu không được cách ly giữa 2 khối này sẽ tạo ra các hiện

tượng nhiễu đường dây, các tín hiệu điện AC sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng đến tín hiệu DC được sử dụng để cấp nguồn và phát tín hiệu cho Rơ-le số từ đó dẫn đến sai lệch các tín hiệu DC và làm Rơ-le số bị nhiễu, nhảy tín hiệu, bảo vệ các kênh bị sai và có thể dẫn đến thiết bị Rơ-le số bị treo.

Để khắc phục được tình trạng trên em đã sử dụng 1 opamp cách ly như trên hình 2.6. Opamp này có nhiệm vụ cách ly nguồn điện AC với khối mạch đo tránh được sự ảnh hưởng của nguồn điện áp AC đầu vào đến mạch đo có thể gây rắc rối trong một số trường hợp.

Ngoài ra có một diode schottky được kết nối từ đầu ra của khối opamp khuếch đại đến đầu vào vào đảo của opamp so sánh như trên hình 2.6 có tác dụng chống dòng ngược từ chân opamp so sánh vào opamp khuếch đại.

- Để có thể chọn dòng điện định mức cho bảo vệ ngăn mạch trên từng kênh của Rơ-le số cho phù hợp với loại tải thiết bị được sử dụng như đề tài hướng tới thì trên mạch PCB em thiết kế thêm 4 công tắc bit tương ứng với 4 dòng điện định mức: 16A-20A-25A-32A. Mỗi một mức chọn công tắc bit sẽ tương ứng với 1 giá trị điện áp đầu ra bằng cách phân áp điện áp nguồn 3v3 sử dụng điện trở. Giá trị điện áp đầu ra này sẽ được tính toán thiết kế tương ứng với giá trị dòng điện ngăn mạch đi qua điện trở shunt ở dòng định mức tương ứng, ví dụ với 4 dòng điện ngăn mạch đi qua điện trở shunt ở dòng định mức: 16A-20A-25A-32A thì điện áp đầu ra này sẽ tương ứng là: 50mV-75mV-100mV-125mV. Sau đó đưa điện áp này vào đầu vào không đảo trên opamp so sánh trên mạch nguyên lý đo ngăn mạch hình 2.6 làm ngưỡng để phát hiện sự cố ngăn mạch cho mỗi kênh tương ứng của Rơ-le số.



Hình 2.7 Module ngăn mạch và công tắc bit chọn dòng định mức trên mạch in

- ❖ Thiết kế mạch đo ngắn mạch cho 5 kênh
 - Các thiết bị sử dụng:



Hình 2.9 Điện trở Shunt FL-2-100A-75mV



Hình 2.8 IC khuếch đại thuật toán LM358-SOP8

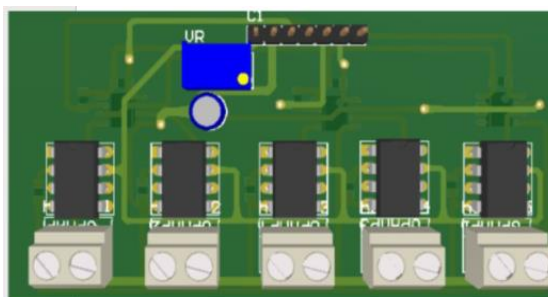


Hình 2.11 IC so sánh lm393

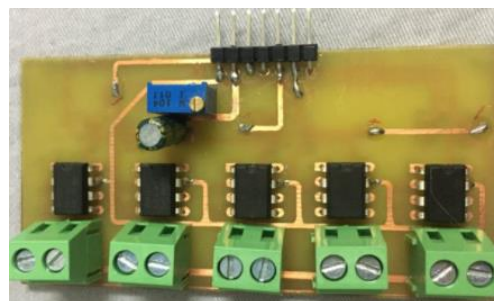


Hình 2.10 Biến trở 100k ohm

- ❖ Thiết kế mạch PCB đo ngắn mạch cho 5 kênh



Hình 2.12 3D module ngắn mạch



Hình 2.13 Module ngắn mạch thực tế

2.3 Thiết kế hệ thống bảo vệ và cảnh báo sự cố cháy của Rơ-le số.

Ngoài nhiệm vụ bảo vệ và cảnh báo quá dòng và ngắn mạch của Rơ-le số, em còn thiết kế thêm tính năng bảo vệ và cảnh báo sự cố cháy cho tủ thiết bị Rơ-le số. Khi phát hiện cháy trong tủ điện sẽ ngay lập tức ngắt nguồn contactor tất cả các kênh để bảo vệ tải thiết bị và gửi tín hiệu cảnh báo đến người sử dụng giúp họ có thể khắc phục sự cố một cách sớm nhất tránh thiệt hại về người và tài sản.

Để phát hiện và cảnh báo sự cố cháy trong tủ điện em sử dụng module phát hiện cháy.



Hình 2.14 Module phát hiện cháy

Đây là cảm biến chuyên dùng để phát hiện lửa, phát hiện cháy bằng phương pháp hồng ngoại thường dùng trong các hệ thống báo cháy. Tầm hoạt động trong khoảng 80cm với góc quét 60°. Cảm biến nhận biết được lửa tốt nhất với bước sóng 760nm - 1100nm. Mạch còn được tích hợp IC LM393 để so sánh tạo mức tín hiệu và có thể chỉnh được độ nhạy bằng biến trở.

❖ Tính năng

- Khả năng phát hiện lửa hoặc nguồn sáng có bước sóng tương tự.
- Sử dụng cảm biến hồng ngoại YG1006 với tốc độ đáp ứng nhanh và độ nhạy cao.
- Tích hợp IC LM393 để chuyển đổi ADC, tạo 2 ngõ ra cả số và tương tự, rất linh động trong việc sử dụng.
- Biến trở để tùy chỉnh độ nhạy cảm biến.
- Có thể ứng dụng trong các hệ thống báo cháy, robot chữa cháy,...

❖ Thông số kỹ thuật

- Điện áp hoạt động: 3.3 ~ 5.3 VDC
- Dòng tiêu thụ: 15 mA
- Bước sóng phát hiện được: 760 ~ 1100 nm
- Góc quét: 0 - 60°
- Khoảng cách phát hiện: < 1 m
- Nhiệt độ hoạt động: -25°C ~ 85°C
- Kích thước: 3.0 cm x 1.5 cm x 0.5 cm

❖ Sơ đồ chân

- VCC --> 3.3V ~ 5.3V
- GND --> power supply ground
- AOUT (AO) --> analog output
- DOUT (DO) --> digital output

❖ Thuật toán hệ thống báo cháy của Rơ-le số.

Sau khi cảm nhận được có lửa trong phạm vi cảm nhận của module cảm biến cháy sẽ xuất tín hiệu mức cao ra chân DOUT của cảm biến, tín hiệu này sẽ được ESP32 đọc và nếu sau 2s vẫn đọc được tín hiệu mức cao này thì sẽ gửi lệnh cắt toàn bộ contactor để bảo vệ thiết bị và gửi tín hiệu cảnh báo ra màn hình led và hiển thị trên giao diện web để người dùng có thể phát hiện sớm nhất và có biện pháp khắc phục.

2.4 Thiết kế hệ thống đo và cảnh báo quá nhiệt của Rơ-le số.

Một trong những nguyên nhân hư hỏng contactor mà các nhân viên bảo trì thường hay gặp: cháy cuộn coil, nóng chảy tiếp điểm contactor do điện áp quá cao... khiến cho contactor nóng lên và có khả năng gây ra hư hại đến các thiết bị điện xung quanh. Chính vì vậy việc theo dõi và cảnh báo khi nhiệt độ của contactor vượt mức an toàn là rất cần thiết.

❖ Giới thiệu cảm biến nhiệt độ

Cảm biến nhiệt độ DS18B20 đầu ra digital (DFROBOT) được tích hợp trong ống thép không gỉ, độ nhạy cao cho phép bạn đo chính xác nhiệt độ trong môi trường ẩm ướt, cảm biến nên được dùng ở nhiệt độ 100 ° C (có thể dùng lên đến 125° C).



Hình 2.15 Cảm biến nhiệt độ DS18B20 đầu ra digital (DFROBOT)

Cảm biến không nhận được bất kỳ sự suy giảm tín hiệu nào trên một khoảng cách dài. DS18B20 cung cấp các số đọc độ phân giải 9 đến 12 bit qua giao diện 1 dây, do đó chỉ cần kết nối một dây từ bộ vi xử lý trung tâm.

❖ Ứng Dụng:

- Kiểm soát môi trường HVAC.
- Cảm nhận nhiệt độ bên trong các tòa nhà, thiết bị hoặc máy móc, giám sát và kiểm soát quá trình.

❖ Thông số Kỹ Thuật:

- Dây đỏ: VCC
- Dây vàng: GND
- Dây xanh: DATA
- Nguồn: 3 – 5.5V
- Dải đo nhiệt độ: -55 đến 125 độ C (-67 đến 257 độ F)
- Sai số: +- 0.5 độ C khi đo ở dải -10 – 85 độ C
- Độ phân giải: người dùng có thể chọn từ 9 – 12 bits
- Chuẩn giao tiếp: 1-Wire (1 dây).
- Có cảnh báo nhiệt khi vượt ngưỡng cho phép và cấp nguồn từ chân data.
- Thời gian chuyển đổi nhiệt độ tối đa: 750ms (khi chọn độ phân giải 12bit).
- Mỗi IC có một mã riêng (lưu trên EEPROM của IC) nên có thể giao tiếp nhiều DS18B20 trên cùng 1 dây
- Ống thép không gỉ (chống ẩm, nước) đường kính 6mm, dài 50mm

- Đường kính đầu dò: 6mm
- Chiều dài dây: 1m

❖ Thuật toán hệ thống đo và cảnh báo quá nhiệt của Rơ-le số.

Vi điều khiển sẽ đọc giá trị nhiệt độ mà cảm biến DS18B20 cảm nhận được và vi điều khiển sẽ được lập trình để hiển thị nhiệt độ đo được ra màn hình led và trên giao diện web. Nếu nhiệt độ đọc được lớn hơn 60 độ thì vi điều khiển sẽ gửi lệnh cắt toàn bộ contactor và gửi tín hiệu cảnh báo có sự cố quá nhiệt trong tủ lên màn hình led và giao diện web.

2.5 Thiết kế khối truyền thông giao tiếp không dây và lập trình chương trình cho Rơ-le số.

2.5.1 Tìm hiểu về chip ESP32S.

Như nhiệm vụ đề tài đặt ra Rơ-le số được thiết kế với hai chức năng chính là bảo vệ sự cố quá dòng, ngắn mạch và điều khiển đóng cắt tải thông minh trên nền tảng Internet vạn vật. Ngoài ra còn một số tính năng khác như hiển thị led, bảo vệ quá nhiệt, bảo vệ và cảnh báo cháy,...Việc phải thực hiện rất nhiều chức năng như vậy nếu chỉ sử dụng một vi điều khiển sẽ gây ảnh hưởng đến tính thời gian thực của thiết bị Rơ-le số. Trong khi đó việc đo phát hiện sự cố và bảo vệ quá dòng và ngắn mạch cần liên tục và không bị gián đoạn tránh cho việc làm sai lệch bảo vệ của Rơ-le số.

Chính vì thế cần sử dụng 2 vi điều khiển để thực hiện các chức năng của Rơ-le số như đã nêu ở trên. Vi điều khiển thứ nhất là Arduino Due được sử dụng chỉ với mục đích duy nhất là phát hiện tính toán thời gian và gửi tín hiệu báo sự cố quá dòng sang vi điều khiển thứ 2 để thực hiện chức năng ngắt contactor bảo vệ thiết bị. Vi điều khiển thứ 2 được sử dụng sẽ có nhiệm vụ đóng cắt tải thiết bị, đo và bảo vệ quá nhiệt, bảo vệ và cảnh báo cháy, truyền thông không dây để điều khiển thiết bị thông minh qua Internet, hiển thị dữ liệu lên màn hình led TFT.

Từ các phân tích trên em đã chọn chip ESP32S là vi điều khiển thứ 2 thực hiện các chức năng còn lại của Rơ-le số. Sau đây là một số thông số quan trọng của chip ESP32S được sử dụng.



Hình 2.16 Chip ESP32S

❖ Thông số kỹ thuật:

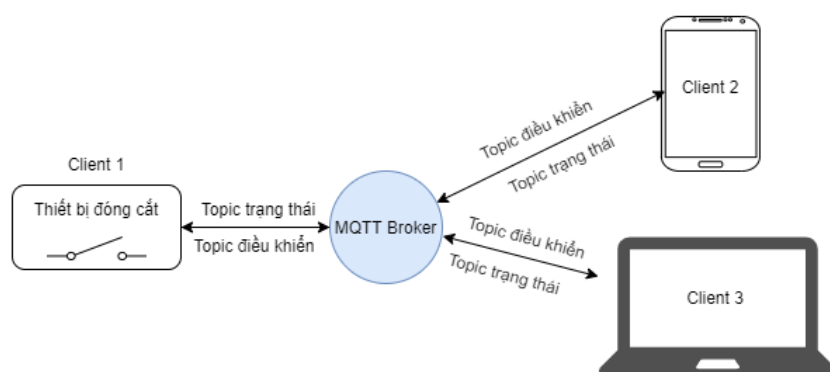
- IC chính: WiFi BLE SoC ESP32 ESP-WROOM-32
- Điện áp sử dụng: 2.2V~3.6VDC

- Dòng điện sử dụng: ~90mA, dòng cấp tối thiểu 500mA
- ROM: 448KBytes
- SRAM: 520 KBytes
- 16 KBytes SRAM in RTC
- WiFi: 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r (802.11n up to 150 Mbps)
- Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification
- Wi-Fi mode Station/softAP/SoftAP+station/P2P
- Security WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
- Interfaces: UART, SPI, SDIO, I2C, PWM, I2S, IR, GPIO, ADC.

2.5.2 Tìm hiểu về giao thức MQTT.

MQTT là giao thức truyền thông theo mô hình Publish/Subscribe, sử dụng băng thông thấp, có độ tin cậy cao, có khả năng hoạt động trong môi trường đường truyền không ổn định.

