

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH DÒNG ĐIỆN RÒ TRONG MẠNG ĐIỆN MỎ HẦM LÒ CÓ SỬ DỤNG CÁC BỘ BIẾN ĐỔI

KIM NGỌC LINH

Trường Đại học Mở-Địa chất

Email: kimngoclinhdt@yahoo.com

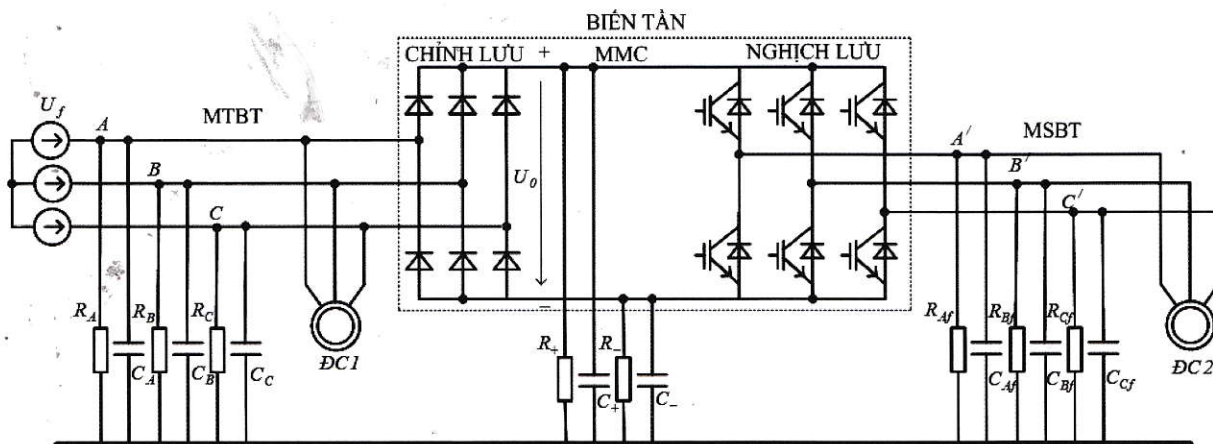
Hiện nay, các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh đang đưa vào sử dụng nhiều tổ hợp cơ giới hóa khai thác mới, trong đó có sử dụng các bộ biến tần bán dẫn để truyền động cho các máy công tác. Để khởi động các hệ thống băng tải và máy bơm, nhiều mỏ hầm lò cũng sử dụng các bộ khởi động mềm dùng các van bán dẫn công suất lớn.

Trong điều kiện khắc nghiệt ở các mỏ hầm lò, việc sử dụng hệ truyền động điều khiển bằng bán dẫn làm xuất hiện những vấn đề kỹ thuật phức tạp cũng như về an toàn điện giật. Đó là vì khi đưa các thiết bị điện tử công suất vào thì mạng điện mỏ trở thành một mạng hỗn hợp, có chứa cả phần mạch xoay chiều tần số công nghiệp, phần mạch một chiều và phần mạch xoay chiều có tần số có thể điều chỉnh. Mỗi một phần mạch này có đặc điểm

vận hành và yêu cầu khác nhau về đảm bảo điều kiện an toàn điện giật [3]. Vì vậy, việc nghiên cứu đặc điểm của dòng điện rò phát sinh trong mạng điện mỏ hỗn hợp, để từ đó đề xuất các giải pháp hạn chế hiệu quả dòng điện rò trong các mạng điện mỏ có chứa các bộ biến đổi có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

1. Kết quả nghiên cứu

Với giả thiết mạng có thông số tập trung, bỏ qua trở kháng của biến áp và cáp, phần mạch chỉnh lưu của bộ biến đổi được mắc trực tiếp không qua biến áp và không tính đến trở kháng cách điện giữa các pha của mạng, sơ đồ tương đương về phương diện an toàn điện giật cho mạng điện mỏ hầm lò có sử dụng các bộ biến đổi bán dẫn (mạng hỗn hợp) được mô tả như hình H.1.



