

TÍNH DÒNG ĐIỆN RÒ TRONG PHẦN MẠCH XOAY CHIỀU CỦA CÁC MẠNG ĐIỆN MỎ HỖN HỢP Ở CHẾ ĐỘ QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ

KIM NGỌC LINH

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

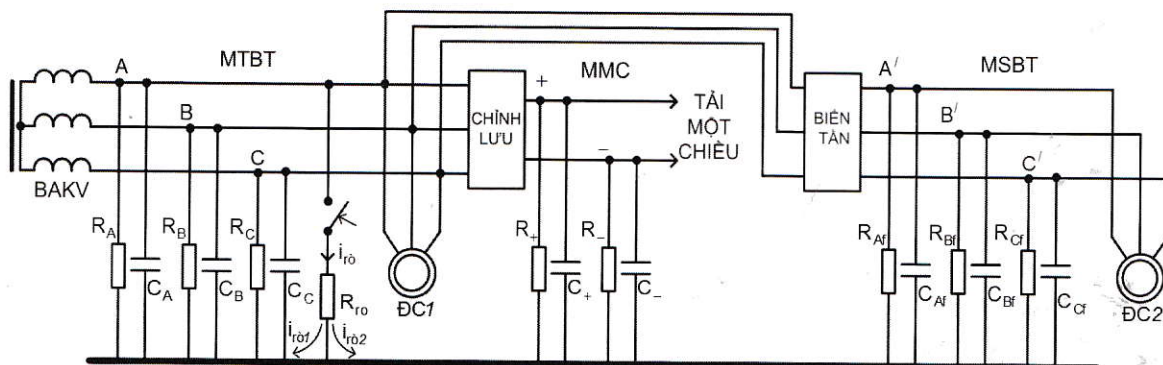
Email: kimngoclinh@humg.edu.vn

Trong [1] chúng tôi đã trình bày các kết quả nghiên cứu tính toán dòng điện rò trong các phần mạch một chiều, mạch xoay chiều trước và sau biến tần của một mạng điện mỏ hỗn hợp ở chế độ xác lập. Trong [2] cũng đã trình bày kết quả tính toán dòng điện rò trong phần mạch một chiều của mạng điện mỏ hỗn hợp ở chế độ quá trình quá độ. Bài báo này sẽ trình bày tiếp những kết quả nghiên

cứu tính dòng điện rò trong phần mạch điện xoay chiều tần số công nghiệp (phần mạch trước biến tần) ở chế độ quá trình quá độ.

1. Kết quả nghiên cứu

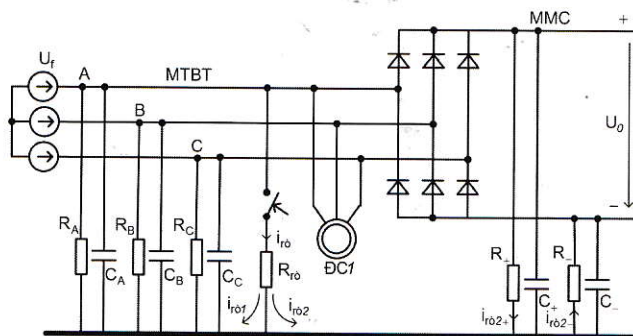
Sơ đồ thay thế tương đương về phương diện an toàn điện giật một mạng điện mỏ hỗn hợp khi chạm vào một pha của phần mạch xoay chiều tần số công nghiệp như hình H.1 [3].



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

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 mạch 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 mạch 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 mạch một chiều (MMC).

Với giả thiết phần mạch chỉnh lưu được mắc trực tiếp không qua máy biến áp (MBA) và bỏ qua ảnh hưởng do trở kháng cách điện của phần mạch sau biến tần, sơ đồ tính toán dòng điện rò khi chạm vào một pha phần mạch điện xoay chiều tần số công nghiệp (MTBT) của mạng điện mỏ hỗn hợp được mô tả như hình H.2. Trong sơ đồ ký hiệu R_{r0} là điện trở rò; U_f là điện áp pha cuộn thứ cấp của MBA khu vực; U_0 là trị số trung bình của điện áp chỉnh lưu cầu ba pha ($U_0 \approx 2,34.U_f$).



