

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY CẮT TRUNG THẾ 6 KV PHÒNG NỔ Exd [ia] I CÓ TÍCH HỢP TRUYỀN THÔNG KỸ THUẬT SỐ CHO NGÀNH MỎ

*ThS. Hoàng Mạnh Thắng, KS. Lê Quang Tuấn, ThS. Nguyễn Đặng Hoàn
Viện Cơ khí năng lượng và mỏ - Vinacomin*

Tóm tắt: Hiện nay, nhu cầu điện năng đáp ứng khai thác than hầm lò mở rộng xuống sâu là vô cùng cấp thiết. Để cung cấp điện ổn định, giảm lượng tổn thất, các mỏ đều bố trí trạm phân phối 6 kV trong hầm lò và sử dụng máy cắt phòng nổ cấp điện cho phụ tải. Các loại máy cắt này chủ yếu có xuất xứ từ Trung Quốc, Ba Lan, Nga, có đặc điểm chung đều chưa tích hợp mạch truyền thông kỹ thuật số nên chưa kết nối điều khiển tập trung, vận hành từ xa, chưa có chức năng giám sát hình ảnh tiếp điểm cầu dao cách ly, kết nối IoT thông qua cổng Ethernet. Nhóm tác giả đã nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy cắt trung thế 6 kV có thông số dòng điện định mức đến 630 A với các chức năng bảo vệ các tủ khởi hành trung thế và các cổng truyền thông, giao thức kết nối giám sát - điều khiển từ xa Ethernet, RS485/422, tiêu chuẩn ghi nhãn Exd [ia] I Mb đáp ứng tiêu chuẩn phòng nổ phù hợp với điều kiện môi trường hầm lò Việt Nam. Thiết bị đã được áp dụng thử nghiệm tại mỏ hầm lò, hoạt động ổn định, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật đề ra. Trong bài báo này, nhóm tác giả giới thiệu kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo các thành phần chính của máy cắt trung thế 6 kV phòng nổ.

Từ khóa: Máy cắt trung thế phòng nổ, mỏ hầm lò.

1 Mở đầu

Theo thống kê, số lượng máy cắt trung thế phòng nổ sử dụng tại 13 mỏ hầm lò trong Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) xuất xứ phần nhiều từ Trung Quốc, một số ít từ Ba Lan và Nga (với máy của Nga xu hướng giảm dần). Với máy cắt của Trung Quốc hiện đang sử dụng có tiếp điểm chân không với tuổi thọ không cao, phải thay thế thường xuyên, nguồn tài liệu chuyển giao công nghệ rất hạn chế, các bộ điều khiển, bảo vệ trong máy thường xuyên thay đổi về phần cứng và phiên bản, các giao thức kết nối không theo tiêu chuẩn quốc tế và không chuyển giao, khó tiếp cận nên có những vướng mắc trong việc nâng cấp xây dựng hệ thống điều khiển tập trung cho các mỏ sau này, không có sự chủ động về kỹ thuật công nghệ, phải phụ thuộc vào nước ngoài.

Trong quá trình sử dụng, các chi tiết của máy cắt thường có nhu cầu sửa chữa như: Sứ đầu vào/ra, bộ tiếp điểm chân không, bộ rơ le bảo vệ kỹ thuật số, tiếp điểm mạch lực, biến dòng, biến áp, màn hình hiển thị, nút nhấn, động cơ lên cót. Chi phí trung bình sửa chữa, bảo dưỡng một máy

cắt trung thế 6 kV tại mỏ khoảng 100 triệu đồng, bao gồm: Phần vỏ ngoài (vệ sinh, bảo dưỡng); phần sứ cách điện; phần bảng điện bộ bảo vệ (tùy theo tình trạng mà sẽ cần thay thế như thế nào). Thêm nữa, trong hệ thống điện trung thế hiện nay, nhu cầu quản lý giám sát và vận hành từ xa cũng như giám sát điện năng là cần thiết nhằm đảm bảo sử dụng điện năng hiệu quả của đơn vị sản xuất.