H.1. Sơ đồ tương đương về phương diện an toàn điện giật của mạng điện mỏ hỗn hợp

Trong sơ đồ ký hiệu $R_A, R_B, R_C, C_A, C_B, C_C$ là điện trở cách điện và điện dung các pha so với đất của phần mạng trước biến tần (MTBT); $R_{Af}, R_{Bf}, R_{Cf}, C_{Af}, C_{Bf}, C_{Cf}$ là điện trở cách điện và điện dung

các pha so với đất của phần mạng sau biến tần (MSBT); R_+, R_-, C_+, C_- là điện trở cách điện và điện dung giữa cực dương (+) và cực âm (-) so với đất của phần mạng một chiều (MMC); U_f là điện áp

pha cuộn thứ cấp của máy biến áp khu vực; U_0 là trị số trung bình của điện áp chỉnh lưu cầu ba pha.

1.1. Khi phát sinh rò ở phần mạng trước biến tần (MTBT)

Trường hợp phát sinh rò ở phần mạch xoay chiều tần số công nghiệp MTBT sơ đồ tính toán có dạng như hình H.2. Trong đó: R_{r0} là điện trở rò một pha. Khi có rò một pha, dòng i_{r0} qua điện trở rò R_{r0} sẽ gồm hai thành phần: thành phần dòng xoay chiều i_1 gây bởi điện trở và điện dung cách điện của phần mạng xoay chiều MTBT và thành phần dòng một chiều i_2 có trị số tùy thuộc vào sự mất đối xứng điện trở cách điện của phần mạng điện một chiều MMC.

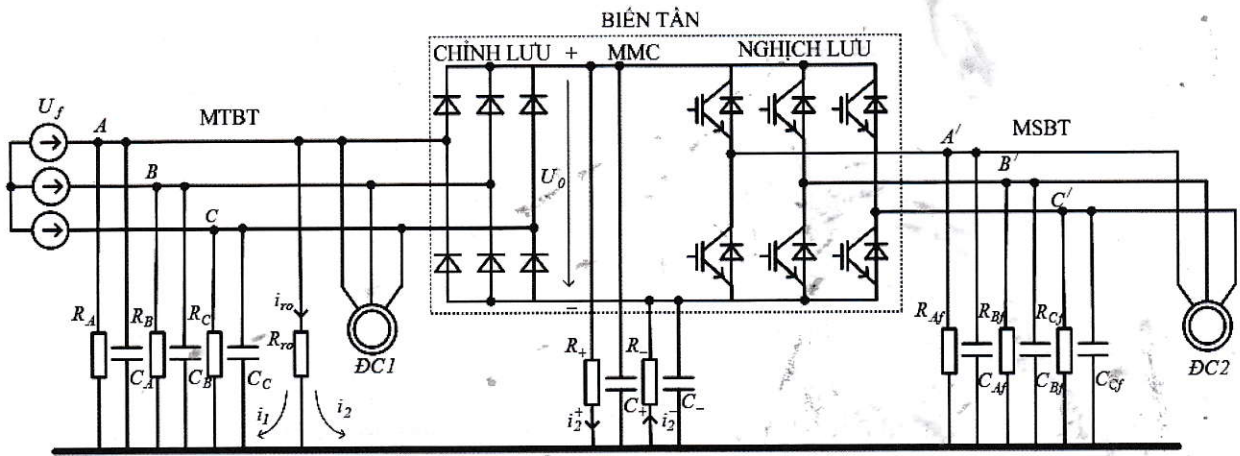
Thành phần xoay chiều được xác định theo phương pháp giống như phương pháp tính dòng rò trong mạch ba pha trung tính cách ly thông thường [1], [2]:

$$i_{r0} = i_1 = \frac{U_f}{R_{r0} + [R/(-jX_C)]} = \frac{U_f(R - jX_C)}{RR_{r0} - jX_C(R + R_{r0})} \quad (1)$$

Tại đây: R và X_C - Điện trở và điện kháng tổng cách điện ba pha của phần MTBT so với đất; U_f là điện áp pha của mạng.