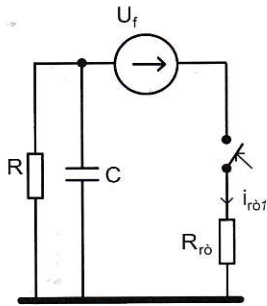
H.2. Sơ đồ tính toán dòng điện rò quá trình quá độ khi chạm vào một pha phần mạch MTBT

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_{r01} gây bởi điện trở và điện dung cách điện của phần mạch xoay chiều MTBT và thành phần dòng một chiều i_{r02} có trị số tùy thuộc vào sự mất đối

xung điện trở cách điện của phần mạch điện một chiều MMC.

➤ Tính dòng điện rò xoay chiều i_{r01} .

Sơ đồ tương đương để tính dòng điện rò i_{r01} như trong hình H.3.



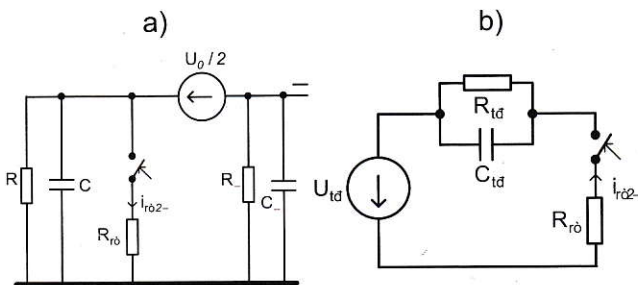
H.3. Sơ đồ tương đương tính dòng điện rò i_{r01}

Trong sơ đồ H.3 ký hiệu R là điện trở cách điện tương đương so với đất của phần mạch xoay chiều MTBT ($R=R_A/R_B/R_C$), C là điện dung tương đương của MTBT so với đất ($C=C_A+C_B+C_C$).

$$i_{r01} = \sqrt{2}U_f \frac{\sqrt{R^2 + X_C^2}}{\sqrt{R^2 R_{ro}^2 + X_C^2 (R + R_{ro})^2}} \sin(\omega t + \psi - \varphi) + \sqrt{2}U_f \left[\frac{\sin \psi}{R_{ro}} - \frac{\sqrt{R^2 + X_C^2}}{\sqrt{R^2 R_{ro}^2 + X_C^2 (R + R_{ro})^2}} \sin(\psi - \varphi) \right] \exp(-t/\tau). \quad (4)$$

Từ (2) và (4) suy ra thời gian tắt của thành phần tự do trong dòng điện rò i_{r01} (thời gian quá trình quá độ) tỷ lệ thuận với điện trở tương đương (R/R_{ro}) và tổng điện dung của mạng C.

➤ Tính dòng điện rò một chiều i_{r02} . Dòng điện rò i_{r02} gồm hai thành phần: thành phần i_{r02-} do sơ đồ ba van cực tính âm, so với đất gây ra; thành phần i_{r02+} do sơ đồ ba van cực tính dương, so với đất gây ra. Sơ đồ tương đương để tính thành phần i_{r02-} của dòng rò một chiều nêu trên hình H.4.a.



H.4. Sơ đồ tương đương tính dòng điện rò i_{r02}

Từ sơ đồ H.4.a suy ra:

$$U_C(+0) = U_C(-0) = U_0 R / 2(R + R_-). \quad (5)$$

Vậy dòng điện rò tại thời điểm $t=0$:

$$i_{r02-}(0) = U_C(+0) / R_{ro} = U_0 R / 2R_{ro}(R + R_-) \quad (6)$$

Áp dụng phương pháp nguồn tương đương có sơ đồ tính dòng điện rò i_{r02} như hình H.4b.