2.5.2.1. Mô hình của giao thức MQTT



Hình 2.17 Mô hình giao thức MQTT

Mô hình gồm 2 phần chính là Broker (với vai trò máy chủ) và Client (máy khách):

- Broker đóng vai trò máy chủ đảm nhận vai trò nhận và chuyển các bản tin. Broker có thể cài đặt trên các máy tính nhúng, hoặc sử dụng Broker Cloud
- Client có thể là các thiết bị chấp hành, các cảm biến, đám mây nhận dữ liệu, các thiết bị điện thông minh, ...
- Client của MQTT gửi và nhận bản tin dựa trên mô hình Topic. Để nhận bản tin của 1 Topic, Client sẽ Subscribe (đăng ký) Topic đó và khi có bản tin được Publish (xuất bản) đến Topic đó Broker sẽ tự động gửi bản tin đến Client.
- Broker nhận tin nhắn từ các Client gửi đến các Topic, chuyển tiếp bản tin hoặc lưu lại. Ngoài ra Broker cũng đảm nhận thêm một số tính năng khác như bảo mật, ...
- QoS: Mức độ tin cậy khi gửi bản tin. Có 3 mức QoS: 0, 1 và 2
 - + QoS 0: Broker/Client gửi bản tin đúng 1 lần
 - + QoS 1: Broker/Client gửi bản tin cho đến khi có xác nhận từ bên nhận
 - + QoS 2: Broker/Client gửi bản tin và đảm bảo có xác nhận từ cả 2 phía

- Retain: Bản tin có flag Retain sẽ được Broker lưu lại tại Topic và chuyển đến các Client mới Subscribe Topic đó.
- Birth/Death/LWT:
 - o Birth là bản tin được gửi tới các Client khi có thiết bị mới kết nối
 - o Death là bản tin được gửi khi có thiết bị mất kết nối
 - o LWT là bản tin được cài đặt bởi Client, sẽ được gửi tới Topic chỉ định khi Client đó mất kết nối
- ❖ Mức độ bảo mật: 1 lớp xác thực bằng ID và mật khẩu khi các Client kết nối với Broker. Mức độ bảo mật có thể tăng thêm bằng các giải pháp bảo mật ở tầng mạng.

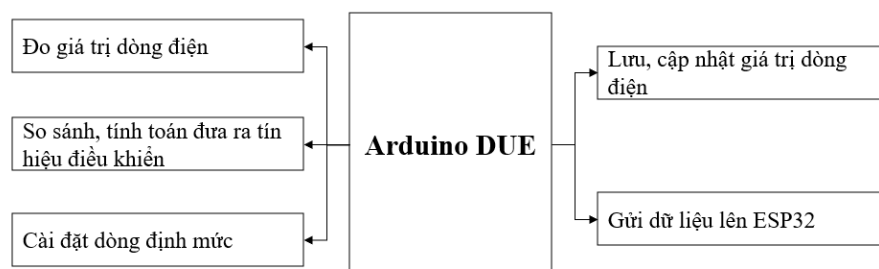
2.5.2.2. Lựa chọn giao thức MQTT?

Chúng ta có thể thấy một số ưu điểm và nhược điểm của giao thức MQTT:

- ❖ Ưu điểm:
 - Yêu cầu băng thông thấp
 - Thích hợp với các thiết bị nhúng
 - Chi phí triển khai thấp
 - Dễ nâng cấp hệ thống
 - Các client dễ kết nối lại khi bị mất kết nối
 - Có các tính năng giúp duy trì kết nối và phát hiện khi các node bị mất kết nối
- ❖ Nhược điểm:
 - Sử dụng Broker nên khi Broker gặp sự cố sẽ cả hệ thống sẽ mất kết nối. Để đảm bảo kết nối thông suốt cần có Broker backup
 - Số lượng Client bị giới hạn bởi cấu hình của Broker
 - Cần sử dụng các biện pháp bên ngoài để tăng tính bảo mật cho hệ thống
 - Có thể thấy đây là một giao thức gọn nhẹ, được thiết kế để kết nối các thiết bị mà có mạng băng thông thấp rất phù hợp với các thiết bị điện thông minh.

2.5.3 Lưu đồ thuật toán và chương trình cho vi điều khiển.

- ❖ Arduino Due ngoài nhiệm vụ là đo và phát hiện sự cố quá dòng còn có thêm một số nhiệm vụ phụ, cấu trúc chương trình hoạt động của Arduino due như sau:



Hình 2.18 Cấu trúc chương trình Arduino

Arduino Due còn được tích hợp hệ thống nút nhấn cho phép điều chỉnh giá trị dòng điện định mức ở các kênh, cho phép sử dụng linh hoạt đối với nhiều loại tải khác nhau. Điều này làm thiết bị có thể đáp ứng được linh hoạt các yêu cầu của người dùng.

```
void Select()
{
    if (digitalRead(butSelect) == 1)
    {
        count = count + 1;
        if (count > 5)
        {
            count = 1;
        }
        else
        {
            count = count;
        }
    }
    while (!digitalRead(butSelect));
    switch (count)
    {
        case 1: Serial.println("Chọn dòng điện định mức Relay 1"); break;
        case 2: Serial.println("Chọn dòng điện định mức Relay 2"); break;
        case 3: Serial.println("Chọn dòng điện định mức Relay 3"); break;
        case 4: Serial.println("Chọn dòng điện định mức Relay 4"); break;
        case 5: Serial.println("Chọn dòng điện định mức Relay 5"); break;
    }
}
```

Đồng thời lưu vào bộ nhớ Flash, hỗ trợ cập nhật lại giá trị dòng điện định mức sau khi dừng hoạt động của thiết bị hoặc reset. Đây là tính năng hữu ích giúp thiết bị có thể hoạt động được ngay sau khi ngắt điện. Due có giới hạn của bộ nhớ Flash nên việc tính toán thời điểm và đáp ứng các yêu cầu khi lưu vào Flash cũng được tính toán kỹ lưỡng. Sau khi người dùng điều chỉnh các giá trị dòng điện định mức. Sau đó 30s, nếu các giá trị này không thay đổi, điều này phần nào được hiểu là quá trình điều chỉnh đã xong, khi đó các giá trị này mới được lưu vào bộ nhớ Flash của thiết bị. Yêu cầu này để tối ưu tuổi thọ của thiết bị.

```
void updateEEPROM()
{
    Idm_array[0] = idmconfig.Idm1;
    Idm_array[1] = idmconfig.Idm2;
    Idm_array[2] = idmconfig.Idm3;
    Idm_array[3] = idmconfig.Idm4;
    Idm_array[4] = idmconfig.Idm5;
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        if (Idm_array[i] == Idm_array_last[i])
        {
        }
        else
        {
            if (millis() - updateTime >= 30000)
            {
                updateTime = millis();
                byte idm_update[sizeof(IdmConfig)];
                memcpy(idm_update, &idmconfig, sizeof(IdmConfig));
                dueFlashStorage.write(4, idm_update, sizeof(IdmConfig));
                Idm_array_last[0] = idmconfig.Idm1;
                Idm_array_last[1] = idmconfig.Idm2;
                Idm_array_last[2] = idmconfig.Idm3;
                Idm_array_last[3] = idmconfig.Idm4;
                Idm_array_last[4] = idmconfig.Idm5;
            }
        }
    }
}
```

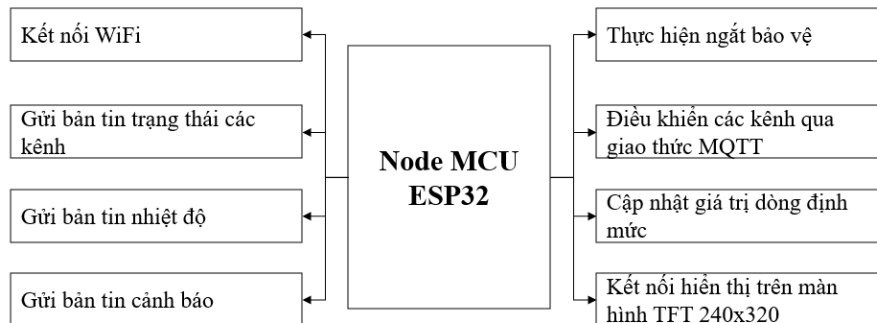
```

void sendJSON()
{
    StaticJsonDocument<500> doc;
    doc["count"] = count;
    JsonArray data = doc.createNestedArray("data");
    data.add(idmconfig.Idm1);
    data.add(idmconfig.Idm2);
    data.add(idmconfig.Idm3);
    data.add(idmconfig.Idm4);
    data.add(idmconfig.Idm5);
    serializeJson(doc, Serial3);
    Serial3.println();
    Serial.println("Send JSON Completed!");
}

```

Giá trị dòng điện định mức từ Arduino Due được truyền lên ESP32 qua giao thức UART qua định dạng JSON.

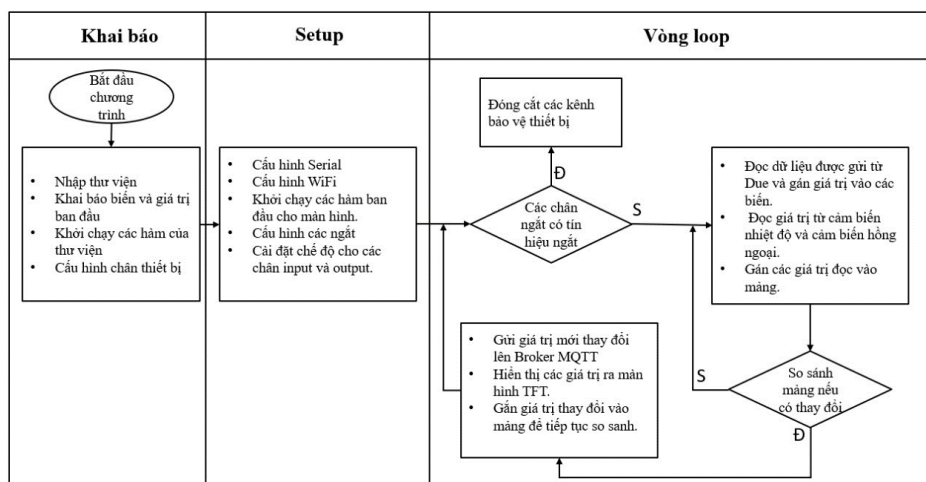
- ❖ ESP32 là module MCU đa dụng, mạnh mẽ và được sử dụng rất thông dụng. ESP32 có khả năng kết nối WiFi, được ứng dụng rất nhiều trong các hệ thống IoT hiện nay.



Hình 2.19 Cấu trúc chương trình ESP32

Điểm nâng cấp hơn so với ESP8266 là ESP32 được thiết kế có thể chạy song song hai core, thực hiện đa nhiệm các tác vụ song song. Tuy nhiên trong việc lập trình thiết bị, em chỉ sử dụng một core đã có thể thực hiện đầy đủ các nhiệm vụ để đảm bảo khả năng tối ưu tài nguyên cho thiết bị sử dụng. Các tác vụ mà ESP32 thực hiện được chúng em thể hiện ở hình dưới đây.

Thuật toán trên ESP32:



Hình 2.20 Lưu đồ thuật toán cho vi điều khiển ESP32

Đầu tiên, khi bắt đầu chương trình cần khai báo thư viện cần thiết được sử dụng trong chương trình, và khai báo biến và giá trị biến ban đầu. Đồng thời, định nghĩa các chân cho thiết bị giúp quá trình lập trình dễ dàng hơn và tránh nhầm lẫn. Ngoài ra cần khởi chạy các hàm của thư viện nếu cần thiết để tạo bước đệm đằng sau khi sử dụng các hàm khác của thư viện.

Tại vòng setup, cấu hình Serial mặc định cho ESP32 để giám sát thông tin qua Serial Monitor, cấu hình Serial2 mặc định cho ESP32 cấu hình các chân truyền nhận thông qua Modbus RS485 và cấu hình Serial phù hợp với Software Serial. Cấu hình ESP32 là Master. Sau đó khởi chạy các hàm thiết kế bàn đầu cho màn hình TFT. Cấu hình ngắt cho các chân và trạng thái kích hoạt ngắt. Cuối cùng, định nghĩa các chế độ cho chân GPIO cần dùng trong lập trình.

Tại vòng lặp, bước đầu kiểm tra tín hiệu ngắt thực hiện các ngắt ngay khi có tín hiệu để bảo vệ thiết bị và hệ thống điện. Sau đó, đọc dữ liệu từ cảm biến, dữ liệu được gửi từ Due và trạng thái các chân điều khiển, gán vào mảng tạm thời. So sánh các mảng để xét sự thay đổi giá trị trong mảng. Nếu có thay đổi các giá trị mới được gửi lên Broker MQTT, đồng thời cập nhật hiển thị lên màn hình TFT. Mảng mới được gán lại các giá trị cho mảng cũ để tiếp tục so sánh cho vòng lặp tiếp theo.

Ứng dụng khả năng kết nối WiFi của ESP32, các dữ liệu hay tín hiệu điều khiển đều được thực hiện qua mạng WiFi. Em sử dụng thư viện WiFi Manager cho phép thiết bị có khả năng linh hoạt kết nối với các mạng WiFi hiện có, bằng cách cấu hình WiFi qua thiết bị thông minh. Khi không tìm thấy WiFi đã được kết nối từ trước ESP32 sẽ tự phát ra mạng WiFi cho phép người dùng truy cập và cấu hình lại mạng WiFi cho thiết bị. Điều này khắc phục việc chỉ sử dụng một WiFi cố định như trước, khi muốn kết nối một mạng WiFi mới phải sửa và nạp lại chương trình.

```
void setupWifi() {  
    WiFiManager wm;  
    WiFi.mode(WIFI_STA);  
    bool res = wm.autoConnect("Numeric Relay Conf", "66668888");  
    if (!res) {  
        Serial.print("Connecting Failed");  
    }  
    else {  
        Serial.println("Connecting Completed");  
        digitalWrite(ledWifi, LOW);  
    }  
}
```

ESP32 các dữ liệu lên Broker MQTT. MQTT là giao thức truyền thông được sử dụng rất rộng rãi trong IoT. Dữ liệu bao gồm: trạng thái rơ-le, giá trị dòng điện định mức, cảnh báo quá dòng, cảnh báo ngắn mạch, cảnh báo cháy và giá trị nhiệt độ contactor. Để tối ưu cho chức năng truyền thông, ESP32 chỉ gửi bản tin đi khi trạng thái của các thành phần thay đổi.

```

for (int i = 0; i < 5; i++)
{
    int stat = digitalRead(overCurrentPin[i]);

    OCstat_current[i] = ( stat == 1 && state[i]/*digitalRead(relayPin[i])*/ == 1) ? 1 : 0 ; |
}

for (int x = 0; x < 5; x++)
{
    if (OCstat_current[x] == OCstat_last[x])
    {
    }
    else
    {
        int int_OCstat = OCstat_current[x];
        msgoverCurrentString = String(int_OCstat);
        String pubTopicoverCurrentString = preFixTopic + "stat/" + "OC" + String(x + 1);
        pubTopicoverCurrentString.toCharArray(pubTopicoverCurrent, pubTopicoverCurrentString.length() + 1);
        msgoverCurrentString.toCharArray(msgoverCurrent, msgoverCurrentString.length() + 1);
        wifiClient.publish(pubTopicoverCurrent, msgoverCurrent );
        OCstat_last[x] = int_OCstat;
    }
}