Về trị hiệu dụng có:

$$I_1 = U_f \frac{\sqrt{R^2 + X_C^2}}{\sqrt{R^2 R_{r0}^2 + X_C^2 (R + R_{r0})^2}} \quad (2)$$



H.2. Sơ đồ tính dòng rò trong mạng hỗn hợp khi phát sinh rò ở phần MTBT

Sau khi bỏ qua ảnh hưởng của trở kháng cách điện phần MSBT, chúng ta có thành phần một chiều i_2 và được xác định như sau:

➢ Dòng tạo bởi sơ đồ ba van cực tính âm:

$$I_2^- = \frac{1,17U_f}{R_- + (R/R_{r0})} (R/R_{r0}) \frac{1}{R_{r0}} = \frac{1,17U_f}{R_{r0}(R + R_-) + RR_-} R \quad (3)$$

➢ Dòng tạo bởi sơ đồ ba van cực tính dương:

$$I_2^+ = \frac{1,17U_f}{R_+ + (R/R_{r0})} (R/R_{r0}) \frac{1}{R_{r0}} = \frac{1,17U_f}{R_{r0}(R + R_+) + RR_+} R \quad (4)$$

➢ Vậy dòng một chiều i_2 xác định theo biểu thức:

$$I_{r0} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2} = U_f \sqrt{\frac{R^2 + X_C^2}{R^2 R_{r0}^2 + X_C^2 (R + R_{r0})^2} + 1,17^2 R^2 \left[\frac{1}{R_{r0}(R + R_-) + RR_-} - \frac{1}{R_{r0}(R + R_+) + RR_+} \right]^2} \quad (7)$$

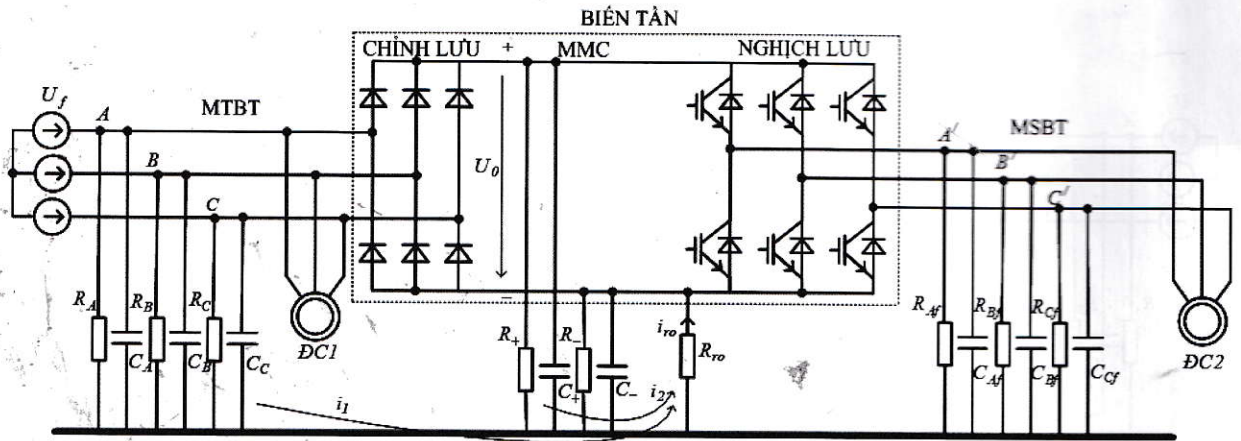
1.2. Khi phát sinh rò ở phần mạng một chiều (MMC)

Từ (5) suy ra: nếu $R_+ = R_-$ (mạng 1 chiều có điện trở cách điện đối xứng) thì $I_2 = 0$. Khi đó, dòng điện rò có trị hiệu dụng được xác định bởi biểu thức:

$$I_{r0} = I_1 = U_f \frac{\sqrt{R^2 + X_C^2}}{\sqrt{R^2 R_{r0}^2 + X_C^2 (R + R_{r0})^2}} \quad (6)$$

Trường hợp $R_+ \neq R_-$ (mạng 1 chiều có điện trở cách điện không đối xứng), nếu chỉ xét đến thành phần điều hòa cơ bản tính được trị hiệu dụng của dòng điện rò trong trường hợp này theo biểu thức:

Trường hợp có rò từ cực âm của nguồn một chiều có sơ đồ tính toán như hình H.3.