Việc nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy cắt trung thế 6 kV cấp phòng nổ Exd [ia] I tích hợp truyền thông kỹ thuật số phù hợp với điều kiện môi trường mỏ hầm lò, đáp ứng yêu cầu kết nối điều khiển tập trung, giám sát và vận hành từ xa, nhằm làm chủ thiết kế và công nghệ chế tạo, giảm chi phí sản xuất, tăng tỷ lệ nội địa hóa, tính chủ động trong bảo trì, bảo dưỡng và thay thế thiết bị cũng như chủ động trong việc hiện đại hóa các mỏ khai thác, giảm phụ thuộc vào nước ngoài, đồng thời phù hợp với mục tiêu chính của Đề án Ứng dụng Tin học hóa, Tự động hóa của Tập đoàn TKV đoạn đến 2020, giai đoạn 2021-2025, tầm nhìn đến 2030 theo Quyết định số 2394/QĐ-TKV.

2 Thiết kế, chế tạo, tích hợp thiết bị máy cắt

Máy cắt trung thế 6 kV được thiết kế, chế tạo có dòng điện định mức đến 630 A với các chức năng bảo vệ các tủ khởi hành trung thế và các công truyền thông, giao thức kết nối giám sát - điều khiển từ xa Ethernet, RS485/422, tiêu chuẩn ghi nhãn Exd [ia] I đáp ứng tiêu chuẩn phòng nổ, phù hợp với các tiêu chuẩn TCVN 10888-0:2015, TCVN 10888-1:2015; TCVN 7079-7:2002; TCVN 7079-11:2002; TCVN 7279-9:2003.

2.1 Thiết kế, chế tạo phần cơ khí

Kích thước vỏ 1.690x 1.450x1.320 mm, bao gồm các chi tiết cơ cấu dịch chuyển, liên động cơ khí hoàn chỉnh, với tổng khối lượng 1.200 kg. Phần vỏ được thiết kế, chế tạo với kết cấu vỏ không xuyên nổ dạng bảo vệ “d”, chế tạo bằng thép tấm CT3, gồm các khoang chính: Khoang chức năng; khoang đấu cáp đầu vào cấp nguồn cho thiết bị; khoang đấu cáp liên kết với các máy cắt khác; khoang đấu cáp ra phụ tải; và khoang đấu cáp đầu ra an toàn tia lửa kết nối điều khiển giám sát từ xa hoặc tại chỗ, cụ thể:

- Kết cấu khoang đấu cáp đầu vào và ra động lực gồm 03 khoang bố trí hai bên hông và đằng sau, kích thước 368x428x660 mm, chế tạo bằng thép tấm CT3 dày 6 mm, vành khăn thép dày 12 mm, nắp khoang đấu cáp đầu vào chế tạo bằng thép tấm dày 12 mm;

- Kết cấu ngăn lắp thiết bị bên trên sử dụng để lắp các thiết bị điện, điện tử, kích thước 804x870x630 mm, khoang chức năng làm bằng thép tấm CT3, dày 12 mm, vành khăn thép dày 17 mm, phía trên ngăn chứa thiết bị là kết cấu nắp bằng thép tấm dày 17 mm; nắp khoang thiết bị bên trên với thân làm bằng thép tấm dày 8 mm, bên trong có gân tăng cứng bằng 10 thanh thép 12x12 đan thành các ô vuông, vành khăn thép dày 17 mm;

- Kết cấu ngăn lắp thiết bị bên dưới kích thước: 824x898x706 mm, sử dụng để lắp thiết bị máy cắt, đo lường điều khiển và mạch an toàn

tia lửa, khoảng cách đầu nối giữa cầu đấu cáp mạch đầu vào và đầu ra an toàn > 50 mm;

