

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP GIẢM THIỂU QUÁ ĐIỆN ÁP, NÂNG CAO ĐỘ TIN CẬY, AN TOÀN LƯỚI ĐIỆN 6 KV KHI CHẠM ĐẤT MỘT PHA Ở CÁC XÍ NGHIỆP MỎ

PHẠM TRUNG SƠN

Trưởng Đại học Mỏ-Địa chất

E-mail: phamtrungson_istu_ru@mail.ru

Chạm đất trong lưới điện 6-10 kV là nguyên nhân chính dẫn đến hư hỏng và thiệt hại lớn về kinh tế. Nguy hiểm nhất là hiện tượng quá điện áp không liên tục khi xảy ra chạm đất một pha, đã được làm rõ trong quá trình phát sinh và dập tắt hồ quang [1], [2].

Quá điện áp hồ quang là đặc trưng điển hình gây tác động nguy hiểm và mất an toàn khi xảy ra chạm đất một pha. Bên cạnh quá điện áp hồ quang còn xuất hiện quá dòng điện tại chỗ chạm đất [1], [2]. Quá dòng cùng với quá điện áp hồ quang gây ra các ảnh hưởng đáng kể đến độ bền cách điện của cáp và thiết bị điện, lên độ tin cậy của các hình thức bảo vệ rơle khi chạm đất một pha [3]. Tia lửa, hồ quang điện xảy ra khi chạm đất một pha đe dọa đến sự an toàn về cháy, nổ mỗi trường ở các mỏ than hầm lò và các nhà máy tuyển.

Nghiên cứu quá trình quá độ và đề xuất giải pháp phù hợp để giảm quá điện áp đến giá trị không gây ra các tác động phá hoại cách điện, chất lượng thiết bị, nâng cao độ nhạy, độ tin cậy của hệ thống rơle bảo vệ, giảm xác suất xuất hiện cháy, nổ khi xảy ra chạm đất một pha trên mạng điện 6 kV ở các xí nghiệp mỏ mang ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

1. Tác động của dòng điện chạm đất trong lưới điện khi xảy ra chạm đất một pha

Theo thống kê chỉ riêng tại các xí nghiệp mỏ vùng Quảng Ninh, sự cố chạm đất một pha trên lưới điện 6 kV trung tính cách ly chiếm tới 61-85 % tổng số các sự cố. Dòng chạm đất phụ thuộc vào điện áp làm việc của lưới điện, điện dung cách ly của lưới, độ lớn của nó có thể so sánh với dòng điện tải, có thể đạt tới hàng trăm Ampe và luôn thay đổi. Khi bị chạm đất sẽ gây ra quá áp trên tất cả các kết nối của lưới điện trong một khoảng thời

gian dài, kèm theo tia lửa, hồ quang, có ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng làm việc và tuổi thọ của thiết bị điện, đây là những lý do dẫn đến mất đối xứng mạng điện. Ngoài ra, mạng điện là một mạch vòng dao động R-L-C, do đó, hiện tượng quá điện áp từ các pha không bị hư hỏng sẽ tăng lên khi xảy ra chạm đất hồ quang.

Do sự phức tạp của quá trình quá độ khi chạm đất hồ quang nên ngay từ những năm 70, 80 của thế kỷ trước, ở Liên Xô trước đây, Liên bang Nga hiện nay, Việt Nam và các nước khác trên thế giới đã ưu tiên các nghiên cứu cơ bản để xây dựng các phương pháp phân tích lý thuyết trong quá trình quá độ khi chạm đất một pha trong lưới điện 6 kV.

Mỗi nguy hiểm của quá điện áp hồ quang ảnh hưởng tới các thiết bị điện chủ yếu là các động cơ cao áp, máy phát điện, máy biến áp (MBA) và cáp điện, làm suy giảm điện trở cách điện trên các pha không bị sự cố, dẫn đến làm ngắn mạch kép.

Ngoài ra, khi xảy ra chạm đất một pha làm thay đổi điện dung của hệ thống có thể gây ra cộng hưởng quá điện áp. Để giảm quá điện áp khi chạm đất một pha trong mạng trung tính cách ly có thể áp dụng các giải pháp thay đổi cách nối trung tính nguồn:

- Bù dòng điện dung bằng cách nối đất trung tính thông qua cuộn kháng điện;
- Nối đất trung tính qua điện trở cao;
- Nối đất trung tính qua điện trở thấp.

Các nghiên cứu chỉ ra, hiện tượng quá điện áp khi xảy ra chạm đất một pha trong mạng trung tính cách ly chủ yếu phụ thuộc vào chế độ làm việc của điểm trung tính.