H.3. Sơ đồ tính dòng rò trong mạng hỗn hợp khi rò ở phần MMC (rò từ cực âm)

Khi có rò từ cực âm của nguồn một chiều dòng rò cũng gồm hai thành phần:

> Dòng i_1 được gây ra bởi điện trở cách điện của phần mạng xoay chiều tần số công nghiệp (MTBT);

> Dòng i_2 gây bởi điện trở cách điện cực tính dương của phần mạng một chiều R_+ .

Thành phần i_1 là dòng chỉnh lưu do cầu chỉnh lưu tạo thành sơ đồ ba van (cực tính âm) so với đất tạo nên. Thành phần i_1 có trị số trung bình được xác định theo biểu thức sau đây:

$$i_1 = \frac{1,17U_f}{R + (R_- // R_{ro})} (R_- // R_{ro}) \frac{1}{R_{ro}} = \frac{1,17U_f}{R_{ro}(R + R_-) + RR_-} R_- \quad (8)$$

Thành phần i_2 là dòng một chiều do điện áp cực tính âm của nguồn một chiều so với đất gây ra và có trị số được xác định theo biểu thức:

$$i_2 = \frac{U}{R_{ro}} = \frac{U_0}{R_+ + (R_- // R_{ro})} (R_- // R_{ro}) \frac{1}{R_{ro}} = \frac{2,34U_f}{R_{ro}(R_+ + R_-) + R_+R_-} R_- \quad (9)$$

Như vậy:

$$i_{ro} = i_1 + i_2 = U_f \left(\frac{\frac{1,17}{R_{ro}(R + R_-) + RR_-} + \frac{2,34}{R_{ro}(R_+ + R_-) + R_+R_-}}{R_-} \right) R_- \quad (10)$$

hay

$$i_{ro} = U_f \left(\frac{\frac{1,17R_-}{R_{ro}(R + R_-) + RR_-} + \frac{2,34R_-}{R_{ro}(R_+ + R_-) + R_+R_-}}{R_-} \right) R_- \quad (11)$$

Theo nguyên lý làm việc của bộ nghịch lưu thì

tại mỗi thời điểm, các pha của phần MSBT sẽ được điều khiển nối với cực dương hoặc cực âm của phần MMC. Nếu xét đến ảnh hưởng của trở kháng cách điện phần MSBT đến dòng điện rò thì dòng i_2 sẽ có giá trị lớn nhất ở thời điểm khi cả ba pha của phần MSBT đều nối với cực dương của phần MMC. Vì vậy, tính cho trường hợp nguy hiểm nhất dòng i_2 có trị số được xác định theo biểu thức:

$$i_2 = \frac{2,34U_f}{R_{ro}(R'_+ + R_-) + R'_+R_-} R_- \quad (12)$$

Trong đó $R'_+ = R_+ // R_f$; R_f là điện trở cách điện tổng của phần MSBT so với đất.