```

ESP32 có tới 34 chân GPIO, nên ESP32 được lập trình để tiếp nhận tín hiệu điều khiển từ Arduino Due. Các tín hiệu này bao gồm tín hiệu ngắt mạch và tín hiệu quá dòng qua từng kênh của thiết bị rơ-le số. Sau khi nhận các tín hiệu ngắt này ESP32 sẽ gửi bản tin đến PLC thông qua Modbus RS485 để yêu cầu PLC đóng/cắt congtractor.

```

void IRAM_ATTR OCinterrupt()
{
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        if ((digitalRead(overCurrentPin[i]) == 1))
        {
            state[i]=true;
            node.writeSingleCoil(relayPin[i], state[i]);
        }
    }
}

void IRAM_ATTR SCinterrupt()
{
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        if (digitalRead(shortCircuitPin[i]) == 1)
        {
            state[i]=true;
            node.writeSingleCoil(relayPin[i], state[i]); // gh
            shortCircuitStatePin[i]=true;
        }
    }
}

```

Ngoài ra, thiết bị có khả năng chủ động gửi bản tin đóng cắt mỗi congtractor thông qua bản tin được nhận từ MQTT, điều này hỗ trợ điều khiển đóng cắt từ người điều khiển khi cần thiết khi các kênh ngừng hoạt động. Sau đó, toàn bộ các trạng thái của rơ-le sẽ được cập nhật lên broker MQTT.

```

String topicBuffer = topic;
int splashIndex[10];
int j = 0;
for (int i = 0; i < topicBuffer.length(); i++) {
    if (topicBuffer.substring(i, i + 1) == "/") {
        splashIndex[j] = i;
        j++;
    }
}
int r1 = topicBuffer.substring(splashIndex[3] + 1).toInt();
Serial.println("    relay: " + String(r1));
if (r1 > 0 && r1 < 6)
{
    if ((char)payload[0] == '1') {
        state[r1 - 1]=true;
        node.writeSingleCoil(relayPin[r1 - 1], state[r1 - 1]);// {
    } else {
        state[r1 - 1]=false;
        node.writeSingleCoil(relayPin[r1 - 1], state[r1 - 1]);//
    }
}
}
}

```

Thiết bị còn tích hợp cảm biến nhiệt độ DS18B20, được sử dụng để đo nhiệt độ giữa các contactor, giúp người sử dụng giám sát được nhiệt độ contactor và nhiệt độ trong tủ điện. Ngoài ra, thiết bị còn sử dụng cảm biến tia lửa để kịp thời phát hiện cháy trong tủ điện khi xảy ra các sự cố. Sự cố cháy được cảnh báo trên giao diện người dùng và hiện thị trạng thái lên màn hình TFT.

Người sử dụng có thể nắm bắt các thông tin, trạng thái hoạt động của thiết bị thông qua màn hình TFT 240x320. Màn hình TFT là giải pháp hữu hiệu trong việc giúp người vận hành có thể biết được trạng thái hoạt động của thiết bị, đồng thời cũng để tận dụng tối đa sức mạnh của ESP32. Màn hình TFT được giao tiếp với ESP32 qua giao thức SPI. Với các thư viện hỗ trợ lập trình màn hình TFT, việc lập trình hiển thị trên màn hình TFT được thực hiện một cách đơn giản và nhanh chóng hơn. Trên màn hình, người dùng sẽ nắm bắt được đầy đủ thông tin thiết bị như: trạng thái rơ-le, dòng điện định mức của từng kênh, các loại cảnh báo và nhiệt độ. Giao diện màn hình được thiết kế đơn giản, song vẫn giúp người dùng dễ dàng quan sát được các thông tin hiển thị trên màn hình.

Như vậy, thiết bị rơ-le số tích hợp đầy đủ các tính năng thông minh. Cải tiến của rơ-le số là được ứng dụng thêm IoT vào thiết bị. Điều này giúp người dùng nắm bắt được toàn bộ thông tin của thiết bị, đồng thời thực hiện điều khiển bằng các thiết bị thông minh và giao diện người dùng được thiết kế trên nền tảng html.

2.6 Thiết kế hệ thống đóng cắt cho tải thiết bị của Rơ-le số.

2.6.1 Các vấn đề với điều khiển đóng cắt contactor và giải pháp.

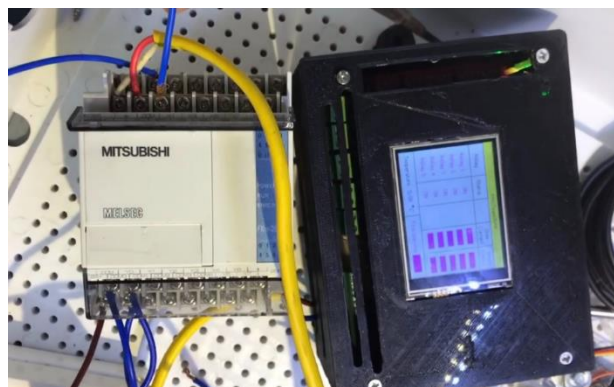
Với mục tiêu của đề tài là có thể đóng cắt và bảo vệ các loại tải thiết bị dân dụng có dòng điện tương đối lớn nên ở đây em chọn đóng cắt tải thiết bị thông qua việc đóng cắt contactor. Contactor là thiết bị đóng cắt trung gian được đóng cắt bằng điện nên thông qua contactor ta có thể đóng cắt tự động hoặc điều khiển từ xa và có thể tăng công suất sử dụng cho tải thiết bị.



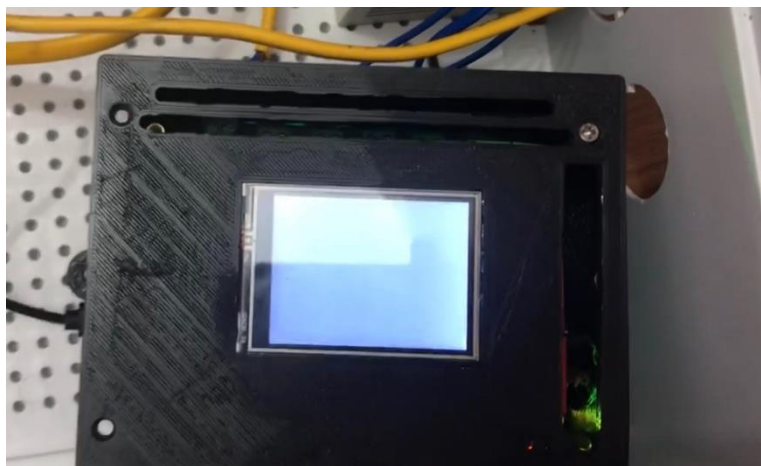
Hình 2.21 Congtactor 1 pha Chint NCH8-25/20 25A

- ❖ Thông số kỹ thuật của congtractor 1 pha Chint NCH8-25/20 25A
 - Điện áp làm việc của cuộn hút: 220V ~ 50Hz.
 - Công suất chịu tải: 25A.
 - Loại khởi động từ: 1 pha.
 - Số lượng tiếp điểm: 2 tiếp điểm thường mở (NO).
 - Cấu tạo bảo vệ chống các tác động bởi môi trường bên ngoài.
 - Dùng cho điều khiển động cơ có công suất <2kW, tải AC-3.
 - Nhựa PC chống cháy nổ.
 - Tiếp điểm chính bằng đồng.
 - Trọng lượng: 200g.

Ban đầu em thiết kế đóng cắt contactor thông qua hệ thống transistor rơ-le tiếp điểm để điều khiển tín hiệu đóng cắt từ ESP32. Tuy nhiên trong quá trình thử nghiệm nhận thấy việc đóng cắt qua congtractor gây ra nhiễu lan truyền trên đường dây gây ra các hiện tượng nhiễu tín hiệu làm cho việc đóng cắt các kênh bị sai nhiễu, màn hình led TFT bị nhiễu và có thể làm treo thiết bị Rơ-le số, đồng thời em cũng nhận thấy việc đóng cắt congtractor cũng gây ra hiện tượng nhiễu từ trường lan truyền trong không khí làm nhiễu màn hình led TFT hiển thị trên thiết bị Rơ-le số thông qua việc thử nghiệm đóng cắt congtractor đặt cạnh thiết bị Rơ-le số mà không có bất cứ kết nối nào giữa hai bên.



Hình 2.22 Thiết bị Rơ-le số bị nhiễu từ trường lan truyền trong không khí



Hình 2.23 Thiết bị Rơ-le số bị nhiễu tín hiệu lan truyền trên đường dây

Nguyên nhân được cho là khi contactor bị ngắt điện, cuộn hút trong contactor là một cuộn cảm khi bị mất điện đột ngột thì sẽ tạo ra một điện áp phóng ngược. Điều này có nghĩa là sẽ có một điện áp tăng đột ngột tại đầu cuối của cuộn dây được điều khiển bởi thiết bị điện tử. Điện áp phóng ngược này có thể lan truyền trên đường dây gây nên các hiện tượng nhiễu thiết bị như hoạt động đóng cắt sai, màn hình nhiễu, làm treo thiết bị bị treo và nếu điện áp phóng ngược đủ cao sẽ làm hỏng thiết bị điện tử. Ngoài ra xung đột có thể tạo ra các bức xạ gây nên nhiễu từ trường lan truyền trong không khí làm đảo lộn hoạt động của các thiết bị điện tử khác chạy trong vùng lân cận như lỗi đóng cắt và màn hình bị treo.

Từ đó em đề xuất sử dụng PLC để thực hiện việc đóng cắt ra contactor vì PLC là thiết bị chuyên dụng được sử dụng trong môi trường công nghiệp đã được cách ly hoàn toàn giữa khối đầu vào và đầu ra có thể chống nhiễu rất tốt. Việc sử dụng PLC sẽ cách ly được hoàn toàn giữa khối mạch điều khiển (Rơ-le số) và khối đóng cắt contactor điều đó sẽ tránh được nhiễu lan truyền trên đường dây gây nên các hiện tượng nhiễu cho thiết bị Rơ-le số.

Ngoài ra để hạn chế điện áp ngược đột biến khi contactor chuyển mạch gây nên các hiện tượng nhiễu lan truyền và nhiễu từ trường lan truyền trong không khí em còn sử dụng mạch lọc nhiễu RC snubber được nối song song với hai đầu cuộn hút của contactor. Mạch RC snubber thực tế được thiết kế gồm một điện trở được mắc nối tiếp với một tụ điện. Điện trở ở đây được chọn là 100ohm/1W, tụ điện 0,01uF/630V.



Hình 2.24 Mạch lọc RC Snubber

PLC được sử dụng ban đầu là dòng PLC FX1N-20MT của hãng mitsubishi với nhiệm vụ là đầu vào X của PLC sẽ đọc tín hiệu ON/OFF được gửi từ các chân đầu ra của ESP32 và kích hoạt các chân đầu ra Y tương ứng của PLC để đóng cắt contactor.



Hình 2.25 PLC Mitsubishi FX1N-20MT

- ❖ Thông số kỹ thuật của PLC FX1N-20MT:
 - Nguồn cấp 220V đầu vào, công suất nguồn 20W
 - Có 12 đầu vào cách ly/ 8 ngõ ra transistor
 - Đầu vào: chân COM được đấu sẵn xuống 0V
 - Đầu ra cung cấp sẵn nguồn 24V nội của PLC
 - Bộ nhớ chương trình: 2000 bước lệnh, sử dụng EEPROM
 - Kết nối truyền thông RS422
 - Chu kỳ xử lý lệnh: 0,55-0,7 us
 - Bộ đếm xung tốc độ cao(HSC)

Để PLC có thể đóng/cắt được contactor cần có một rơ-le trung gian ở giữa với nhiệm vụ đóng cắt trung gian từ nguồn DC sang nguồn AC để có thể điều khiển đóng cắt được cuộn hút của contactor. Vì PLC hoạt động ở điện áp 24V nên em sẽ chọn loại rơ-le trung gian 24V 8 chân MY2NJ.

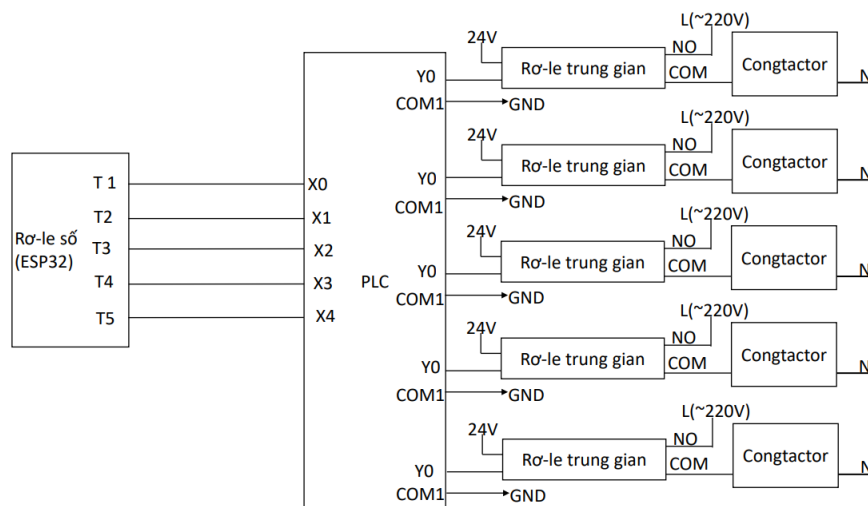


Hình 2.26 Relay trung gian 24V 8 chân MY2NJ

❖ Thông số kỹ thuật của Rơ-le trung gian 24V 8 chân MY2NJ:

- Điện áp cuộn dây: 24VDC
- Dòng điện tiếp điểm: 5A
- Số lượng tiếp điểm: 2NO+2NC
- Tích hợp đèn chỉ thị
- Kích thước: 42x28x21mm

Dưới đây là sơ đồ nguyên lý điều khiển đóng cắt contactor của Rơ-le số thông qua PLC



Hình 2.27 Sơ đồ kết nối điều khiển đóng/cắt contactor của Rơ-le số thông qua PLC

Sau khi vi điều khiển gửi tín hiệu để đóng cắt contactor sẽ đi qua hệ thống transistor, rơ-le tiếp điểm, ... để đầu vào của PLC có thể đọc được tín hiệu đóng/cắt mà Rơ-le số gửi sang từ đó sẽ điều khiển đầu ra tương ứng. Đầu ra của PLC sẽ được kết nối với cuộn hút của rơ-le trung gian để điều khiển hút/nhả cuộn hút của rơ-le trung gian giúp đóng/mở 2 tiếp điểm NO, NC của rơ-le trung gian. Hai đầu cuộn hút của contactor sẽ được nối với nguồn 220V và nối với tiếp điểm NO của rơ-le trung gian, khi cuộn hút của rơ-le trung gian được cấp điện sẽ tiếp điểm thường mở NO sẽ đóng lại chuyển thành tiếp điểm thường đóng NC lúc này cuộn hút của contactor bị hút lại đóng/mở tiếp điểm NO/NC của contactor. Với việc kết nối tải thiết bị vào hai đầu tiếp điểm NO/NC của contactor với nguồn điện ta đã có thể điều khiển đóng/mở tải thiết bị bằng tín hiệu điện gửi từ Rơ-le số.