Giải pháp kỹ thuật được đề xuất trong nghiên cứu này nhằm giảm lượng quá điện áp khi xảy ra chạm đất một pha, đồng thời phù hợp với điều kiện thực tế vận hành tại các mỏ vùng Quảng Ninh.

2. Nghiên cứu quá trình quá độ điện áp khi xảy ra chạm đất một pha chập chờn ở các thời điểm khác nhau trong mạng 6 kV điển hình của các mỏ vùng Quảng Ninh

2.1. Phương pháp luận mô hình hóa lưới điện

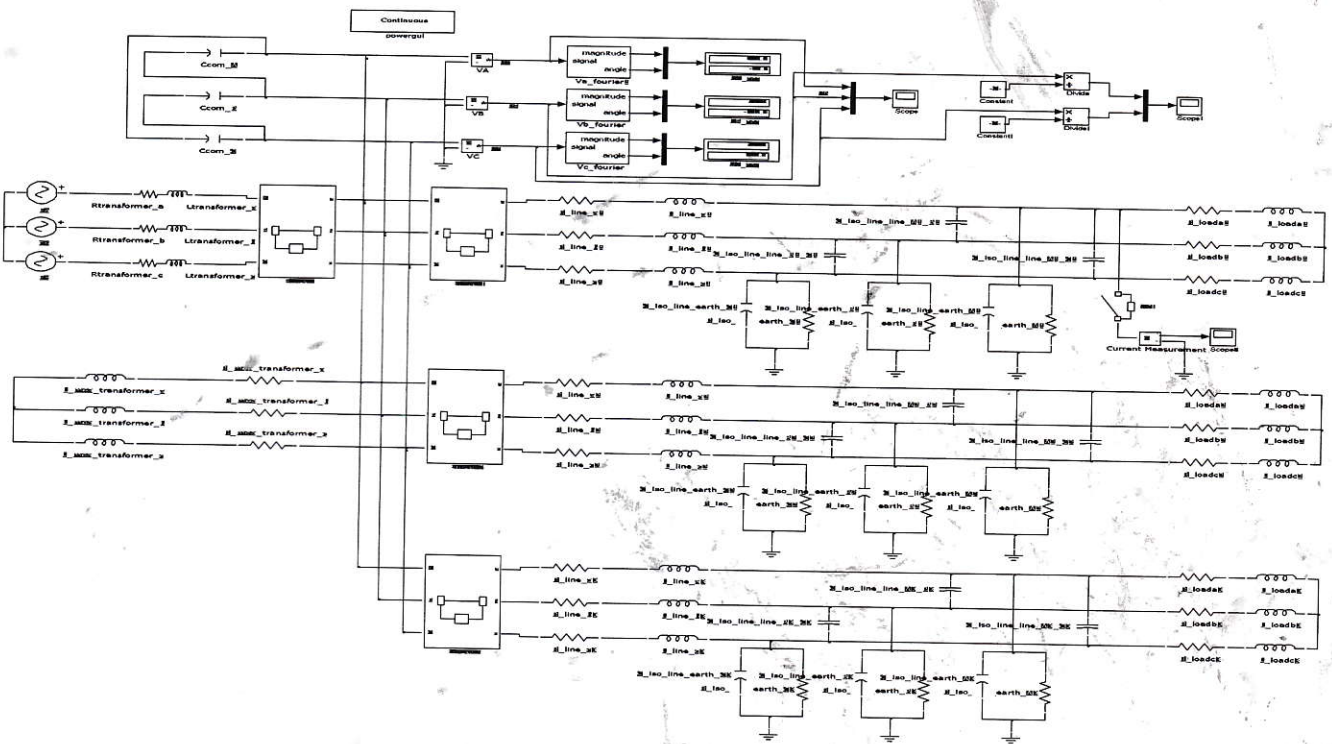
Như trên đã phân tích, do sự phức tạp của quá trình quá độ khi chạm đất một pha nên việc nghiên cứu trên lưới điện thực tế là rất khó khăn. Do đó, tác giả đã sử dụng phần mềm Matlab để phân tích chi tiết các chế độ quá độ. Đây là phần mềm được phát triển có mô phỏng đầy đủ tất cả các phần tử đặc biệt của hệ thống điện, bao gồm MBA, đường dây, thiết bị đóng cắt,...