Khi đó có:

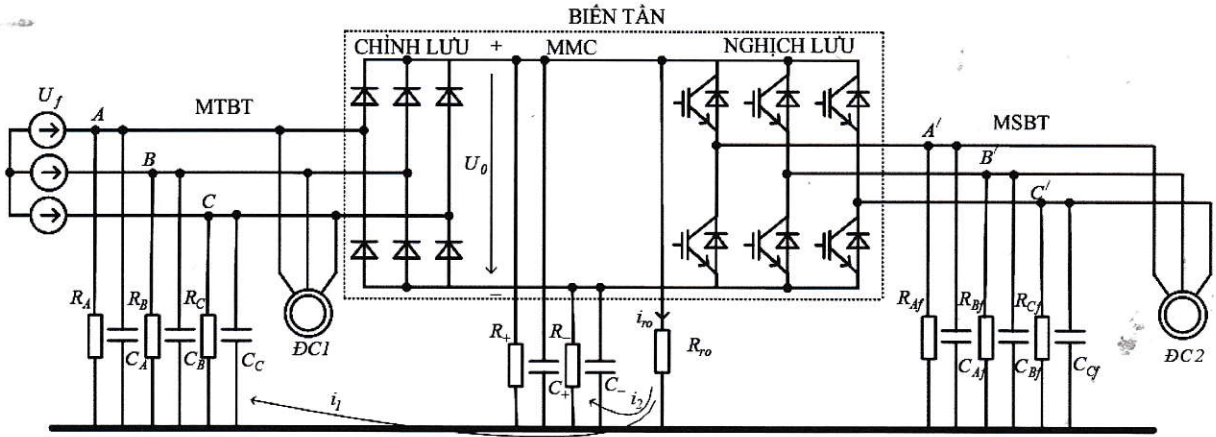
$$i_{ro} = U_f \left(\frac{\frac{1,17R_-}{R_{ro}(R + R_-) + RR_-} + \frac{2,34R_-}{R_{ro}(R'_+ + R_-) + R'_+R_-}}{R_-} \right) R_- \quad (13)$$

Trường hợp có rò từ cực dương của nguồn một chiều có sơ đồ tính toán như hình H.4.

Khi có rò từ cực dương của nguồn một chiều dòng rò cũng gồm hai thành phần: Dòng i_1 gây bởi điện trở cách điện của phần mạng xoay chiều tần số công nghiệp (MTBT) và dòng i_2 gây bởi điện trở cách điện cực tính âm của phần mạng một chiều R_- .

Thành phần i_1 là dòng chỉnh lưu do cầu chỉnh lưu tạo thành sơ đồ ba van (cực tính dương) so với đất tạo nên và có trị số trung bình được xác định theo biểu thức:

$$i_1 = \frac{1,17U_f}{R + (R_+ // R_{ro})} (R_+ // R_{ro}) \frac{1}{R_{ro}} = \frac{1,17U_f}{R_{ro}(R + R_+) + RR_+} R_+ \quad (14)$$



H.4. Sơ đồ tính dòng rò trong mạng hỗn hợp khi rò ở phần MMC (rò từ cực dương)

Thành phần i_2 là dòng một chiều do điện áp cực tính dương của nguồn một chiều so với đất gây ra và có trị số được xác định theo biểu thức:

$$i_2 = \frac{U^+}{R_{ro}} = \frac{U_0}{R_+ + (R_+ // R_{ro})} (R_+ // R_{ro}) \frac{1}{R_{ro}} = \frac{2,34U_f}{R_{ro}(R_+ + R_-) + R_+R_-} R_+ \quad (15)$$

Như vậy:

$$i_{ro} = i_1 + i_2 = U_f \left(\frac{1,17}{R_{ro}(R_+ + R_-) + R_+R_-} + \frac{2,34}{R_{ro}(R_+ + R_-) + R_+R_-} \right) R_+ \quad (16)$$

hay

$$i_{ro} = U_f \left(\frac{1,17R_+}{R_{ro}(R_+ + R_-) + R_+R_-} + \frac{2,34R_+}{R_{ro}(R_+ + R_-) + R_+R_-} \right) \quad (17)$$