- Khoang chức năng được chế tạo bằng thép tấm CT3 dày 12mm và hàn kín xung quanh tạo hình hộp chữ nhật, vành khăn có chiều dày 18 mm;

- Cánh cửa vỏ với khung bằng thép tấm 8 mm, vách cánh bằng thép tấm 8 mm, phía trong được tăng cường gân chịu lực bằng thép tấm 12x40 mm, có gắn hai bản lề xoay liên kết cánh vỏ với khung vành khăn phía trong, vành khăn dày 34 mm;

- Bên trái, phải khoang thiết bị có chứa hộp đấu cáp điều khiển dùng để cấp nguồn an toàn tia lửa và điều khiển các mạch điều khiển;

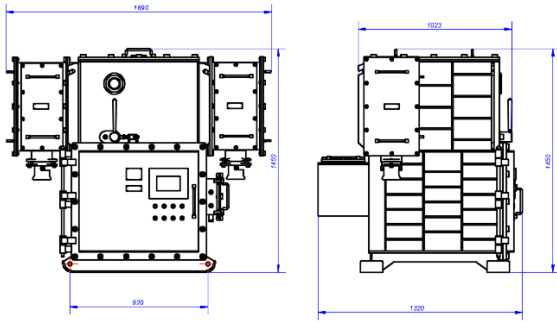
- Nắp khoang thiết bị bên dưới với thân được làm bằng thép tấm dày 8 mm, vành khăn dày 34 mm; phía trên cánh vỏ có bố trí các nút bấm điều khiển; ngoài ra trên cánh vỏ có bố trí phần tử xuyên sáng để quan sát các thông số hiển thị khi cài đặt;

- Ống luôn cáp tín hiệu an toàn tia lửa với chức năng truyền dẫn điện điều khiển từ khoang bảo vệ nổ dạng “d” sang khoang hộp đấu cáp an toàn tia lửa bằng ống dẫn cáp, gồm 2 phần: Phần cố định $\Phi 55 \times 22$ hàn chặt vào vách ngăn; phần ống dẫn cáp lắp với phần cố định bằng ren M36x1,5, xung quanh dây đi trong ống dẫn được đổ đầy bằng epoxy khoảng cách nhỏ nhất từ dây đến ống dẫn 1 mm;

- Cỗ cáp động lực và cỗ cáp điều khiển gồm 03 cỗ cáp để dẫn điện động lực vào/ra và 09 cỗ cáp dẫn điện điều khiển;

- Tiếp địa khoang đấu cáp tín hiệu, điều khiển gồm 01 vị trí (khoang đấu cáp), bu lông tiếp địa sử dụng loại M8x16 có đủ chi tiết chống tự rơi lỏng;

- Tiếp địa vỏ máy cắt gồm 06 vị trí (thân vỏ, ngăn thiết bị, khoang đấu cáp), bu lông tiếp địa sử dụng loại M12x25 có đủ chi tiết chống tự rơi lỏng.



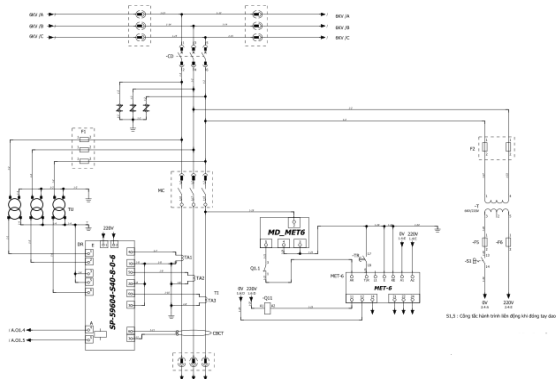
Hình 1: Vỏ máy cắt trung thế phòng nổ

Toàn bộ kết cấu kim loại được sơn hai lớp chống rỉ chịu axit và hai lớp sơn màu đỏ (trừ các bề mặt mối ghép phòng nổ, các mối ghép ren và các nhãn mác chỉ báo). Trong lòng được sơn một lớp sơn màu ghi sáng hoặc cùng màu đỏ.