Sử dụng Matlab thực hiện mô phỏng tương đương toàn bộ các trang thiết bị trong lưới điện

được phân tích, sau đó chạy mô phỏng, từ kết quả nhận được tiến hành phân tích độ lớn của quá điện áp xảy ra và nguyên nhân của việc xảy ra quá điện áp.

Để xây dựng mô hình xác định quá độ điện áp khi chạm đất một pha trong mạng điện trung tính cách ly 6 kV sử dụng các giả thiết sau:

- Coi công suất nguồn cung cấp điện cho MBA chính của mỏ là vô cùng lớn;
- Xét tải là đối xứng, bao gồm điện trở và điện cảm;
- Mạch có thông số tập trung;
- Thời điểm trước khi chạm đất một pha, nguồn điện ba pha và thông số cách điện của pha so với đất là đối xứng.



H.1. Mô hình mô phỏng lưới điện cao áp 6 kV điển hình tại các công ty khai thác mỏ

2.2. Mô hình nghiên cứu thực nghiệm

Mô hình nghiên cứu thực nghiệm được xây dựng mô phỏng tương đương cho mạng điện điển hình của một công ty khai thác mỏ vùng Quảng Ninh với đầy đủ trang thiết bị, được thể hiện trên H.1. Nguồn cung cấp cho lưới phân phối 6 kV là các MBA 35/6 kV.

Sơ đồ mạng 6 kV có các đặc trưng sau:

- Phụ tải trong lưới 6 kV được bố trí phân tán trên diện rộng, công suất tiêu thụ của các phụ tải rất lớn, chủ yếu là các máy xúc điện, các máy bơm cao áp và các MBA 6 kV cấp điện cho các phân xưởng và các phụ tải chiếu sáng;

Lưới điện 6 kV của mỏ đều có kết cấu hình tia và được bố trí dọc theo tầng công tác xuất phát từ TBA chính 35/6 kV, tổng chiều dài đường dây tải điện ở mỏ có thể đạt tới 50÷60 km. Sơ đồ có kết cấu đơn giản và thể hiện sự linh hoạt khi đấu phụ tải vào mạng. Các mỏ chủ yếu sử dụng đường dây trên không có tiết diện đủ lớn để truyền tải điện năng.

Các thông số kỹ thuật của các phần tử, như: đường dây, máy điện, MBA,... được xác định theo công thức và tra cứu tại các tài liệu kỹ thuật.

Các thông số điện trở, điện dung cách ly được xác định theo thực nghiệm. Các kết quả thực

nghiệm ở các mỏ Việt Nam [6] được xác định theo thực nghiệm như sau:

➢ Đối với mỏ hầm lò:

$$C_{cd} = 0,002 + 0,0034.N_{tb} + 0,052.L_{TK,qd} + 0,75.L_{C,qd}, \mu F$$

$$G_{cd} = 6,272 + 0,381.N_{tb} + 0,6.L_{TK,qd} + 10,8.L_{C,qd}, \mu S.$$

➢ Đối với mỏ lộ thiên:

+ Mùa mưa:

$$C_{cd} = 0,00125 + 0,0024.N_{tb} + 0,0485.L_{TK,qd} + 0,67.L_{C,qd}, \mu F$$

$$G_{cd} = 3,8 + 0,28.N_{tb} + 0,56.L_{TK,qd} + 6,17.L_{C,qd}, \mu S.$$

+ Mùa khô:

$$C_{cd} = 0,00107 + 0,00192.N_{tb} + 0,035.L_{TK,qd} + 0,51.L_{C,qd}, \mu F$$

$$G_{cd} = 2,45 + 0,253.N_{tb} + 0,51.L_{TK,qd} + 4,82.L_{C,qd}, \mu S.$$

Điện dung giữa pha với pha:

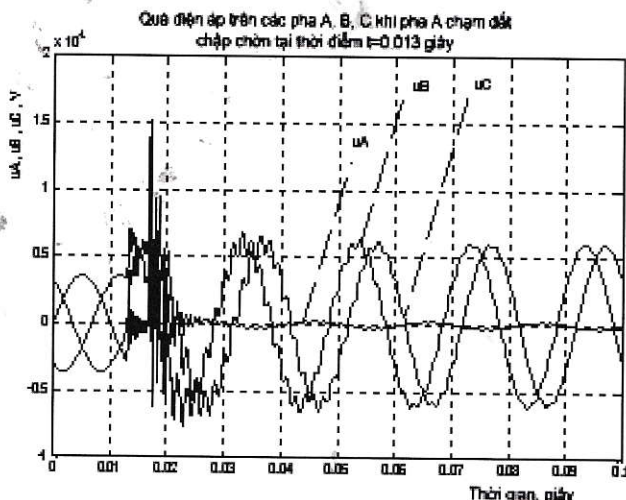
Theo [4] điện dung giữa các pha với pha được xác định theo công thức:

$$C_M = (C_f/3), F.$$

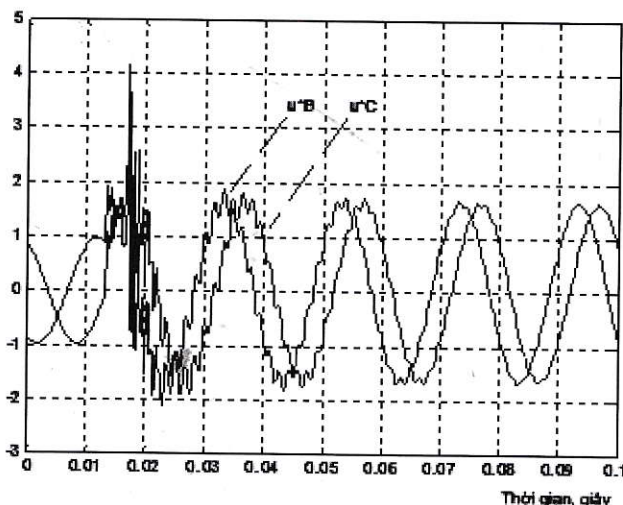
Trong đó: C_f - Điện dung cách điện giữa pha và đất; $C_f = (1/R_f)$; R_f - Điện trở cách điện giữa pha và đất; N_{tb} - Số lượng trang thiết bị; $L_{TK,qd}$ - Chiều dài đường dây trên không; $L_{C,qd}$ - Chiều dài cáp điện; C_M - Điện dung cách điện giữa pha và pha.

2.3. Nghiên cứu quá trình quá độ điện áp khi xảy ra chạm đất một pha chậm chờn ở các thời điểm khác nhau trong mạng 6 kV

Trên cơ sở mô hình nghiên cứu (H.1) tiến hành chạy mô phỏng, kết quả mô phỏng thực tế chỉ ra rằng: điều kiện xuất hiện quá điện áp cực đại trên pha không bị sự cố (pha B, pha C) phụ thuộc vào thời điểm điện áp pha bị sự cố (pha A). Kết quả mô phỏng trên H.2; 3 cũng chỉ ra rằng điện áp quá độ đạt cực đại là $4,2U_f$ khi xảy ra chạm đất một pha chậm chờn trên pha A tại thời điểm $t=0,013$ s, tương ứng góc pha $\varphi_A = 232^\circ$, sau đó dao động tắt dần và ổn định sau một chu kỳ.



H.2. Quá điện áp trên các pha A, B, C khi pha A chạm đất chậm chờn tại thời điểm $t=0,013$ giây



H.3. Quá điện áp trên các pha B, C ở hệ đơn vị tương đối khi pha A chạm đất chậm chờn tại thời điểm $t=0,013$ giây

Kết quả nghiên cứu mô phỏng cũng chỉ rõ các vấn đề sau:

➢ Quá điện áp có thể xuất hiện ngay tại chu kỳ đầu tiên khi dòng đi qua "0", từ đó trở đi bắt đầu xuất hiện đỉnh quá điện áp chậm chờn, giá trị thay đổi tại thời gian xảy ra chạm đất.

➢ Quá điện áp cực đại xuất hiện trong trường hợp trùng với thời điểm biên độ dòng điện ở pha sự cố khi làm việc bình thường đạt cực đại.

➢ Theo quy phạm, bội số quá điện áp là $1,1 \cdot \sqrt{(2U_{fdm})}$ [4], thời gian tồn tại quá điện áp trên 2 chu kỳ có thể phá hỏng cách điện các thiết bị trong TBA, cáp điện, nếu tồn tại lâu dài có thể làm suy giảm cách điện, phóng điện nguy hiểm,... dẫn đến hư hỏng, giảm tuổi thọ, làm suy giảm nghiêm trọng độ tin cậy cung cấp điện,... Như vậy, khi xảy ra chạm đất một pha chậm chờn trong mạng điện 6 kV có trung tính cách ly ở các mỏ vùng Quảng Ninh với biên độ điện áp như trên là hết sức nguy hiểm, cần phải tìm giải pháp để giảm quá điện áp khi xảy ra chạm đất một pha chậm chờn.