Tương tự trên khi rò từ cực dương của phần

MMC, nếu xét đến ảnh hưởng của trở kháng cách điện phần MSBT đến dòng điện rò thì dòng i_2 sẽ có giá trị lớn nhất ở thời điểm khi cả ba pha của phần MSBT đều nối với cực âm của phần MMC. Vì vậy, tính cho trường hợp nguy hiểm nhất dòng i_2 có trị số được xác định theo biểu thức:

$$i_2 = \frac{2,34U_f}{R_{ro}(R_+ + R'_+) + R_+R'_+} R_+ \quad (18)$$

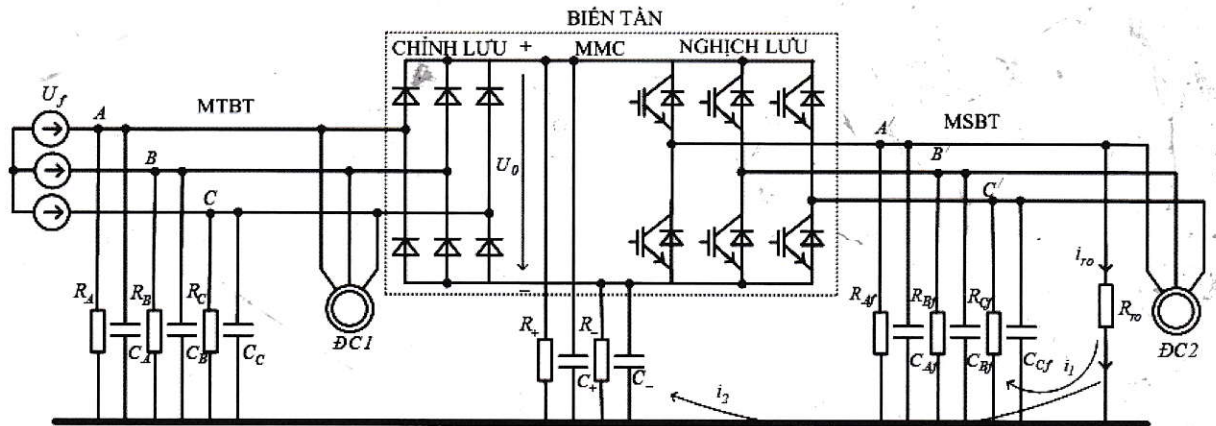
Trong đó: $R'_+ = R_- // R_f$; R_f - Điện trở cách điện tổng của phần MSBT.

Trường hợp này có:

$$i_{ro} = U_f \left(\frac{1,17R_+}{R_{ro}(R_+ + R_-) + R_+R_-} + \frac{2,34R_+}{R_{ro}(R_+ + R'_+) + R_+R'_+} \right) \quad (19)$$

1.3. Khi phát sinh rò ở phần mạng sau biến tần (MSBT)

Trường hợp phát sinh rò ở phần mạch điện xoay chiều tần số thay đổi (MSBT) sơ đồ tính toán có dạng như hình H.5.



H.5. Sơ đồ tính dòng rò trong mạng hỗn hợp khi phát sinh rò ở phần MSBT

Trường hợp này dòng rò chảy qua điện trở rò R_{ro} gồm hai thành phần: thành phần xoay chiều gây bởi trở kháng cách điện của phần MSBT và thành phần một chiều gây bởi trở kháng cách điện của phần MMC.

Thành phần dòng xoay chiều:

$$i_1' = \frac{U_f'}{R_{ro} + [R_f // (-jX_{Cf})]} = \frac{U_f' (R_f - jX_{Cf})}{R_f R_{ro} - jX_{Cf} (R_f + R_{ro})} \quad (20)$$

với R_f và X_{Cf} là điện trở và điện kháng tổng cách điện ba pha của phần MSBT so với đất; U_f' là điện áp pha của phần MSBT.