Những yêu cầu chủ yếu đối với vỏ thiết bị điện phòng nổ dùng trong mỏ hầm lò: Có kết cấu cơ khí chắc chắn, đảm bảo các tiêu chuẩn về tính phòng nổ cho thiết bị điện làm việc trong môi trường có khí, bụi gây nổ; vỏ không thể mở nhanh hơn thời gian cần thiết đủ để phóng hết điện tích dư của các tụ điện trong thiết bị với tổng năng lượng dư thừa 0,2 mJ.

2.2 Thiết kế phần mạch điện động lực

Phần mạch điện động lực có chức năng cấp nguồn điện động lực 3 pha (được lấy từ mạng điện hầm lò) vào cầu dao cách ly đến máy cắt, các chi tiết của phần mạch lực như sau: Sứ xuyên; cáp điện bọc cao su; cáp điện điều khiển; cầu dao cách ly; máy cắt chân không; biến điện áp; biến dòng cách ly; biến áp cách ly; cầu chì.



Hình 2: Sơ đồ nguyên lý phần mạch lực và bảo vệ của tủ máy cắt

Thông số loại máy cắt chân không VCB hãng VITZRO EM được lựa chọn, số lượng 02 bộ với thông số dòng định mức 630 A và 400 A. Thông số máy cắt như sau: Điện áp 7,2 kV; dòng ngắn mạch định mức 25k A/giây; dòng định mức 630 A; VCB được đóng cắt bằng tín hiệu bằng điện; điện áp điều khiển 220 VAC; loại VCB có định; tiếp điểm phụ đầu ra tối thiểu 6NO+6NC; tần số làm việc 60 Hz.

2.3 Thiết kế tích hợp các rơ le bảo vệ đa năng

Yêu cầu cơ bản của bảo vệ rơ le (BVRL): Tính chọn lọc là khả năng phân biệt các phần tử hư hỏng và bảo vệ chỉ cắt các phần tử đó; tác động nhanh để bảo vệ kịp thời cô lập các phần tử hư hỏng thuộc phạm vi bảo vệ; độ nhạy bảo vệ cần tác động không chỉ với các trường hợp ngắn mạch trực tiếp mà cả khi ngắn mạch qua điện trở trung gian; độ tin cậy – bảo vệ phải luôn luôn sẵn sàng khởi động và tác động một cách chắc chắn trong tất cả các trường hợp ngắn mạch trong vùng bảo vệ và các tình trạng làm việc không bình thường đã định trước.

Moden thiết bị BVRL lựa chọn là SP-59604-S40-8-0-6 có các chức năng bảo vệ: Bảo vệ quá tải; ngắn mạch; thấp áp; quá áp; mất cân bằng pha; chạm đất. Thiết bị có cổng truyền thông RS485 Modbus-RTU hoặc RS232. Kiểu đo lường P; Q; f; I; cosφ; U; E.

Để kết nối hoàn thiện tủ máy cắt có sử dụng một số thiết bị khác như mạch cấp nguồn, mô đun truyền thông hai dây, mô đun cách ly kết nối vào - ra an toàn tia lửa, mô đun kiểm tra bảo vệ cách điện, mô đun kiểm tra bảo vệ dây tiếp đất.

2.4 Thiết kế camera kiểm tra tiếp điểm dao cách ly

Tủ máy cắt được lắp đặt 01 camera nhằm kiểm tra tiếp điểm của dao cách ly. Camera IP sẽ được kết nối Ethernet với Switch. Địa chỉ Ip của camera được đặt chung dải với địa chỉ IP của

màn hình. Sau đó, camera được hiển thị lên màn hình thông qua phần mềm lập trình EASY BUILDER PRO V6. Loại camera sử dụng là camera IP Full HD 1080P H.265+ của hãng HikVision.