2.6.2 Điều khiển đóng cắt tải thiết bị của Rơ-le số thông qua PLC sử dụng giao thức Modbus RS485.

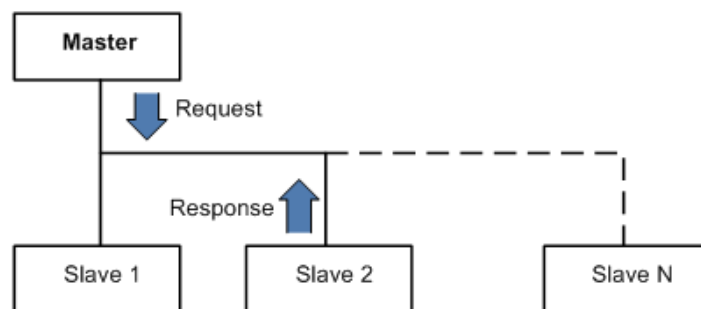
Trong quá trình thử nghiệm nhận thấy việc đóng cắt thiết bị thông qua PLC như mục trên trình bày chưa được hiệu quả và chưa tối ưu, với mỗi kênh cần sử dụng hệ thống transistor, rơ-le tiếp điểm, điện trở ... để có thể giúp đầu vào X của PLC có thể đọc được tín hiệu ON/OFF được gửi từ ESP32 để điều khiển kênh đầu ra Y tương ứng của PLC. Việc sử dụng nhiều linh kiện điện tử này gây lãng phí và tăng kích thước mạch Rơ-le số. Nếu muốn tăng số kênh sử dụng sẽ làm tăng kích thước của Rơ-le số. Sử dụng về lâu dài sẽ dễ bị sai lệch do các linh kiện

điện tử có tuổi thọ không cao. Chính vì thế em đề xuất giải pháp là sẽ điều khiển đóng cắt thông qua PLC sử dụng giao thức Modbus RS485. Modbus là chuẩn truyền thông trong công nghiệp phổ biến nhất hiện nay. Việc điều khiển qua Modbus RS485 sẽ khắc phục đáng kể các nhược điểm đã nêu ở trên, chỉ với 2 dây tín hiệu có thể điều khiển được cho 5 kênh thiết bị và có thể là nhiều kênh hơn nữa khi thiết bị được mở rộng tăng số kênh thiết bị. Điều này sẽ làm giảm kích thước của Rơ-le số đi rất nhiều do sử dụng ít linh kiện hơn và cũng tiết kiệm về mặt kinh tế. Ngoài ra điều khiển qua Modbus RS485 có khả năng chống nhiễu cao hơn và đường truyền tín hiệu xa hơn.

2.6.2.1. Tìm hiểu về Modbus.

Modbus là một chuẩn giao thức truyền thông công nghiệp được phát triển bởi Modicon (nay thuộc về Schneider Electric) vào năm 1979, được dùng để giao tiếp các thiết bị với nhau trong hệ SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Modbus trở thành một chuẩn giao thức truyền thông công nghiệp tiêu chuẩn vì nó có độ ổn định cao, miễn phí, đơn giản và dễ sử dụng.

Giao thức Modbus được chia thành nhiều loại như Modbus RTU, Modbus ASCII, Modbus TCP/IP. Mỗi loại sẽ thích hợp cho từng ứng dụng riêng. Điểm chung của các giao thức này đều dựa trên nguyên tắc Master – Slave, khi thiết bị Master gửi yêu cầu tới thiết bị Slave thì thiết bị đó mới phản hồi. Tất cả các thiết bị sẽ được kết nối chung với nhau trên một đường truyền.

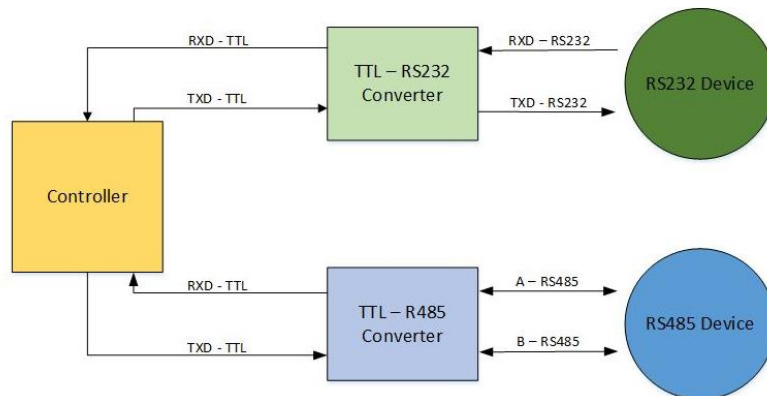


Hình 2.28 Giao thức Modbus RS485

Giao thức Modbus được sử dụng phổ biến nhất là Modbus RTU trên đường truyền vật lý RS-485. Modbus RTU là một giao thức truyền nối tiếp tương đối đơn giản dựa trên giao thức UART. Dữ liệu được truyền theo byte, tốc độ baudrate thường được cấu hình trong khoảng từ 1200bps đến 115200bps.

Trong một mạng giao tiếp các thiết bị sử dụng giao thức Modbus RTU, các cảm biến hoặc các cơ cấu chấp hành thường đảm nhiệm vai trò là Slave; Các thiết bị như máy tính, PLC, vi điều khiển, thiết bị HMI,... có thể là các thiết bị Master, nhưng đôi khi chúng cũng có thể đóng vai trò là các Slave.

Trong khi đó, tín hiệu của giao thức UART sử dụng trong vi điều khiển dùng chuẩn TTL hoặc chuẩn CMOS. Vì vậy, khi ta muốn sử dụng vi điều khiển để giao tiếp với các thiết bị sử dụng giao thức Modbus RTU thì chúng ta cần có các mạch chuyển đổi TTL/CMOS-RS232 hoặc TTL/CMOS-RS485.

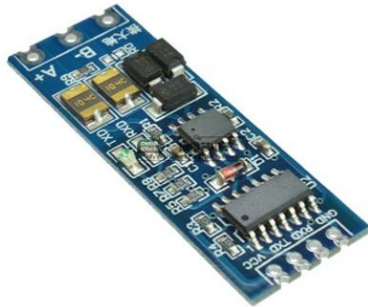


Hình 2.29 Giao tiếp giữa các thiết bị sử dụng giao thức Modbus RS485

❖ Đường truyền RS485:

- Được sử dụng với các mạng đa điểm, kết nối được nhiều thiết bị Master và nhiều thiết bị Slave.
- Có 2 chế độ truyền: chế độ truyền half-duplex chỉ một cặp dây đối xứng A-B; chế độ truyền full-duplex cần 2 cặp dây A-B, X-Y. Giao thức Modbus sử dụng chế độ truyền half-duplex, chỉ cho phép một thiết bị trong mạng truyền dữ liệu trong một thời điểm.
- Các dây tín hiệu được xoắn lại với nhau nên nếu có nhiễu tác động thì sẽ xảy ra đồng thời trên các dây. Đồng thời nó sử dụng hệ thống truyền dẫn cân bằng nên điện áp giữa 2 dây sẽ ngược nhau và mức logic sẽ được xác định dựa trên điện áp chênh lệch giữa các cặp dây (ví dụ A và B) nên khả năng chống nhiễu tốt.
- Mức logic 1 tương ứng với điện áp chênh lệch giữa 2 dây $U_{ab} = U_a - U_b > +200\text{mV}$. Còn mức logic 0 thì điện áp $U_{ab} < -200\text{mV}$. Điện áp nằm trong khoảng $-200\text{mV} < U_{ab} < +200\text{mV}$ là phạm vi không được xác định.
- Chiều dài tối đa của dây dẫn truyền là 1200m, tốc độ truyền dữ liệu thường từ 9600 đến 115200 bps. Tốc độ càng cao thì chiều dài dây càng phải ngắn lại.
- Có điện trở đầu cuối RT được đặt ở hai đầu của đường truyền, giá trị điện trở đầu cuối phù hợp với giá trị trở kháng đặc tính của đường dây sẽ giảm thiểu nhiễu xảy ra do có sự phản xạ xuất hiện trên đường truyền.
- Điện áp chênh lệch của 2 thiết bị giao tiếp với với nhau chỉ được chênh lệch trong khoảng từ -7V đến +12V. Vậy nên GND của các thiết bị nên được kết nối với nhau trên cùng một đường truyền để đảm bảo tín hiệu được ổn định.

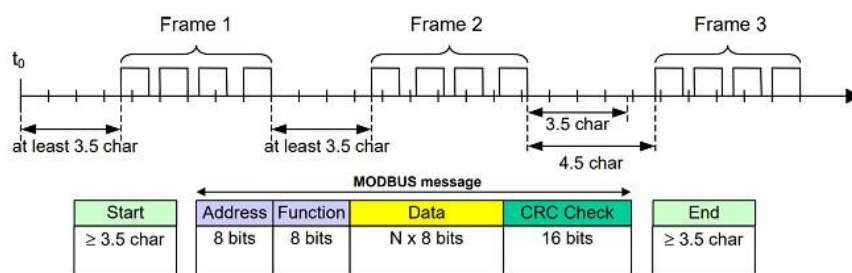
- Module hỗ trợ để vi điều khiển có thể kết nối được với các thiết bị khác sử dụng chuẩn RS485 thường sử dụng IC MAX485, SN65HVD485E...



Hình 2.30 module chuyển giao tiếp UART TTL-RS485V2

❖ Khung truyền modbus RTU

Một bảng tin Modbus được xây dựng dựa trên các bảng tin UART. Các bảng tin Modbus khác nhau phải cách nhau một khoảng thời gian được gọi là “silent interval” bằng ít nhất 3.5 thời gian một bảng tin UART. Trong một bảng tin Modbus, các kí tự (bảng tin UART) phải được truyền liên tục. Nếu có một khoảng “silent interval” lớn hơn 1.5 kí tự xuất hiện trong bảng tin, thì bảng tin đó sẽ được cho là không hoàn thành và thiết bị nhận sẽ bỏ qua nó.



Hình 2.31 Khung truyền giao thức Modbus RTU

Bảng tin từ thiết bị Master gọi là Query, còn bảng tin Slave phản hồi được gọi là Response. Master có thể gửi bảng tin cho toàn bộ Slave thông qua bảng tin Broadcast, khi Slave nhận được bảng tin này thì không cần phản hồi ngược lại.

❖ Bảng tin Query và Response sẽ có 4 trường: Device Address, Function Code, Data Bytes và Error Check.

- Address Field: Trường địa chỉ này giúp master xác định được nó đang làm việc là slave nào. Các Slave sẽ được gán địa chỉ từ 1-247 và phải đảm bảo không có Slave nào trùng địa chỉ với nhau. Trường này nằm ở vị trí đầu tiên trong một bảng tin Modbus và có kích cỡ 8 bit.
 - Khi Master gửi Query thì thông tin đầu tiên sẽ là địa chỉ Slave nó muốn làm việc.
 - Trường Device Address của bảng tin Response cũng sẽ phải đúng địa chỉ của Slave đó để Master biết Slave nào gửi phản hồi.

- Khi trường Device Address trong bảng tin Query của Master có địa chỉ 0x00, tức đó là bảng tin Broadcast, tất cả các Slave đều có thể nhận bảng tin đó.
- Function Code: Trường này đi theo sau trường Device Address và có kích thước 8 bit, nó sẽ chỉ định hành động Master yêu cầu Slave thực hiện như đọc/ghi một hoặc nhiều dữ liệu trong thiết bị. Dữ liệu trong các thiết bị Modbus sẽ chia thành các kiểu dữ liệu khác nhau và nằm trong các Register Type như dưới. Với các tin nhắn Response thông

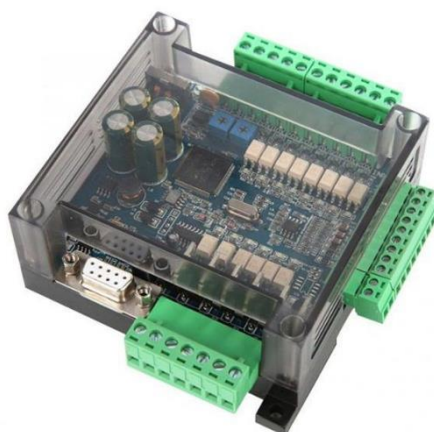
Function Code	Action	Register Type
01 (01 hex)	Read	Discrete Output Coils
05 (05 hex)	Write single	Discrete Output Coil
15 (0F hex)	Write multiple	Discrete Output Coils
02 (02 hex)	Read	Discrete Input Contacts
04 (04 hex)	Read	Analog Input Registers
03 (03 hex)	Read	Analog Output Holding Registers
06 (06 hex)	Write single	Analog Output Holding Register
16 (10 hex)	Write multiple	Analog Output Holding Registers

Hình 2.32 Mã Function Code và chức năng

- thường, Slave chỉ cần phản hồi đúng Function Code mà Master đã gửi.
- Data: Trường Data của bảng tin Query chứa các thông tin bổ sung mà Slave phải sử dụng để thực hiện hành động theo Function Code. Còn đối với tin nhắn Response, trường Data sẽ chứa dữ liệu được yêu cầu bởi Master.
 - Error Check: Trường này dùng để kiểm tra lỗi khung truyền, nó chiếm 16-bit tương ứng với 2 byte. Modbus RTU sử dụng phương pháp Cyclical Redundancy Check. (tham khảo thêm tại.

2.6.2.2. Điều khiển đóng cắt tải thiết bị của Rơ-le số thông qua PLC sử dụng giao thức Modbus RS485.

Để điều khiển đóng cắt tải thiết bị thông qua PLC sử dụng giao thức Modbus RS485 thì PLC cần có cổng giao tiếp RS485. Ở đây qua quá trình tìm hiểu em thấy dòng PLC FX3U-14MT của hãng Mitsubishi là dòng PLC phù hợp với đề tài.