Về trị hiệu dụng có:

$$I_{ro} = \sqrt{I_1'^2 + I_2'^2} = \sqrt{\frac{U_f'^2 (R_f^2 + X_{Cf}^2)}{R_f^2 R_{ro}^2 + X_{Cf}^2 (R_f + R_{ro})^2} + \frac{2,34^2 U_f'^2 R_f^2 R_{ro}^2}{(R_{R_+} R_f + R_{R_+} R_{ro} + R_{R_f} R_{ro} + R_{R_+} R_f R_{ro})^2}}$$

$$I_{ro} = \sqrt{\frac{U_f'^2 (R_f^2 + X_{Cf}^2)}{R_f^2 R_{ro}^2 + X_{Cf}^2 (R_f + R_{ro})^2} + \frac{2,34^2 U_f'^2 R_f^2 R_{ro}^2}{(R_{R_+} R_f + R_{R_+} R_{ro} + R_{R_f} R_{ro} + R_{R_+} R_f R_{ro})^2}} \quad (23)$$

➤ Xét trường hợp ba pha của phần MSBT cùng được nối với cực âm của phần MMC:

$$I_2' = \frac{U_0}{R_{R_+} + (R_{R_+} // R_f // R_{ro})} (R_{R_+} // R_f // R_{ro}) \frac{1}{R_{ro}}; \quad I_2' = \frac{2,34 U_f}{R_{R_+} R_f + R_{R_+} R_{ro} + R_{R_f} R_{ro} + R_{R_+} R_f R_{ro}} R_{R_f}; \quad (24)$$

$$I_{ro} = \sqrt{\frac{U_f'^2 (R_f^2 + X_{Cf}^2)}{R_f^2 R_{ro}^2 + X_{Cf}^2 (R_f + R_{ro})^2} + \frac{2,34^2 U_f'^2 R_f^2 R_{ro}^2}{(R_{R_+} R_f + R_{R_+} R_{ro} + R_{R_f} R_{ro} + R_{R_+} R_f R_{ro})^2}} \quad (25)$$

2. Kết luận

Từ những kết quả nghiên cứu trên đây, chúng tôi rút ra một số nhận xét bước đầu về dòng điện rò trong các mạng điện mỏ có chứa các bộ biến đổi như sau:

➤ Trong các mạng điện mỏ hầm lò có sử dụng các bộ biến đổi bán dẫn (mạng hỗn hợp), quy luật của dòng rò phụ thuộc vào điện trở và điện dung cách điện của mạng rất phức tạp và tùy thuộc vào phát sinh rò ở phần mạng MTBT, MMC hay MSBT;

➤ Khi có rò một pha ở phần mạng MTBT, trị hiệu dụng của dòng rò được xác định theo biểu thức (6) hoặc (7);

➤ Khi có rò ở phần mạng MMC, trị số dòng rò có thể được tính theo biểu thức (10) hoặc (16) và khi rò ở phần mạng MSBT, trị hiệu dụng của dòng rò có thể được xác định theo biểu thức (23) hoặc (25);

$$I_1' = U_f' \frac{\sqrt{R_f^2 + X_{Cf}^2}}{\sqrt{R_f^2 R_{ro}^2 + X_{Cf}^2 (R_f + R_{ro})^2}} \quad (21)$$

Thành phần dòng một chiều do nguồn chỉnh lưu $U_0=2,34U_f$ gây ra:

➤ Xét trường hợp ba pha của phần MSBT cùng được nối với cực dương của phần MMC:

$$I_2' = \frac{U_0}{R_{R_+} + (R_{R_+} // R_f // R_{ro})} (R_{R_+} // R_f // R_{ro}) \frac{1}{R_{ro}};$$

$$I_2' = \frac{2,34 U_f}{R_{R_+} R_f + R_{R_+} R_{ro} + R_{R_f} R_{ro} + R_{R_+} R_f R_{ro}} R_{R_f} \quad (22)$$

➤ Nếu chỉ xét đến thành phần điều hòa cơ bản tính được trị hiệu dụng của dòng điện rò trong trường hợp này theo biểu thức:

➤ Trường hợp rò phát sinh ở phần mạng MTBT, trị số dòng điện rò sẽ nhỏ nhất khi phần mạng MMC có điện trở cách điện đối xứng ($R_+=R_-$). Vì vậy, nên lựa chọn thiết bị sao cho phần mạng MMC có chiều dài ngắn nhất để dễ đạt được điều kiện $R_+=R_-$;