Trong đó: $U_{id} = U_0 R / 2(R + R_-)$; $R_{id} = (R // R_-) = RR_- / (R + R_-)$; $C_{id} = (C // C_-) = C + C_-$.

Giả thiết điện áp pha cuộn thứ cấp của MBA có dạng $u_f = \sqrt{2}U_f \sin(\omega t + \psi)$ suy ra:

Trị số dòng điện rò ở thời điểm $t=0$:

$$i_{r01}(0) = \frac{\sqrt{2}U_f \sin \psi}{R_{ro}}. \quad (1)$$

Thành phần xác lập của dòng điện rò:

$$i_{r01xl} = \sqrt{2}U_f \frac{\sqrt{R^2 + X_C^2} \cdot \sin(\omega t + \psi - \varphi)}{\sqrt{R^2 R_{ro}^2 + X_C^2 (R + R_{ro})^2}}. \quad (2)$$

Tại đây:

$$\varphi = \arctg \frac{-R^2 X_C}{R^2 R_{ro} + X_C^2 (R + R_{ro})}, \quad X_C = 1/(\omega \cdot C).$$

Thành phần tự do của dòng điện rò:

$$i_{r01td} = A \exp(-t/\tau). \quad (3)$$

Tại đây: $\tau = R_{td} C = RR_{ro} C / (R + R_{ro})$.

Xếp chồng kết quả và thay sơ kiện cuối cùng có được thành phần xoay chiều của dòng điện rò i_{r01} có dạng:

Từ sơ đồ H.4.b tính được thành phần xác lập của dòng điện rò:

$$i_{r02-} = \frac{U_{id}}{R_{ro} + R_{id}} = \frac{U_0 R / 2(R + R_-)}{RR_- / (R + R_-) + R_{id}} = \frac{U_0 R}{2(RR_- + RR_{ro} + R_- R_{ro})} \quad (7)$$

Thành phần tự do của dòng điện rò:

$$i_{r02-} = A_2 \exp(pt) = A_2 \exp(-t/\tau_{2-}), \quad \text{với}$$

$$\tau_{2-} = \frac{RR_- R_{ro} (C + C_-)}{RR_- + RR_{ro} + R_- R_{ro}} \quad (8)$$

Xếp chồng kết quả và thay dữ kiện cuối cùng tính được dòng rò quá trình quá độ i_{r02-} :

$$i_{r02-} = \frac{U_0 R}{2(RR_- + RR_{ro} + R_- R_{ro})} \times \left[1 + \frac{RR_-}{(R + R_-) R_{ro}} \exp(-t/\tau_{2-}) \right]. \quad (9)$$

Từ (8) và (9) suy ra thời gian tắt của thành phần tự do trong dòng điện rò i_{r02-} tỷ lệ thuận với điện trở tương đương ($R // R_- / R_{ro}$) và tổng điện dung của mạng ($C + C_-$).

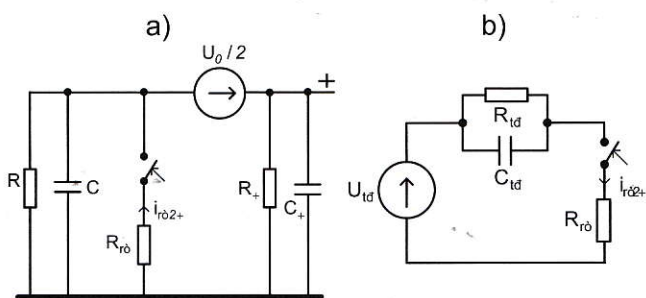
➤ Sơ đồ tương đương để tính thành phần i_{r02+} của dòng điện rò một chiều nêu trên hình H.5.a.

Từ sơ đồ hình H.5.a suy ra:

$$U_C(+0) = U_C(-0) = U_0 R / 2(R + R_+).$$

Vậy dòng điện rò tại thời điểm $t=0$:

$$i_{r02+}(0) = U_C(+0) / R_{ro} = U_0 R / 2(R + R_+) R_{ro}. \quad (10)$$



H.5. Sơ đồ tương đương tính dòng điện rò i_{r02+}

Áp dụng phương pháp nguồn tương đương có sơ đồ tính dòng điện rò i_{r02+} như trên hình H.5b.