3. Đề xuất giải pháp hạn chế quá điện áp

Hiện nay, do thiếu kinh phí để thay thế sửa chữa kịp thời, vật tư thiết bị điện có chất lượng kém nên tình trạng kỹ thuật của mạng 6 kV ở các mỏ liên tục bị suy giảm, ảnh hưởng đến độ tin cậy của hệ thống cung cấp điện. Ngoài ra, trong những năm gần đây do tăng sản lượng, diện công tác của các khai trường hầm lò cũng như lộ thiên ngày càng xuống sâu, do tăng cường mức độ cơ giới hóa khiến cho mức tiêu thụ năng lượng tại các mỏ không ngừng gia tăng, làm cho một số tuyến đường dây trên không, đường cáp trong hệ thống cung cấp điện bị quá tải.

Sự cố chạm đất một pha trong mạng 6 kV ở các mỏ vùng Cẩm Phả Quảng Ninh thường có xuất hiện hồ quang chập chờn, đặc biệt là vào mùa mưa bão. Tuy nhiên, đối với các mỏ vùng Quảng Ninh, giá trị của dòng điện chạm đất thường không lớn. Đặc biệt ở một số mỏ có số lượng 3+4 khởi hành, các bảo vệ rơle chạm đất một pha thường không đủ độ nhạy, không đảm bảo yêu cầu về độ tin cậy để tác động.

Hiện nay để giảm quá điện áp trong các mạng lưới điện 6 kV với trung tính cách ly thường áp dụng phương pháp nối điện trở trung tính. Việc tối ưu hóa các thông số điện trở nối đất cho phép đảm bảo độ nhạy của rơle bảo vệ, giảm thiểu việc xảy ra quá điện áp.

Vì vậy, để cải thiện chế độ quá độ khi xảy ra chạm đất một pha, đồng thời để không làm ảnh hưởng đến tính chất trung tính cách ly của mạng điện 6 kV khi vận hành mà vẫn thỏa mãn điều kiện của Quy phạm an toàn trong các mỏ hầm lò, nghiên cứu này đề xuất giải pháp cài đặt tổ hợp kháng điện dập hồ quang nối song song điện trở cao áp giá trị lớn vào trung tính của máy biến áp đo lường [4], [5], xem H.4.

Giải pháp đề xuất đã chứng minh được các vấn đề sau [4], [5]:

➢ Điện trở nối song song với kháng điện dập hồ quang đảm bảo nhanh chóng giảm điện áp trung tính (xả dung lượng nạp của lưới xuống đất) sau khi dập hồ quang, do đó tự giảm thời gian tác động của điện áp tuyến tính lên cách điện của các pha còn tốt;

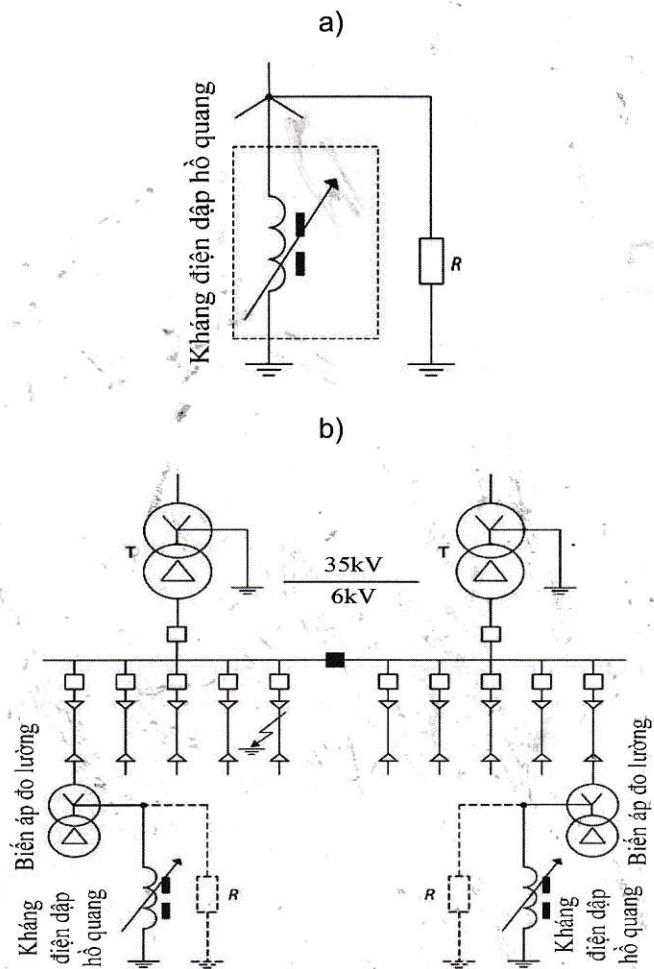
➢ Điện trở nối song song với kháng điện dập hồ quang giới hạn quá điện áp hồ quang dập mạch xảy ra do quá độ chạm đất kép sau khi cắt phần điện dung trên xuất tuyến bị sự cố nhưng vẫn còn ngắn mạch hồ quang trên xuất tuyến khác.