➤ Khi phần mạng MMC có có điện trở cách điện đối xứng, nếu lựa chọn sơ đồ cung cấp điện các mạng điện mỏ hỗn hợp sao cho phần mạng MSBT có chiều dài ngắn (điện dung của mạng so với đất nhỏ có thể bỏ qua), thì các giải pháp hạn chế dòng điện rò trong mạng hỗn hợp có thể tương tự như các giải pháp đã áp dụng đối với mạng xoay chiều tần số công nghiệp thông thường;

➤ Khi phần mạng MMC có có điện trở cách điện không đối xứng hoặc phần mạng MSBT có chiều dài đáng kể, để đảm bảo an toàn điện giật cần áp dụng các giải pháp hạn chế dòng điện rò

mới, phù hợp cho các mạng điện mỏ hỗn hợp. Những vấn đề này sẽ được chúng tôi đề cập đến trong các bài báo tiếp theo. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Новоселов В.А. (2013), Электрификация подземных горных работ, Новокузнецк.
2. Петриченко А.А. (2017), Методы и средства граничения тока утечки на землю в системах электроснабжения железорудных шахт, Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, Кривой Рог - 2017.
3. Савицкий В.Н., Стадник Н.И. (2013), Защита от токов утечки в комбинированных распределительных сетях угольных шахт, «УкрНИИВЭ».

Ngày nhận bài: 25/9/2017

Ngày gửi phản biện: 18/10/2017

Ngày nhận phản biện: 20/02/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/06/2018

Từ khóa: mạng điện mỏ hầm lò; các bộ biến đổi bán dẫn; mạng hỗn hợp; dòng điện rò; điện trở và điện dung cách điện; mạng trước biến tần; mạng sau biến tần

SUMMARY

The power supply networks at the underground mines containing semiconductor frequency converters (combined networks) are being used extensively in Quảng Ninh area. In order to be able to select effective solutions to limit the leakage current in these networks, it is necessary to know the characteristics of the leakage currents generated in them. The paper presents results of calculating the leakage currents in combined networks when there is leakage in the AC network section, leakage in the DC section and leakage in the variable frequency network section. Research results show that when a portion of the DC network has the asymmetric insulating resistance or the variable frequency AC network part has considerable length, to ensure the safety, the other leakage current limiting solutions should be applied.

NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN...

(Tiếp theo trang 65)

tối thiểu, đảm bảo dự án xây dựng với chất lượng cao nhất, tốc độ thi công nhanh và giá thành là thấp nhất có thể. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Trung Thành, Lê Quang Toàn (2017). Tai biến và nguyên nhân trong xây dựng công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ. Tạp chí Công nghệ Mỏ, Số 2, Hà Nội.
2. French Society for Trenchless Technology (2004). Microtunneling and Horizontal Drilling: Recommendations. John Wiley & Sons.
3. Herrenknecht AG (2013a). The information from the company Herrenknecht AG. <https://www.herrenknecht.com/en/home.html>.
4. Luong, T.H., 2014. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ kích đẩy kết cấu chống giữ để xây dựng công trình ngầm tiết diện nhỏ đặt nông qua khu vực đất yếu tại Thành phố Hồ Chí Minh. Luận văn thạc sĩ Kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ Địa chất, Hà Nội.
5. Pipe Jacking Association (2017). An Introduction to Pipe Jacking and Microtunnelling. ISBN 978-1-5272-0341-9.

Ngày nhận bài: 05/01/2018

Ngày gửi phản biện: 16/02/2018

Ngày nhận phản biện: 25/04/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/06/2018

Từ khóa: máy đào hầm loại nhỏ; trang thiết bị; công trình ngầm; tiết diện nhỏ; rui ro

SUMMARY

The article introduces some basic principles for selecting tunneling machines as well as a number of related equipment for the purpose of noting to the managers, designers and contractors in the construction of small cross section tunnel in Vietnam. This study using the microtunneling machines can be used as a reference material to select appropriate tunneling machine and associated equipment to avoid any unacceptable risks that may occur during the driving process.