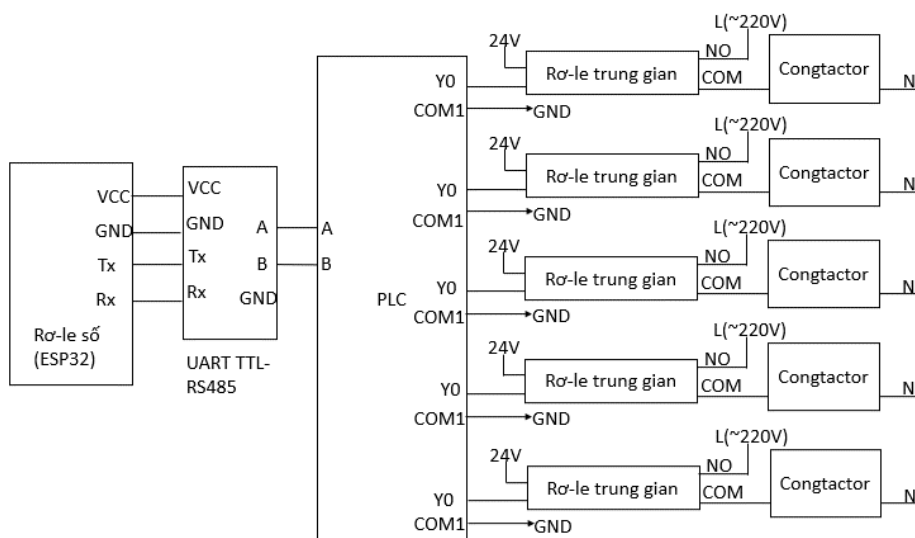
Hình 2.33 PLC Mitsubishi FX3U-14MT

❖ Thông số kỹ thuật của PLC FX3U-14MT

- PLC board FX3U-14MT-2AD2DA-485
- Cấp nạp USB - RS232
- 8 vào, 6 ra (1 cổng xuất xung)
- Ngõ ra Transistor: 24VDC/5A.
- Ngõ vào Analog: 6 ngõ vào Analog độ chính xác 12bit; AD0-AD2; 0-10V; A3-AD5: 0-20mA; Đọc cấu trúc lệnh RD3A.
- Ngõ ra analog: 2 ngõ ra analog, độ chính xác 12bit, ngõ ra vôn: 0-10V, ngõ ra analog với cấu trúc lệnh WR3A
- Phát xung: 100KHz (khuyến cáo 40KHz)
- Kích thước (Dài*Rộng*Cao): 107mmx120mmx43mm nặng 255g
- Nguồn cấp: 24VDC – 1A
- Ngõ vào : 0VDC-NPN
- Giao tiếp HMI: Có thể kết nối hầu hết các loại HMI RS232 (1 Cổng)/ RS485 (1 Cổng)
- Cổng lập trình: DP9/RS232 tốc độ 38.4kbs
- Số lượng bước lập trình: 8000 bước
- Khả năng bảo vệ : Chống ăn mòn – chống ẩm – chống tĩnh điện

❖ Nguyên lý hoạt động

Ở đây em sẽ sử dụng ESP32 là vi xử lý chính của Rơ-le số đóng vai trò là Master, PLC FX3U-14MT sẽ đóng vai trò là Slave. ESP32 sẽ kết nối giao tiếp với PLC thông qua module chuyển đổi UART TTL-RS485.



Hình 2.34 Sơ đồ kết nối ESP32 và PLC FX3U-14MT

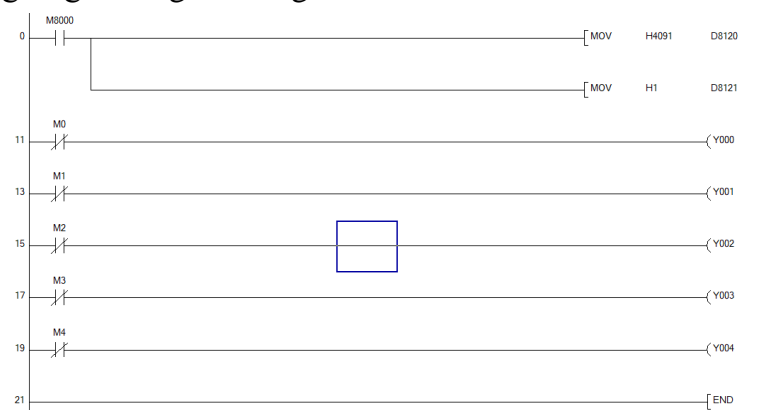
Khi ESP32(Master) cần điều khiển đóng/cắt một kênh nào đó sẽ gửi bản tin đến PLC(Slave) yêu cầu PLC thực hiện lệnh đóng/cắt kênh có đầu ra theo ý muốn. Đầu ra của PLC sẽ được kết nối đến cuộn hút của rơ-le trung gian như hình trên, đầu ra tiếp điểm NO và COM của rơ-le trung gian sẽ được đưa vào đầu

vào cuộn hút của contactor như hình trên. Khi tín hiệu đầu ra Y của PLC được on/off khi đó cuộn hút của rơ-le trung gian sẽ được hút/nhả đảo trạng thái cặp tiếp điểm NO,NC của rơ-le trung gian. Khi đó cuộn hút của contactor sẽ được hút/nhả ra làm cặp tiếp điểm NO,NC của contactor sẽ đảo lại trạng thái. Ta kết nối nguồn điện qua tải và nối tiếp với 2 chân của tiếp điểm NO/NC sẽ điều khiển đóng/cắt tải thiết bị thông qua tín hiệu điện từ Rơ-le số.

Việc ESP32 gửi bản tin đến PLC để yêu cầu đóng/cắt kênh đầu ra theo ý muốn thực chất là ESP32(Master) sẽ gửi bản tin đến PLC(Slave) sẽ ghi 1 bit trạng thái (0/1) đến vùng nhớ địa chỉ của biến đầu ra Y tương ứng từ đó thay đổi trạng thái của biến đầu ra Y của PLC. Tuy nhiên dòng PLC FX3U-14MT này khi giao tiếp Modbus RS485 ở dạng Slave sẽ không hỗ trợ giao tiếp trực tiếp đến vùng nhớ đầu vào X và đầu ra Y mà chỉ cho phép truy cập vào các vùng nhớ trung gian M,... nên để ESP32(Master) có thể điều khiển on/off các đầu ra Y của PLC(Slave) thông qua giao thức Modbus RS485 thì em sẽ điều khiển đầu ra Y thông qua vùng nhớ trung gian M của PLC.

Như vậy để điều khiển 5 kênh ta cần biết địa chỉ của 5 vùng nhớ trung gian M và ghi bit trạng thái vào vùng nhớ đó trên Slave. Các địa chỉ này lần lượt là 0x0000;0x0001;0x0002;0x0003;0x0004. Trên ESP32 ta cần lập trình cấu hình cho ESP32 là Master được kết nối đến Slave có địa chỉ 1 tốc độ baud 19200 như bên Slave cấu hình và khi muốn điều khiển một kênh nào đó ta sẽ gửi bản tin ghi trạng thái trạng thái(0/1) của kênh muốn điều khiển đến vùng nhớ M tương ứng để có thể đóng/cắt tải thiết bị qua PLC sử dụng giao thức Modbus RS485.

Ở trên PLC cần phải cấu hình cho PLC là Slave, có địa chỉ Slave là 1, cấu hình các thông số giao tiếp RS485 và điều khiển đầu ra theo vùng nhớ bit trung gian M tương ứng được ghi xuống từ Master.



Hình 2.35 Lập trình PLC ở chế độ Slave và cài đặt các thông số

Như ở phần lập trình trên khi PLC bắt đầu on sẽ cài đặt cho PLC ở chế độ Slave địa chỉ là 1; cấu hình giao tiếp RS485 với các thông số được cài đặt là tốc độ baud 19200, parity 0 bit, data length 8 bit, bit stop 1 bit. Các tiếp điểm đầu ra Y sẽ được điều khiển bởi các bit trạng thái của biến trung gian M tương ứng.

2.7 Thiết kế giao diện theo dõi hiện trạng và cảnh báo sự cố.

2.7.1 Giới thiệu chung về HTML

❖ Khái niệm

HTML là viết tắt của Hyper Text Markup Language (ngôn ngữ đánh dấu siêu văn bản). HTML cho phép người dùng tạo và cấu trúc hóa các thành phần trên một trang web như đoạn văn, tiêu đề, liên kết, trích dẫn, bảng biểu...

- Các phần tử trong HTML là các khối của trang web HTML, được đại diện bằng những thẻ đánh dấu (tag).
- Thẻ đánh dấu HTML chứa các nội dung như ‘paragraph’, ‘heading’, ‘table’...
- Trình duyệt không hiển thị thẻ HTML nhưng dùng chúng để hiển thị nội dung của trang.

HTML không phải là ngôn ngữ lập trình, mà chỉ là ngôn ngữ đánh dấu, nó đơn giản và dễ học ngay cả với những người mới học làm web.

❖ Lịch sử ra đời của HTML

HTML được tạo ra bởi Tim Berners-Lee, một nhà vật lý tại viện nghiên cứu CERN của Thụy Sĩ. Ông đã đưa ra ý tưởng về hệ thống siêu văn bản trên Internet. Siêu văn bản nghĩa là văn bản có thể chứa liên kết đến văn bản khác mà người dùng có thể truy cập ngay lập tức.

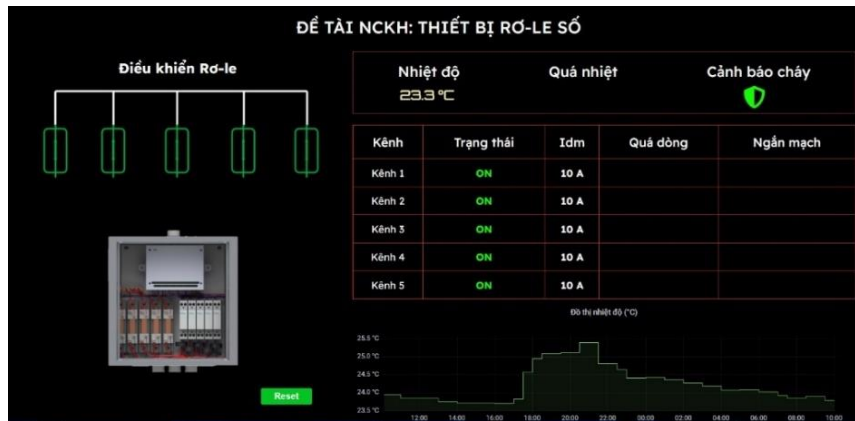
Ông đã xuất bản phiên bản HTML đầu tiên vào năm 1991, bao gồm 18 thẻ HTML. Sau đó, ngôn ngữ HTML có thêm nhiều thẻ và thuộc tính mới để đánh dấu văn bản. Theo tài liệu tham khảo HTML Element Reference của Mozilla Developer Network, hiện có khoảng 140 thẻ HTML, bao gồm cả một số thẻ đã lỗi thời, không còn được các trình duyệt hiện đại hỗ trợ nữa.

Các thông số HTML hiện được duy trì và phát triển bởi W3C (World Wide Web Consortium).

2.7.2 Thiết kế giao diện theo dõi hiện trạng và cảnh báo sự cố trên HTML

Để xây dựng giao diện theo dõi hiện trạng, điều khiển đóng/cắt các kênh online và cảnh báo sự cố trên web, em đã sử dụng kết hợp:HTML, CSS, JavaScript (mqtt websocket, angularjs) là ba ngôn ngữ chính trong lập trình web, giao diện và có mối liên hệ lẫn nhau để xây dựng một giao diện sống động, chuyên nghiệp.

- HTML: Hỗ trợ trong việc xây dựng layout, thêm nội dung dễ dàng trên giao diện.
- CSS: Hỗ trợ việc định dạng thiết kế, bố cục, style, màu sắc,...
- JavaScript: Tạo nên những nội dung “động”



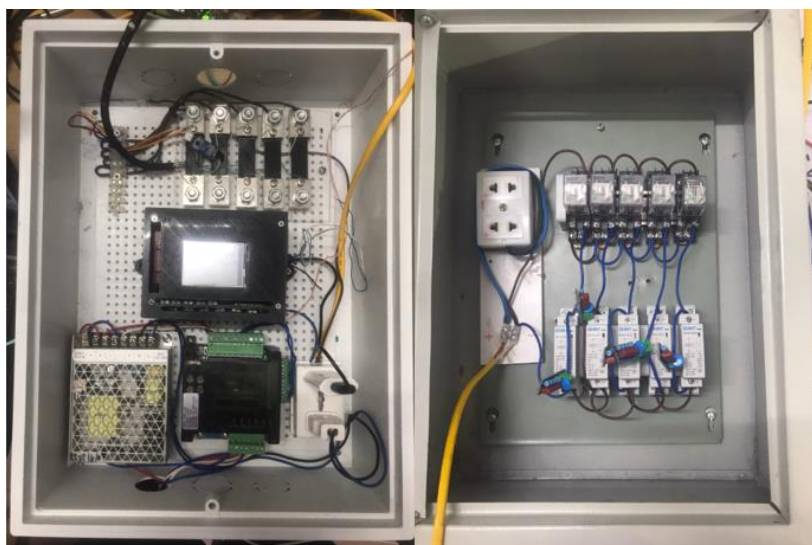
Hình 2.36 Giao diện

❖ **Bố cục hiển thị và chức năng từng phần trên giao diện:**

- Điều khiển rơ le: giúp điều khiển đóng mở rơ-le thông qua giao diện một cách nhanh chóng, tiện lợi ở bất cứ đâu khi thiết bị thông minh đã được cài đặt giao diện và có kết nối internet.
- Hình ảnh mô phỏng: là hình ảnh tủ điện
- Nut reset: giúp reset thiết bị.
- Đồ thị: Theo dõi nhiệt độ tại nơi lắp đặt thiết bị.
- Cảnh báo quá nhiệt: khi nhiệt độ lớn hơn 60°C sẽ có tín hiệu cảnh báo.
- Cảnh báo cháy: khi có sự cố cháy xảy ra ngay lập tức có tín hiệu báo cháy.
- Bảng theo dõi; trạng thái on off của rơ-le, dòng định mức cài đặt cho thiết bị rơ-le số, hiện tượng quá dòng, ngắn mạch.
- Đồ thị nhiệt độ.

2.8 Thiết kế lắp đặt tủ điện cho thiết bị Rơ-le số.

Các thành phần trong tủ gồm có :module cảm biến báo cháy, module đo nhiệt độ DS18B20, 5 con điện trở shunt, thiết bị Rơ-le số, nguồn tổ ong 220V-24VDC, PLC Mitsubishi FX3U-14MT, 5 biến dòng, 2 ổ điện cấp nguồn cho thiết bị ,5 con contactor, 5 rơ-le trung gian và được bố trí trên **Hình 2.26**.

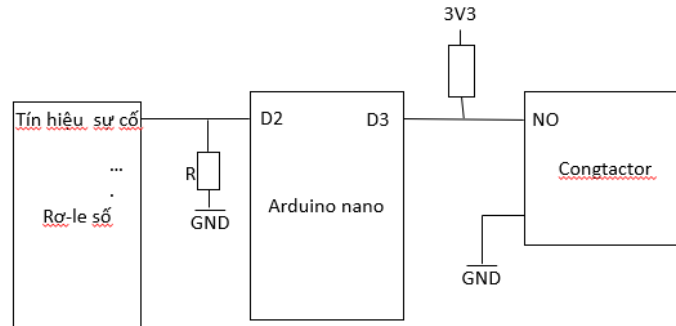


Hình 2.37 Bố trí các thiết bị trong tủ điện

2.9 Thiết kế mạch đo thời gian tác động của Rơ-le số.

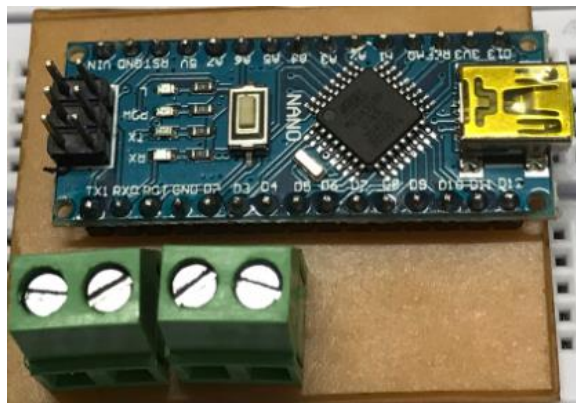
Thời gian tác động sự cố của Rơ-le được xác định từ lúc phát hiện sự cố đến lúc cắt hoàn toàn congctactor bảo vệ tải thiết bị điện.