Giải pháp có ưu điểm là có thể nhanh chóng giảm điện áp tại trung tính sau khi dập tắt hồ quang nếu sử dụng điện trở nối trung tính có giá trị thấp, trong trường hợp điện trở nối trung tính có giá trị nhỏ sẽ tạo ra dòng điện tác dụng gần bằng với dòng điện dung. Từ giải pháp đề xuất, nghiên cứu được mô phỏng trực tiếp trên mô hình (xem H.5).

Như vậy, trên cơ sở kết quả mô phỏng (H.6, H.7) có thể đánh giá rằng: Chế độ nối đất đề xuất có hiệu quả là hạn chế được quá điện áp hồ quang đến mức độ an toàn $1,9U_f$ khi vận hành các máy điện, MBA và cáp điện với lớp cách điện yếu.

Khi có tổ hợp kháng điện dập hồ quang nối song song với điện trở được kết nối đến trung tính của MBA đo lường sẽ hạn chế được bội số

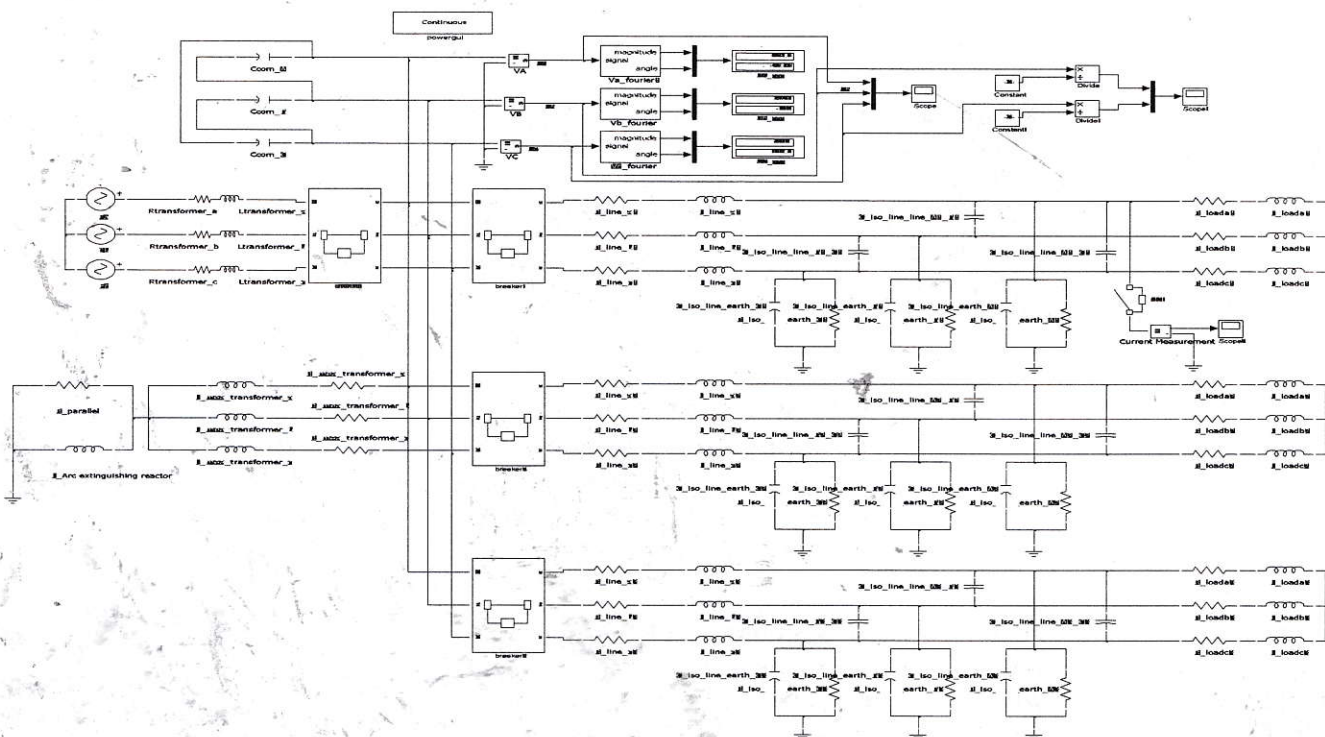
quá điện áp hồ quang tại các pha không sự cố và giảm điện áp trung tính đến các giá trị nhỏ nhất, tránh hiện tượng quá điện áp khi chạm đất tại các lần tiếp theo, quá trình giảm quá điện áp nhanh chỉ sau một chu kỳ, làm suy giảm hiện tượng đập mạch sóng điện hình Sin, giảm thiểu cộng hưởng sắt từ, nhanh chóng đưa sóng điện về dạng Sin chuẩn, nâng cao độ bền của động cơ không đồng bộ và cáp, đảm bảo độ tin cậy làm việc của thiết bị điện, trên cơ sở đó nâng cao độ tin cậy cung cấp điện cho lưới điện.