2.5 Thiết kế mạch hiển thị - cài đặt, liên động điều khiển, truyền thông

Để thực hiện chức năng này, thiết kế sử dụng các thành phần sau:

- Bộ điều khiển PLC (bộ CPU điều khiển liên động tổng hợp): Đây là trung tâm điều khiển của tủ, mọi thuật toán điều khiển đều được quyết định bởi phần mềm điều khiển. Bộ điều khiển gồm PLC S7-1200, mô đun đầu ra role SM1222, mô đun truyền thông CM1241C;

- Màn hình HMI: Hiển thị các tham số điều theo phần mềm lập trình, hiển thị hình ảnh của camera, kích thước 7 inch.

2.6 Thiết kế xây dựng phần mềm điều khiển, phần mềm kết nối thông tin IoT

Một số thiết bị phần cứng cần lập trình như PLC, HMI, mạch điện, kết nối thông tin IoT:

- Phần mềm chương trình điều khiển cho PLC và HMI: Lập trình cho bộ điều khiển PLC S7-1200 của hãng Siemens thông qua sử dụng phần mềm TIA PORTAL V15, ngôn ngữ lập trình Ladder BASIC. Đây là phần mềm lập trình chuyên dùng cho dòng PLC Siemens, hỗ trợ nạp chương trình điều khiển cho PLC thông qua mạng LAN, có tính năng mô phỏng và giám sát chương trình chạy online qua mạng LAN hoặc qua mạng Internet. Trạng thái logic đầu vào, đầu ra và các thông số dữ liệu đo lường có thể hiển thị trực tiếp trên giao diện lập trình;

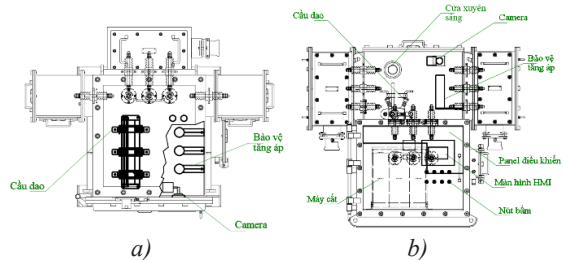
MÀN HÌNH GIÁM SÁT TRẠNG THÁI MÁY CẮT PN		MÀN HÌNH CÀI ĐẶT THÔNG SỐ BẢO VỆ 50/51			
Điện áp(V)	6650	H2 restraint set point	20%	H2 restraint set point	20%
Dòng điện(A)	0	GA Tripping curve	0	GA Tripping curve	0
Ic(A)	0	GA Is set point	1,26kA	GA Is set point	1,26kA
Ic(A)	0	GA Tripping tí	100ms	GA Tripping tí	100ms
Cos φ	0,76	GA Tripping curve	0	GA Tripping curve	0
Trạng thái MC	Sẵn sàng	GA Is set point	1,26kA	GA Is set point	1,26kA
Nhiệt độ(°C)	30	GA Tripping tí	100ms	GA Tripping tí	100ms
Thông số và trạng thái MC	Camera giám sát đóng cắt	Thông số bảo vệ 50/51		Thông số bảo vệ 50/51	

Hình 3: Giao diện phần mềm giám sát máy cắt qua Internet

- Phần mềm giao diện giám sát màn hình HMI lập trình bằng phần mềm chuyên dụng của hãng Weintek;

- Thiết kế và xây dựng kết nối thông tin IoT: Sử dụng phần mềm Visual Studio Version 1.73.1 để xây dựng phần mềm IoT giám sát.