Qua đó em xây dựng sơ đồ nguyên lý mạch đo thời gian tác động sự cố của thiết bị.



Hình 2.38 Sơ đồ nguyên lý mạch đo thời gian tác động bảo vệ của Rơ-le số

Em sử dụng vi điều khiển Arduino nano để đọc các tín hiệu sự cố và tín hiệu đóng/ngắt congctactor. Tín hiệu sự cố được lấy từ Rơ-le số khi phát hiện ra sự cố, tín hiệu đóng/ngắt congctactor được lấy từ tiếp điểm phụ trên congctactor. Thời gian tác động được đo từ khi Arduino đọc được tín hiệu sự cố từ Rơ-le số gửi đến đến lúc Arduino đọc được tín hiệu đóng/ngắt từ tiếp điểm phụ của congctactor.

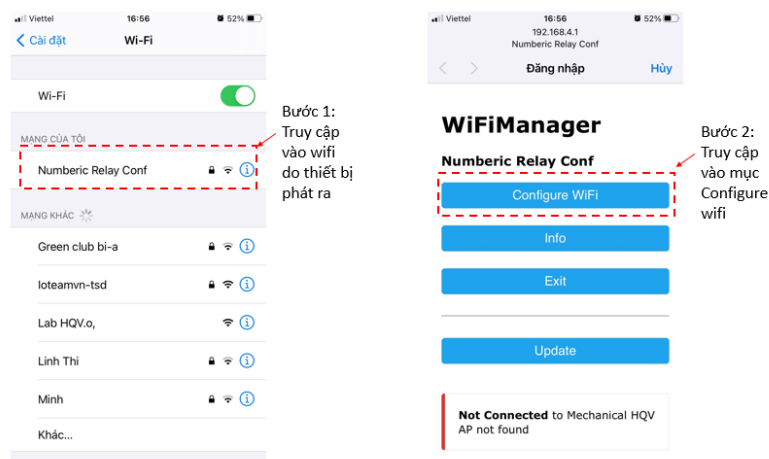


Hình 2.39 Mạch đo thời gian tác động bảo vệ của Rơ-le số

CHƯƠNG 3. KIỂM TRA THỦ NGHIỆM HOẠT ĐỘNG CỦA RƠ-LE SỐ.

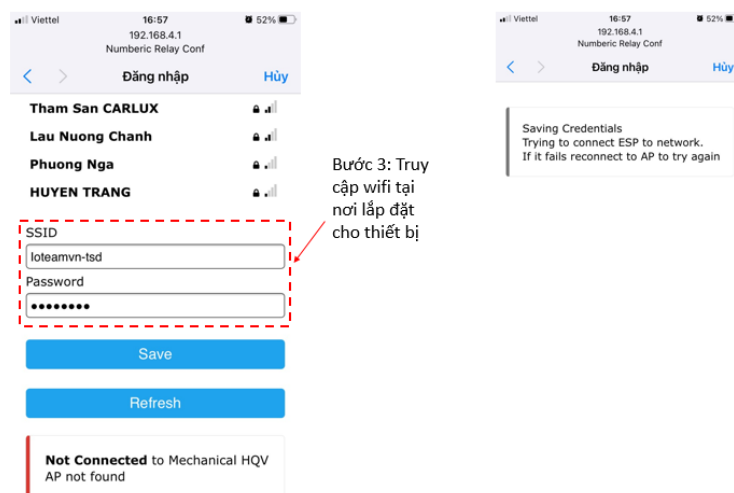
3.1 Kiểm tra hoạt động kết nối với mạng wifi của Rơ-le số.

Ban đầu, khi ta reset thiết bị Rơ-le số, Rơ-le số sẽ truy cập vào vùng nhớ flash để đọc và tự động truy cập vào thông tin địa chỉ wifi đã được lưu. Nếu không thể kết nối đến mạng đó Rơ-le số sẽ chuyển sang chế độ điểm truy cập phát ra một mạng Wifi để người dùng có thể truy cập và cấu hình thiết lập lại mạng wifi.



Hình 3.1 Các bước cấu hình lại mạng wifi cho Rơ-le số(1)

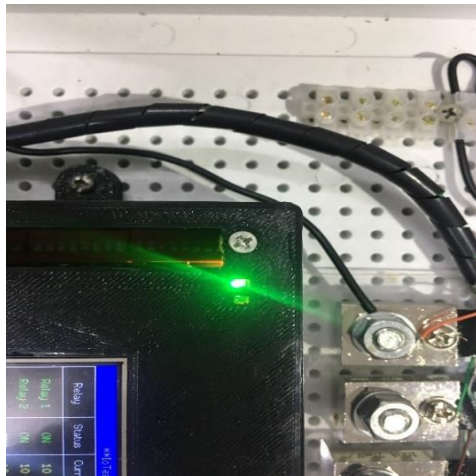
Khi ở chế độ điểm truy cập Rơ-le số sẽ phát ra mạng wifi là “Numeric Relay Conf”; pass “66668888”; thông tin wifi này có thể do người lập trình tùy ý đặt tên. Khi kết nối thành công đến địa chỉ wifi này sẽ đưa đến một trang web để cấu hình lại địa wifi mới cho thiết bị Rơ-le số.



Hình 3.2 Các bước cấu hình lại mạng wifi cho Rơ-le số(2)

Người dùng cấu hình lại thông tin wifi mới cho thiết bị Rơ-le số như hình trên hướng dẫn. Sau đó nhấn vào nút “Save” trên màn hình để kết nối wifi cho Rơ-le số và lưu lại thông tin wifi này vào Rơ-le số để Rơ-le số có thể tự động kết nối đến wifi này khi chúng ta reset thiết bị.

Khi kết nối wifi thành công đèn báo trạng thái wifi của thiết bị sẽ sáng màu xanh, người dùng có thể dễ dàng nhìn thấy tín hiệu này để biết xem thiết bị đã được kết nối hay chưa.



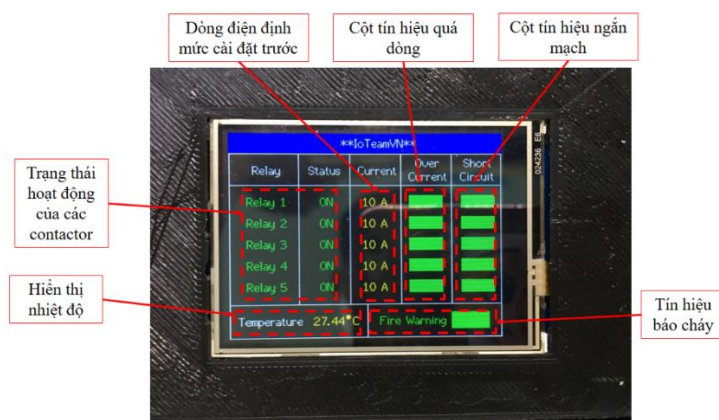
Hình 3.3 Đèn led báo hiệu kết nối Wifi thành công

Ngoài ra người dùng cũng có thể biết thiết bị đã được kết nối đến wifi hay chưa thông qua màn hình led TFT trên mặt của Rơ-le số. Nếu màn hình TFT hiển thị các thông tin trạng thái các kênh; nhiệt độ; cảm biến nhận được từ ESP32 gửi và in ra thì Rơ-le số đã được kết nối Wifi thành công.

3.2 Kiểm tra việc cài đặt thông số và điều khiển đóng cắt tải qua giao diện của Rơ-le số.

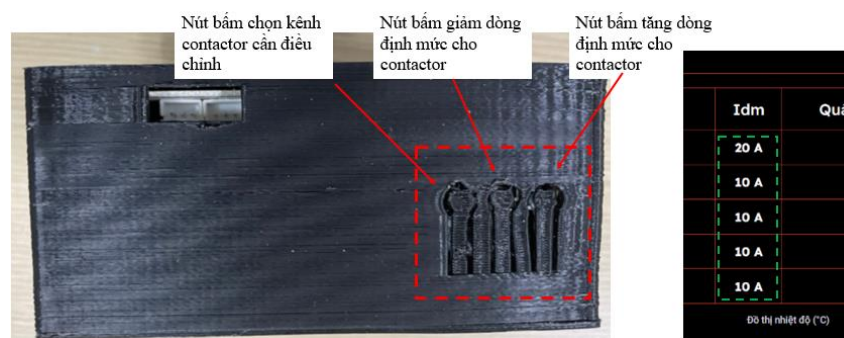
❖ Cài đặt thông số cho Rơ-le số.

Ở trạng thái hoạt động bình thường trên màn hình led TFT sẽ hiển thị trạng thái hoạt động của 5 kênh ở trạng thái “ON”, nhiệt độ hiện tại đo được bên trong tủ điện, dòng điện định mức cài đặt cho 5 kênh, trạng thái tín hiệu báo quá tải, ngắn mạch, tín hiệu báo cháy hiển thị màn xanh,



Hình 3.4 Các thông tin hiển thị lên màn hình của Rơ-le số

Để cài đặt dòng điện định mức cho tải thiết bị sử dụng ở một kênh nào đó người dùng sẽ sử dụng ba nút nhấn được thiết kế ở mặt sau của thiết bị để có thể chọn kênh, tăng, giảm dòng định mức đặt vào cho kênh đó.

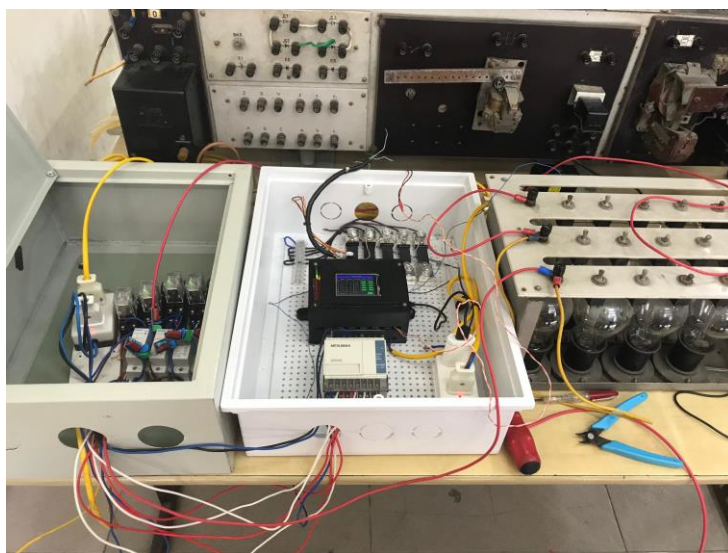


Hình 3.5 Nút bấm chọn dòng định mức cho các kênh

Dòng điện định mức sau khi được cài đặt sẽ hiển thị ra màn hình thiết bị Rơ-le số và được cập nhật hiển thị lên trên giao diện web. Thông số dòng điện này sẽ được sử dụng cho việc phát hiện và bảo vệ quá dòng của thiết bị Rơ-le số cho kênh tương ứng.

❖ Kiểm tra hoạt động đóng/cắt tải thiết bị qua giao diện của Rơ-le số.

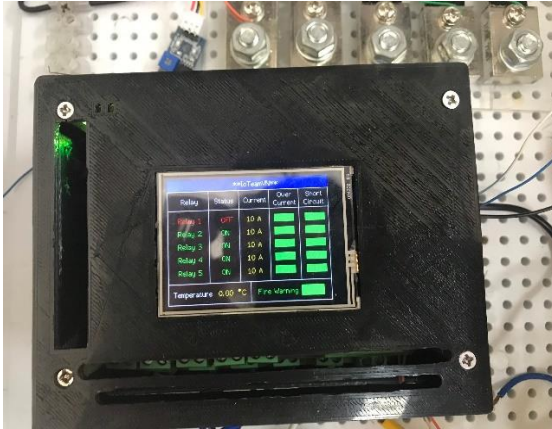
Ở đây em sử dụng tải là hệ thống bóng đèn sợi đốt trên phòng thí nghiệm khí cụ điện để thí nghiệm kiểm tra hoạt động đóng/cắt tải thiết bị qua giao diện của Rơ-le số.



Hình 3.6 Kết nối tải bóng đèn vào tủ điện Rơ-le số bảo vệ

Tải bóng đèn sợi đốt sẽ được kết nối với contactor tại kênh 1 của thiết bị Rơ-le số. Các kênh còn lại có thể thí nghiệm tương tự.

Ở trạng thái bật tải đèn sáng, contactor ở trạng thái đóng(trên giao diện và màn hình Rơ-le số: đóng màu xanh- mở màu cam). Ta có thể bật/tắt tải bóng đèn thông qua giao diện bằng cách click vào biểu tượng contactor mà ta muốn điều khiển. Trạng thái hoạt động của tải thiết bị được sử dụng cũng sẽ được hiển thị trên màn hình của Rơ-le số.



Hình 3.9 Màn hình Rơ-le số hiển thị ở trạng thái tắt kênh 1



Hình 3.10 Tải bóng đèn và màn hình giao diện ở trạng thái tắt kênh 1



Hình 3.8 Màn hình Rơ-le số hiển thị ở trạng thái bật



Hình 3.7 Tải bóng đèn và màn hình giao diện ở trạng thái bật

3.3 Thí nghiệm tra hoạt động đo dòng điện của Rơ-le số.

Để kiểm tra hoạt động đo dòng điện của Rơ-le số em đã thí nghiệm với hai loại tải là ấm siêu tốc và hệ thống bóng đèn sợi đốt trên phòng thí nghiệm khí cụ điện.

Các bước thực hiện để kiểm tra hoạt động đo dòng :

Bước 1: Sử dụng biến dòng cài vào dây tải và đấu dây của biến dòng vào terminal đọc dòng điện trên Rơ-le số.

Bước 2: Cấp điện cho tải hoạt động và đọc dòng điện đo được trên màn hình serial máy tính.

Bước 3: Sử dụng thiết bị chuyên dụng để đo dòng điện là ampe kìm để đo giá trị dòng điện và đối chiếu với giá trị dòng điện mà Rơ-le số đo được để kiểm tra độ chính xác.

❖ Sử dụng tải ảm siêu tốc.

Thực hiện đo với tải là ảm điện siêu tốc được kết nối để đo trên kênh 1 của Rơ-le số.