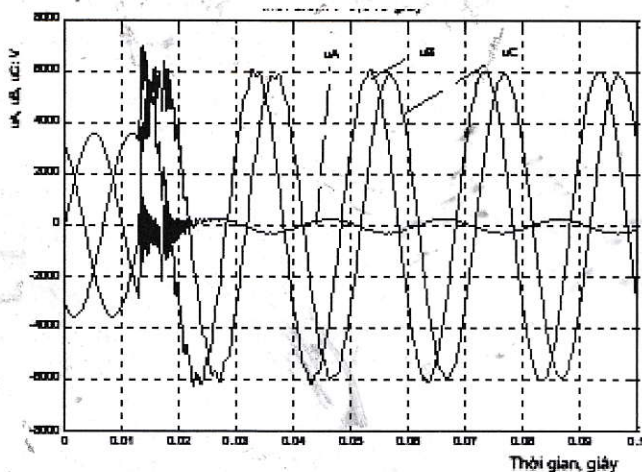
H.4. Sơ đồ TBA điện hình nối đất trung tính qua kháng điện dập hồ quang

Độ nhạy của rơle bảo vệ chạm đất k_n được tăng lên do dòng điện chỉnh định của bảo vệ được giảm đi: $I_{cd} = k_{at} \cdot k_{nv} \cdot 3I_{oc}$, (hệ số nhảy vọt giảm từ $k_{nv} = 4 \div 5$ xuống còn $k_{nv} \geq 2,0$), dòng sự cố chạm đất tăng lên, tăng tính tin cậy, chọn lọc của bảo vệ, giảm thời gian mất điện cung cấp điện cho phụ tải.

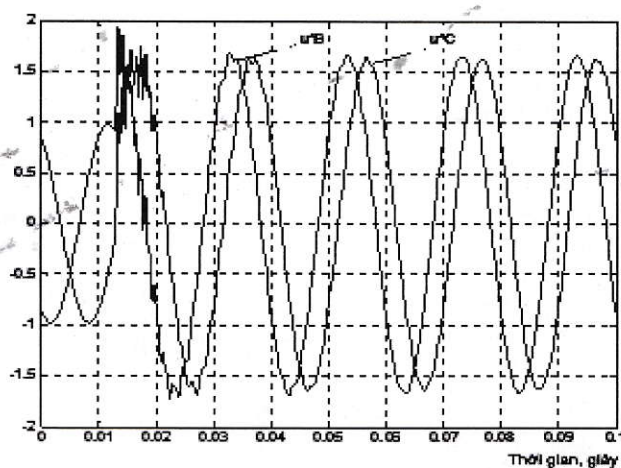
Giải pháp không can thiệp đến tính chất của điểm trung tính, do đó vẫn tuân theo quy định của Quy phạm an toàn trong khai thác hầm lò [7].



H.5. Mô hình mô phỏng lưới điện cao áp 6 kV điển hình theo giải pháp sử dụng tổ hợp nối đất trung tính tại các công ty khai thác mỏ tỉnh Quảng Ninh, Việt Nam



H.6. Quá điện áp trên các pha A, B, C khi pha A chạm đất chập chờn tại thời điểm $t=0,013$ giây theo giải pháp sử dụng tổ hợp nối đất trung tính



H.7. Quá điện áp trên các pha B, C ở hệ đơn vị tương đối khi pha A chạm đất chập chờn tại thời điểm $t=0,013$ giây theo giải pháp sử dụng tổ hợp nối đất trung tính

5. Kết luận

Từ các cơ sở phân tích ở bên trên, có thể đưa ra một số kết luận như sau:

- Quá điện áp trong lưới điện 6 kV của các công ty khai thác mỏ vùng Quảng Ninh khi xảy ra chạm đất một pha có thể đạt tới trên $4,2.U_f$, xuất hiện dạng sóng điện đập mạch;
- Khi chạm đất một pha, độ lớn của dòng chạm đất tại vị trí chạm đất thay đổi trong giới

hạn rộng, độ lớn của dòng chạm đất phụ thuộc vào vị trí sự cố, điện áp làm việc, sơ đồ và độ dài của lưới, điều này không đảm bảo sự an toàn, tin cậy và tính chọn lọc khi chỉnh định bảo vệ rơle khỏi chạm đất một pha;

- Dòng chạm đất có chứa thành phần sóng hài bậc cao. Tần số và biên độ của sóng hài phụ thuộc vào phẩm chất của sóng trong sự hình thành các mạch dao động;

➤ Giải pháp cài đặt tổ hợp kháng điện dập hồ quang nối song song điện trở vào trung tính của máy biến áp đo lường đã giải quyết được các yêu cầu đặt ra là hạn chế được quá điện áp hồ quang đến mức độ an toàn, nâng cao độ bền cách điện của động cơ không đồng bộ và cáp điện, đảm bảo độ tin cậy làm việc của thiết bị điện, trên cơ sở đó nâng cao độ tin cậy cung cấp điện cho lưới điện, tăng tính tin cậy, chọn lọc của bảo vệ rơle, giảm thời gian mất điện cung cấp điện cho phụ tải. Giải pháp này không can thiệp đến tính chất của điểm trung tính, do đó vẫn tuân theo Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Веселов А.Е., Невретдинов Ю.М., Ярошевич В.В., Кабеев И.Е., Фастий Г.П., Токарева Е.А. Разработка технических мероприятий по компенсации емкостных токов замыкания на землю и ограничению перенапряжений в промышленных распределительных электрических сетях // Вестник МГТУ, том 10, №4, С. 527-532

2. Хрущев Ю.В., Заповодников К.И., Юшков А.Ю. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах, Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.

3. Костарев И. А., Сапунков М. Л., Худяков А. А. Исследование и оценка возможности применения защиты от однофазных замыканий, основанной на контроле пульсирующей мощности, в компенсированных сетях горных предприятий // Горное оборудование и электромеханика. № 11. С. 8-14, 2012.

4. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения, 1999.

5. Сарин Л.И., Ильиных М.В., Ширковец А.И., Буянов Э.В., Шамко В.Н. Анализ результатов мониторинга процессов при однофазных замыканиях на землю в сети 6 кВ с дугогасящими реакторами и резисторами в нейтрали; Энергоэксперт. 2008. № 1.

6. Nguyễn Ngọc Vĩnh. Nghiên cứu hiện tượng chạm đất một pha xảy ra trong mạng điện 6 kV ở các mỏ Việt Nam, tìm phương pháp nâng cao hiệu quả hệ thống bảo vệ chạm đất một pha. Luận án Tiến sĩ Khoa học kỹ thuật. Hà Nội, 1996.

7 Bộ Công Thương (2011), Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò, QCVN 01:2011/BCT.

Ngày nhận bài: 08/06/2017

Ngày gửi phản biện: 16/07/2017

Ngày nhận phản biện: 15/09/2017

Ngày chấp nhận đăng bài: 15/10/2017

Từ khoá: chạm đất một pha; quá điện áp; độ nhạy, độ tin cậy bảo vệ rơle; lưới điện; trung tính cách ly.

SUMMARY

The article focuses on the transitional process and proposes a suitable solution to reduce the overvoltage to the safe values of the electrical appliance's insulation, improves the sensitivity and reliability of the protection relay system, thereby reducing the probability of causing fire and mine atmosphere explosion due to single-phase leakage currents in 6 kV voltage insulated neutral power network at Vietnam mining enterprises.

XÂY DỰNG ĐƯỜNG CONG...

(Tiếp theo trang 67)

SUMMARY

Using electronic converters (non-linear loads) in an electrical system brings many benefits. However, the use of them causes harmonics in electrical networks and distorts the voltage and current waveforms, greatly affecting to the normal working and safety conditions as well as the longevity of electrical appliances. Therefore, there is a need to take measures to overcome the harms of harmonics to electrical devices caused by nonlinear loads. The article analyzes and evaluates the effect of harmonics on devices by nonlinear loads in the 6 kV network of Nam Mẫu Coal Company and suggested the suitable solution to eliminate the negative effects of harmonics on the devices in the network.