2.7 Lắp ráp hoàn thiện



Hình 4: Sơ đồ bố trí thiết bị bên trong tủ máy cắt phòng nổ:

- a) Thiết bị ngăn trên Máy cắt phòng nổ;
- b) Thiết bị bên trong Máy cắt phòng nổ

3 Lắp đặt thử nghiệm theo dõi đánh giá hoạt động của hệ thống

Máy cắt MCPN-6/630 đã được lắp đặt, theo dõi tại trạm phân phối 6 kV mặt bằng +27 Phân xưởng Cơ điện mỏ và máy cắt MCPN-6/400 được lắp đặt, theo dõi tại trạm phân phối 6 kV mặt bằng +21 Phân xưởng Chế biến than để đánh giá trong một thời gian nhất định tại Công ty Than Quang Hanh - TKV.

Qua thời gian hoạt động thử nghiệm công nghiệp, thiết bị hoạt động ổn định, đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật, các chỉ tiêu kỹ thuật cần thử nghiệm thực tế đều đạt yêu cầu theo tính toán thiết kế.



Hình 5: Máy cắt được lắp đặt tại Trạm phân phối 6 kV mặt bằng +27 PX Cơ điện mỏ



Hình 6: Máy cắt được lắp đặt tại Trạm phân phối 6kV mặt bằng +21 PX Chế biến than

4 Kết luận

Đánh giá lợi ích kinh tế khi chế tạo thành công thiết bị máy cắt trung thế 6 kV phòng nổ, có thể nhận thấy một số lợi ích đem lại như:

- Thiết bị được chế tạo theo chuẩn Exd [ia] I Mb, cao hơn các thiết bị Trung Quốc đang sử dụng là Exd [ib] I Mb và Exd I Mb, tương đương với các thiết bị Châu Âu là Exd [ia] I Mb;

- Bổ sung tính năng kết nối truyền thông số RS485, RJ45 đáp ứng tiêu chuẩn Ex ia I, đáp ứng IoT;

- Bổ sung tính năng giám sát cầu dao cách ly bằng Camera, tăng sự an toàn trong quá trình vận hành (bình thường nhìn bằng mắt thường thông qua phần tử xuyên sáng của vỏ). Tính năng này đã có ở loại máy cắt PJG3 thế hệ mới của Trung Quốc;

- Thiết bị được kiểm định theo Quy trình kiểm định số 13 QTKĐ:13-2017/BCT (Quy trình kiểm định kỹ thuật an toàn lao động thiết bị phân phối, đóng cắt phòng nổ).

Sản phẩm đáp ứng các yêu cầu của một sản phẩm ứng dụng trực tiếp trong ngành than của Việt Nam ở thời điểm hiện tại cũng như trong tương lai. Việc chế tạo thành công máy cắt trung thế 6 kV cấp phòng nổ Exd [ia] I có tích hợp truyền thông kỹ thuật số giúp tăng khả năng chủ động về khoa học công nghệ và kỹ thuật chế tạo thiết bị nội địa nhằm hạn chế đến mức thấp nhất phải nhập khẩu thiết bị tương tự.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Các tiêu chuẩn Việt Nam TCVN-7079; TCVN-10888 Các tiêu chuẩn an toàn cho các thiết bị điện dùng trong mỏ hầm lò.
2. **Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam.** TCN-14-06-2006 Quy phạm Kỹ thuật an toàn trong các hầm lò than và diệp thạch.
3. **Bộ Công Thương.** QCVN01:2011/BCT Quy chuẩn Kỹ thuật quốc gia về An toàn trong khai thác mỏ hầm lò.
4. **Bộ Công Thương.** QCVN01:2011/BCT Quy chuẩn Kỹ thuật quốc gia về An toàn trong khai thác mỏ hầm lò.
5. **Nguyễn Anh Nghĩa, Trần Bá Đê.** Giáo trình Điện khí hóa mỏ. Hà Nội: NXB Giao thông vận tải, 1997.
6. **Phạm Trung Sơn.** Giáo trình Bảo vệ rơ le và tự động hóa trong hệ thống cung cấp điện mỏ.
7. <https://en.wikipedia.org/>
8. <https://www.se.com/>
9. <http://www.vitzroem.com/>