Hình 3.11 Thử nghiệm với tải ảm siêu tốc

Đọc kết quả hiển thị trên màn hình Serial như hình . Ta có thể thấy dòng điện Rơ-le số đo được là 6,48A và 4 kênh còn lại không được đo nên kết quả đo được là 0A.

```
16:17:13.468 -> dòng điện định mức 1 irms1 = 6.48
16:17:13.513 -> dòng điện định mức 2 irms1 = 0.00
16:17:13.560 -> dòng điện định mức 3 irms1 = 0.00
16:17:13.606 -> dòng điện định mức 4 irms1 = 0.00
16:17:13.653 -> dòng điện định mức 5 irms1 = 0.00
```

Hình 3.12 Kết quả đọc dòng điện từ thiết bị với tải là ảm siêu tốc cho kênh 1

Em sử dụng 5 biến dòng để thực hiện đo cho cả 5 kênh của thiết bị với tải ảm siêu tốc kết quả dòng điện Rơ-le số đo được có sự sai số giữa các kênh nhưng là không đáng kể.

```
16:22:38.145 -> dòng điện định mức 1 irms1 = 6.56
16:22:38.237 -> dòng điện định mức 2 irms1 = 6.57
16:22:38.283 -> dòng điện định mức 3 irms1 = 6.58
16:22:38.283 -> dòng điện định mức 4 irms1 = 6.58
16:22:38.329 -> dòng điện định mức 5 irms1 = 6.59
```

Hình 3.13 Kết quả đọc dòng điện từ thiết bị với tải là ảm siêu tốc cho cả 5 kênh

Thực hiện đo lại bằng Ampe kế ta thu được kết quả dòng điện đo được từ ampe kế là 6,68A. So sánh với giá trị dòng điện mà Rơ-le số đo được em thấy có sự sai lệch nhưng sai lệch trong khoảng có thể chấp nhận được.



Hình 3.14 Đo dòng bằng ampe kìm

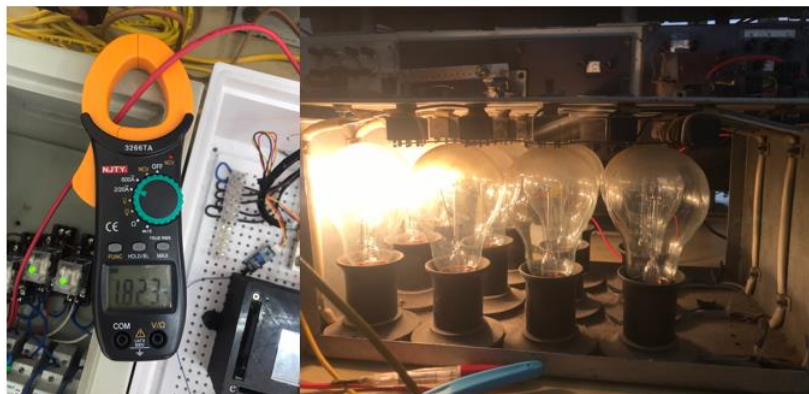
- ❖ Sử dụng tải là hệ thống đèn sợi đốt trên phòng thí nghiệm khí cụ điện.



Hình 3.15 Hệ thống đèn sợi đốt trên phòng thí nghiệm khí cụ điện

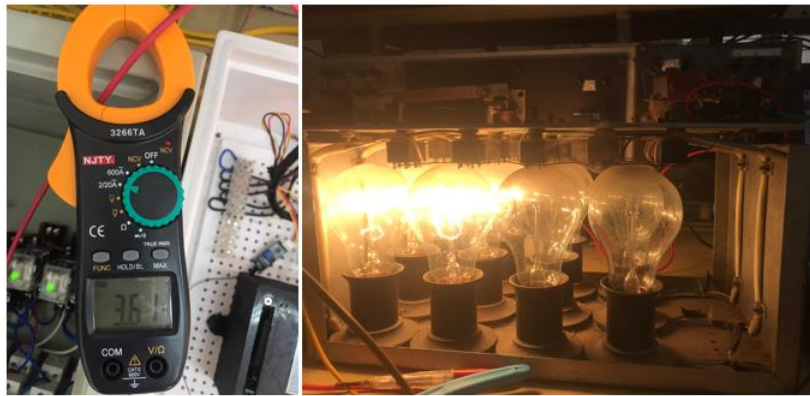
Thực hiện kết nối cấp nguồn cho tải bóng đèn và sử dụng biến dòng cài vào dây tải và đầu dây của biến dòng vào terminal đọc dòng điện trên Rơ-le số.

Bật lần lượt tải bóng đèn sợi đốt và kiểm tra thông số đo được của Rơ-le số và của thiết bị đo chuyên dụng ampe kìm



14:58:24.090 -> dòng điện định mức 1 irms1 = 1.80

Hình 3.16 Dòng điện đo được từ Rơ-le số và Ampe kìm khi bật 3 bóng đèn



15:00:15.616 -> dòng điện định mức 1 irms1 = 3.39

Hình 3.17 Dòng điện đo được từ Rơ-le số và Ampe kìm khi bật 6 bóng đèn

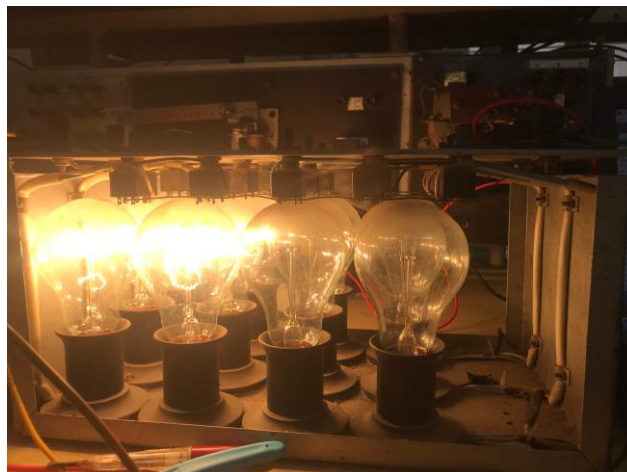
Kết quả: Dòng điện đo được từ thiết bị rơ-le số trong trường hợp 1 là 1,80A so với kết quả đo được từ Ampe kìm là 1,823A, trong trường hợp 2 Rơ-le số đo được là 3,39A trong khi Ampe kìm đo được giá trị là 3,61A. Ta có thể thấy giá trị dòng điện đo được từ Rơ-le số có giá trị tương ứng với giá trị dòng điện đo được của Ampe kìm, có 1 chút sai số nhưng không đáng kể có thể chấp nhận được.

3.4 Thí nghiệm kiểm tra hoạt động bảo vệ sự cố quá dòng của Rơ-le số.

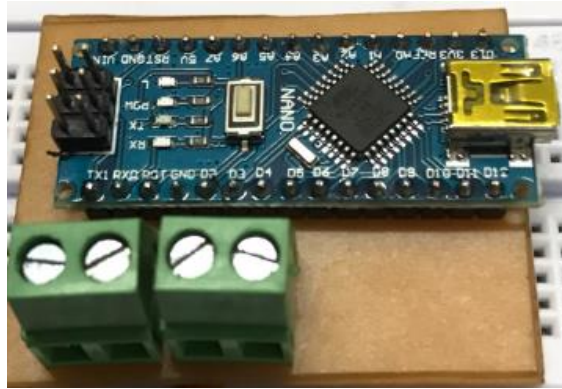
3.4.1 Thí nghiệm kiểm tra với tải bóng đèn trên phòng thí nghiệm khí cụ điện.

Do trên phòng thí nghiệm không có tải lớn nên em đã sử dụng luôn tải bóng đèn để làm thí nghiệm kiểm tra bảo vệ quá dòng của Rơ-le số.

Kiểm tra thử nghiệm trên kênh 1 của Rơ-le số, sử dụng tải bóng đèn, cài đặt dòng điện $I_p=1A$ cho Rơ-le số. Kết nối hệ thống bóng đèn vào kênh 1 của Rơ-le số. Sau đó cấp nguồn cho tải bóng đèn hoạt động, thay đổi tăng/giảm dòng điện bằng các công tắc để bật/tắt cho mỗi bóng đèn trên hệ thống tải bóng đèn. Kiểm tra hoạt động bảo vệ quá dòng của Rơ-le số và đo thời gian tác động của Rơ-le số.



Hình 3.18 Tải 12 bóng đèn sử dụng cho thí nghiệm quá dòng



Hình 3.19 Thiết bị đo thời gian tác động bảo vệ quá tải của thiết bị

❖ Kết quả thí nghiệm:

Sau khi cấp nguồn cho tải bóng đèn hoạt động và điều khiển công tắc trên hệ thống 12 bóng đèn để điều khiển số lượng đèn sáng. Khi điều khiển 5 đèn sáng giá trị dòng điện đo được từ Rơ-le số là 2,76A thì sau khoảng 4,768s Rơ-le số tác động nhả contactor ngắt tải bóng đèn ra khỏi nguồn điện; trên giao diện và màn hình của Rơ-le số hiển thị cảnh báo sự cố quá dòng trên kênh 1 và kênh 1 đã được ngắt điện để bảo vệ tải thiết bị.



Hình 3.20 Tín hiệu quá dòng trên màn hình Rơ-le số



Hình 3.21 Tín hiệu quá dòng trên màn hình giao diện

16:48:46.797 -> T1:4768

17:20:02.069 -> dòng điện định mức 1 irmsl = 2.76

Hình 3.22 Dòng điện đo được từ Rơ-le số và thời gian tác động đo được từ thiết bị

Như vậy ta thấy ngay sau khi dòng điện đo được từ Rơ-le số lớn hơn giá trị dòng điện định mức $I_p=1A$ đặt vào tại kênh 1 thì Rơ-le số đã phát hiện sự cố quá tải và sau khi kiểm tra điều kiện đủ thời gian quá tải sẽ lập tức tác động ngắt tải thiết bị ra khỏi nguồn điện để bảo vệ tải.

Thời gian kiểm tra quá tải được tính theo đường đặc tính bảo vệ quá tải theo tiêu chuẩn IEEE, kiểm tra thời gian bảo vệ quá tải theo công thức ta có:

$$t(I) = \frac{A}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^p - 1} + B = \frac{28,2}{\left(\frac{2,76}{1}\right)^2 - 1} + 0,127 = 4,39(s)$$

Như vậy ta có thể thấy thấy thời gian tác động theo lý thuyết và thời gian đo được từ thiết bị thực tế là xấp xỉ nhau có một chút sai số có thể là do sai số của thiết bị và độ trễ đóng cắt cơ khí của congtractor.

Để kiểm tra thời gian đóng cắt của Rơ-le số có theo đúng đường đặc tính bảo vệ quá dòng hay không em thực hiện lại thí nghiệm bảo vệ quá dòng của Rơ-le số này với các thông số dòng điện quá dòng được thay đổi bằng cách tang hoặc giảm số lượng bóng đèn được sáng trong khi dòng điện định mức I_p đặt vào kênh một của Rơ-le số vẫn giữ nguyên là 1A. Kết quả thu thập được thống kê trong bảng sau.

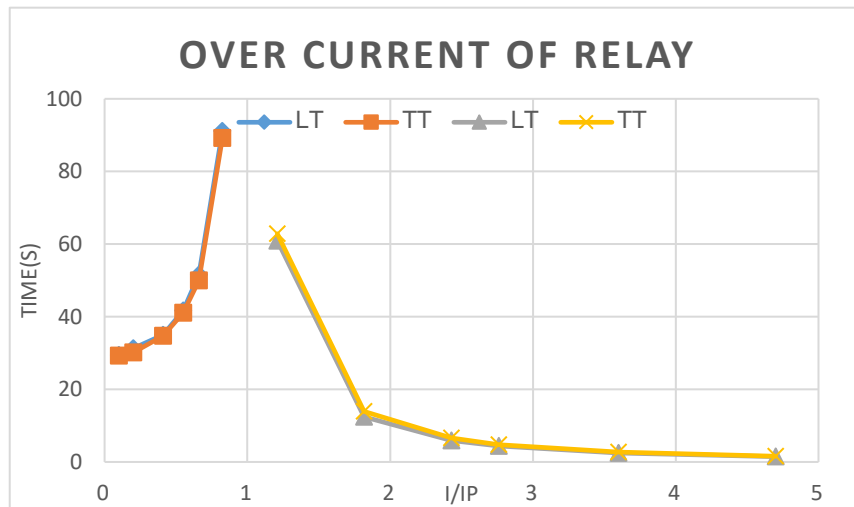
Bảng 3.1 Kết quả đường quá dòng

M	Tlt	Ttt
4,7	1,464	1,578
3,6	2,485	2,727
2,76	4.39	4,768
2,43	5.876	6,612
1.817	12.379	13,956
1,21	60.899	62,806

Bảng 3.2 Kết quả Reset quá dòng

M	Tlt	Test
0.1	29.394	29.245
0.2	31.313	30.123
0.41	34.980	34.75
0.55	41.720	41.044
0.66	51.559	49.983
0.825	91.115	89.215

Từ kết quả thu được từ hai bảng trên ta vẽ được đường đặc tính quá dòng của Rơ-le số như hình sau so sánh với đường đặc tính được tính toán theo lý thuyết ta thấy hai đường đặc tính này gần như sát nhau, qua đó ta thấy Rơ-le số hoạt động chính xác.



Hình 3.23 Đường đặc tính quá dòng đo được theo thời gian thực tế và lý thuyết

3.4.2 Thí nghiệm kiểm tra với tải giả lập dòng điện lớn.

Để giả lập tải có dòng điện lớn em thực hiện quấn dây của tải nhiều vòng qua biến dòng như hình. Khi đó giá trị dòng điện được biến dòng cảm ứng ở đầu ra thứ cấp sẽ được tăng lên theo số vòng dây được quấn qua biến dòng. Sau đó cấp nguồn điện cho tải và kiểm tra hoạt động bảo vệ quá dòng của Rơ-le số.



Hình 3.24 Tạo tải chạy với dòng cao

```
17:37:48.451 -> dòng điện định mức 1 irms1 = 30.52
17:37:48.498 -> dòng điện định mức 2 irms1 = 0.00
17:37:48.545 -> dòng điện định mức 3 irms1 = 0.00
17:37:48.592 -> dòng điện định mức 4 irms1 = 0.00
17:37:48.638 -> dòng điện định mức 5 irms1 = 0.00
17:35:19.469 -> T1:3774
```

Hình 3.25 Dòng điện đo được và thời gian tác động đo được của Rơ-le số

Sử dụng kênh một của Rơ-le số để làm thí nghiệm với tải là tải ấm siêu tốc, quấn 5 vòng dây của tải qua biến dòng, dòng điện định mức đặt vào trong Rơ-le số là $I_p=10A$. Sau khi cấp nguồn cho tải hoạt động trên Rơ-le số đo được dòng điện là $I=30,52A$ và ngay lập tức Rơ-le số cắt dòng điện congtractor ngắt tải ra khỏi nguồn điện. Thời gian tác động đo được từ lúc phát hiện sự cố đến khi tác động hoàn toàn là 3,774s. Theo công thức ta có thời gian tác động bảo vệ quá dòng ứng với giá trị dòng điện 32,75A là

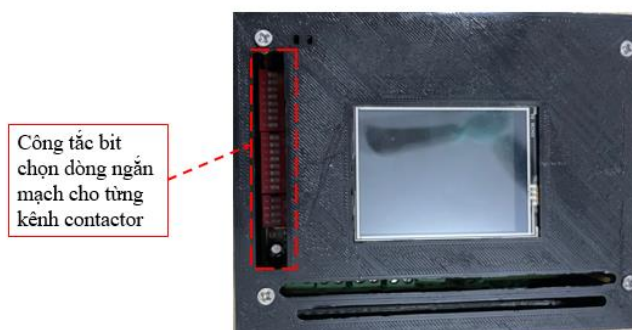
$$t(I) = \frac{A}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^p - 1} + B = \frac{28,2}{\left(\frac{30,52}{10}\right)^2 - 1} + 0,127 = 3,53(s)$$

Ta có thể thấy thời gian tác động bảo vệ quá dòng của Rơ-le số theo lý thuyết và thực tế khá sát nhau. Như vậy việc bảo vệ quá dòng của Rơ-le số là hoàn toàn chính xác.

Như vậy qua hai thí nghiệm trên ta thấy ứng với cả dòng điện bảo vệ lớn và nhỏ thì Rơ-le số có thể bảo vệ quá dòng tốt.

3.5 Thí nghiệm kiểm tra hoạt động bảo vệ sự cố ngắn mạch của Rơ-le số.

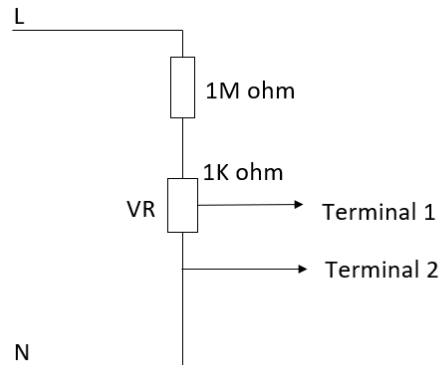
Để thí nghiệm kiểm tra hoạt động bảo vệ sự cố ngắn mạch của Rơ-le số trước tiên em cài đặt dòng ngắn mạch cho từng kênh của thiết bị Rơ-le số. Dòng ngắn mạch trên từng kênh được điều khiển bằng cách gạt công tắc bit trên Rơ-le số tương ứng với 4 dòng điện định mức: 16A-20A-25A-32A để có các mức điện áp so sánh cho dòng ngắn mạch khác nhau.



Hình 3.26 Công tắc bit chọn dòng ngắn mạch cho từng kênh của Rơ-le số

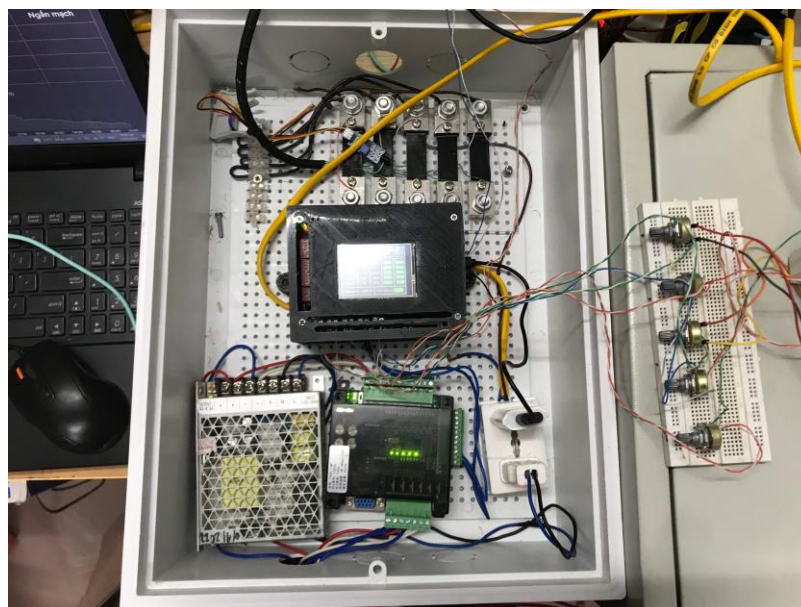
Về nguyên lý hoạt động của thiết bị khi có sự cố ngắn mạch xảy ra đã được thể hiện ở mục 2.1.2. Trên thực tế khi chọn dòng định mức cho một kênh congtractor là 16A/20A/25A/32A thì điều kiện xảy ra ngắn mạch cho kênh đó là khi có dòng điện chạy qua tải lớn hơn 5 lần giá trị dòng điện định mức. Khi đó điện áp trên điện trở shunt cảm ứng được sẽ lớn hơn 50mV/75mV/100mV/125mV (điện trở shunt dùng có thông số là 100A-75mV) được đưa vào đầu vào của Rơ-le số để kiểm tra điều kiện bảo vệ ngắn mạch. Ở thí nghiệm này em chọn dòng định mức cho 5 kênh là 20A và điều kiện để xảy ra ngắn mạch khi điện áp trên điện trở shunt cảm ứng đưa vào đầu vào Terminal ngắn mạch của Rơ-le số phải lớn hơn 75mV.

Do trên phòng thí nghiệm không có tải đủ lớn để có thể thí nghiệm hoạt động bảo vệ sự cố ngắn mạch của Rơ-le số. Chính vì thế em sử dụng một tải giả được tạo ra để có thể thí nghiệm kiểm tra hoạt động bảo vệ sự cố ngắn mạch của Rơ-le số. Cụ thể đó là phân áp từ điện áp xoay chiều 220V xuống điện áp tương đương với dòng điện ngắn mạch khi đi qua điện trở Shunt đó là ngưỡng 50mV/75mV/100mV/125mV.



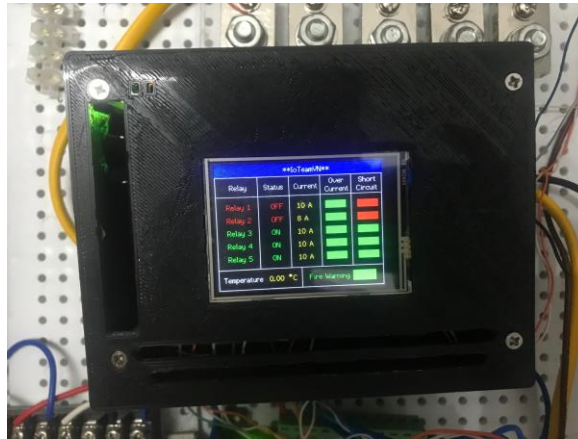
Hình 3.27 Sơ đồ nguyên lý mạch tải giả

Ở đây em phân áp bằng cách cho điện áp 220V đi qua một điện trở 1M ohm sau đó đi qua một biến trở 1K ohm như hình trên. Nối hai đầu điện áp sau khi phân áp của module tải giả vào terminal ngắn mạch trên thiết bị. Điện áp đầu ra sẽ được điều khiển trong khoảng 5mV-200mV. Sau đó thử nghiệm dòng ngắn mạch bằng cách vận biến trở trên module tải giả.



Hình 3.28 Điều chỉnh biến trở trên module tải giả

Kết quả: Khi vận nút xoay biến trở thay đổi điện áp đầu ra trên tải giả tại kênh 1 và kênh 2 cho $U_{ra} > 75\text{mV}$ thì contactor tương ứng ngay lập tức được ngắt nguồn điện bảo vệ thiết bị điện. Trên màn led của thiết bị hiển thị trạng thái ngắn mạch và trên giao diện có tín hiệu báo ngắn mạch.



Hình 3.29 Tín hiệu ngắn mạch trên màn hình led



Hình 3.30 Tín hiệu ngắn mạch trên giao diện

Ngoài ra em sử dụng mạch đo thời gian để đo thời gian tác động bảo vệ ngắn mạch của Rơ-le số. Thời gian tác động đo được là 50ms ta thấy ngay sau khi phát hiện sự cố ngắn mạch thì sẽ ngay lập tức tác động congtractor bảo vệ tải thiết bị điện. Điều này là vô cùng cần thiết vì sự cố ngắn mạch vô cùng nguy hiểm. Như vậy việc bảo vệ sự cố ngắn mạch của thiết bị Rơ-le số hoạt động tốt và chính xác.

3.6 Thí nghiệm kiểm tra hoạt động đo nhiệt độ của Rơ-le số

Kết nối đầu ra cảm biến đo nhiệt độ DS18B20 với đầu vào Terminal đo nhiệt độ trên Rơ-le số sau đó đọc giá trị nhiệt độ được in ra.



Hình 3.31 Cảm biến DS18B20

Kết quả: Đọc giá trị nhiệt độ đo được từ cảm biến được hiển thị ra màn hình của Rơ-le số và cập nhật trên giao diện web.



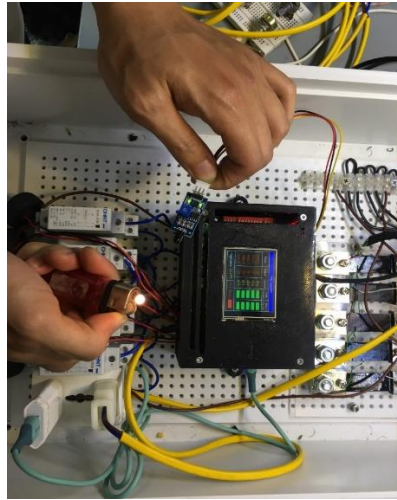
Hình 3.32 Hiện thị nhiệt độ trên giao diện



Hình 3.33 Hiện thị nhiệt độ trên màn hình led

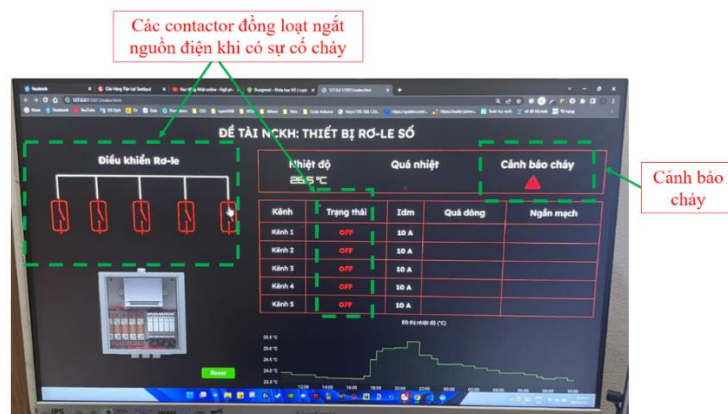
3.7 Thí nghiệm kiểm tra hoạt động bảo vệ và cảnh báo cháy của Rơ-le số.

Kết nối đầu ra của cảm biến phát hiện lửa vào Terminal cảm biến báo cháy của Rơ-le số, thực hiện kiểm tra bằng cách hơi lửa lại gần cảm biến và xem kết quả.

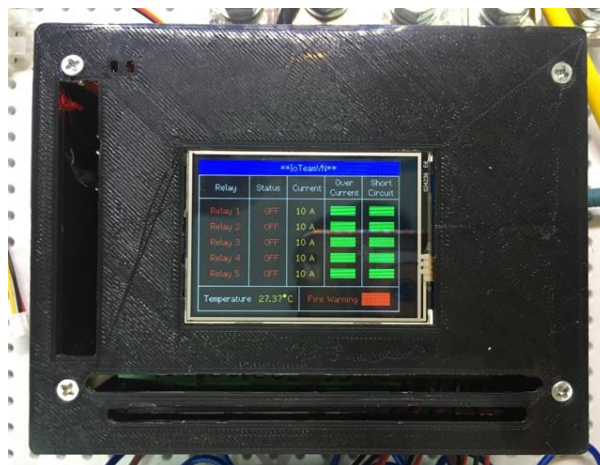


Hình 3.34 Thử nghiệm hoạt động báo cháy

Kết quả: Sau khoảng 2 giây thì thiết bị ngắt hết nguồn điện của contactor. Trên giao diện có cảnh báo cháy và báo



Hình 3.35 Giao diện khi có sự cố cháy



Hình 3.36 Màn led khi có sự cố cháy

CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN

4.1 Kết luận

Với mục tiêu đề ra là “Thiết kế Rơ-le số bảo vệ về điều khiển đóng cắt thông minh hệ thống điện tòa nhà trên nền tảng Internet vạn vật”. Em đã chế tạo được thiết bị đáp ứng được các mục tiêu ban đầu là đọc dòng điện, xử lý sự cố ngắn mạch, quá dòng, đo nhiệt độ và cắt toàn bộ contactor khi có sự cố cháy. Thiết kế giao diện và hiển thị được đầy đủ thông tin cần thiết từ đó giúp người sử dụng có thể giám sát được trạng thái hoạt động của hệ thống điện trong gia đình, cửa hàng... khi sử dụng thiết bị. Quá trình theo dõi cho thấy kết quả thử nghiệm khả quan, có tiềm năng để phát triển và ứng dụng rộng rãi với phạm vi và quy mô lớn hơn.

4.2 Hướng phát triển cho tương lai.

Hiện thiết bị được thiết kế với giao diện được sử dụng trên máy tính. Em sẽ tiếp tục thực hiện phát triển giúp người sử dụng có thể giám sát thông qua giao diện trên điện thoại và thêm tính năng tin nhắn cảnh báo khi có sự cố xảy ra. Để giúp người sử dụng có thể nắm bắt và khắc phục sự cố một cách nhanh nhất. Và với thiết bị này có thể tiếp tục nghiên cứu để tăng thêm tính năng như cải thiện vấn đề bảo mật cho thiết bị, tăng số lượng kênh đo để đáp ứng việc đo nhiều lộ điện trong công trình, xây dựng hệ sinh thái các thiết bị tương tác với nhau. Hứa hẹn có thể sản xuất ra các thiết bị giúp theo dõi trạng thái hoạt động, chất lượng điện năng giá thành rẻ do các thiết bị hiện nay giá thành khá cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L. T. Bắc, Giáo trình thiết bị điện.
- [2] C. Đ. T. Phú, Khái niệm phân loại Reyley.
- [3] A. Abdelmoumene, A review on protective relay's developments and trends.
- [4] Network protection & automation guide, 2011.
- [5] IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE Std. 1159-1995, June 1995.
- [6] IEEE Standard Inverse_time Characteristic Equations For Overload Relay, IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 14, No. 3, July 1999.
- [7] Lập trình ESP sử dụng Platform, Khuê Nguyễn Creator.
- [8] Li Tan & Jean Jiang, Digital Signal Processing: Fundamentals and Application, Academic Press; 2nd Edition, 2013.
- [9] Catalog MCCB panasonic.
- [10] Khái niệm RS485 và kết nối phần cứng, tapit.vn.