Trong đó: $U_{td} = U_0/2(R+R_+)$; $R_{td} = (R//R_+) = RR_+/(R+R_+)$; $C_{td} = (C//C_+) = C+C_+$.

Từ sơ đồ hình H.5.b tính được thành phần xác lập của dòng điện rò:

$$i_{r02+} = \frac{U_{td}}{R_{td} + R_{r0}} = \frac{U_0 R / 2(R+R_+)}{RR_+ / (R+R_+) + R_{r0}} = \frac{U_0 R}{2(RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \quad (11)$$

Thành phần tự do của dòng điện rò:

$$i_{r02+} = A_2 \exp(pt) = A_2 \exp(-t/\tau_{2+}), \text{ với}$$

$$i_{r0} = \sqrt{2}U_f \frac{\sqrt{R^2 + X_C^2}}{\sqrt{R^2 R_{r0}^2 + X_C^2 (R+R_{r0})^2}} \sin(\omega t + \psi - \phi) + \sqrt{2}U_f \left[\frac{\sin \psi}{R_{r0}} - \frac{\sqrt{R^2 + X_C^2}}{\sqrt{R^2 R_{r0}^2 + X_C^2 (R+R_{r0})^2}} \sin(\psi - \phi) \right] \exp(-t/\tau) + \frac{U_0 R}{2(RR_- + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \left[1 + \frac{RR_-}{(R+R_-)R_{r0}} \exp(-t/\tau_{2-}) \right] - \frac{U_0 R}{2(RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \left[1 + \frac{RR_+}{(R+R_+)R_{r0}} \exp(-t/\tau_{2+}) \right] \quad (15)$$

Từ biểu thức (15), khi cho $t \rightarrow \infty$, ta có biểu thức tính dòng điện rò trong phần mạch xoay chiều tần

$$i_{r0xl} = \sqrt{2}U_f \frac{\sqrt{R^2 + X_C^2}}{\sqrt{R^2 R_{r0}^2 + X_C^2 (R+R_{r0})^2}} \sin(\omega t + \psi - \phi) \quad (16)$$

$$i_{r0xl} = \sqrt{2}U_f \frac{\sqrt{R^2 + X_C^2}}{\sqrt{R^2 R_{r0}^2 + X_C^2 (R+R_{r0})^2}} \sin(\omega t + \psi - \phi) + \frac{U_0 R}{2(RR_- + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} - \frac{U_0 R}{2(RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \quad (18)$$

Kết quả này trùng với các biểu thức tính dòng điện rò xác lập đã được trình bày trong [1], [3].

2. Kết luận

Từ những kết quả trình bày trên đây có thể rút ra những nhận xét sau:

> Với biểu thức (15), lần đầu tiên quy luật biến thiên của dòng điện rò khi có rò từ một pha phần mạch điện xoay chiều tần số công nghiệp của mạng điện mỏ hỗn hợp được mô tả ở dạng giải tích. Biểu thức này có tính tổng quát vì cho phép tính được dòng điện rò ở cả chế độ xác lập và quá trình quá độ;

> Với điện dung giới hạn cho phép của mạng điện mỏ là $C_{max} = (1\mu F/\text{pha})$, khi có rò từ một pha phần mạch điện xoay chiều tần số công nghiệp của mạng điện mỏ hỗn hợp qua điện trở 1 kΩ, thời gian quá trình quá độ của dòng điện rò không vượt quá 3 ms;

$$\tau_{2+} = \frac{RR_+ R_{r0} (C + C_+)}{RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0}} \quad (12)$$

Xếp chồng kết quả và thay dữ kiện cuối cùng tính được dòng rò quá trình quá độ i_{r02+} :

$$i_{r02+} = \frac{U_0 R}{2(RR_- + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \left[1 + \frac{RR_-}{(R+R_-)R_{r0}} \exp(t/\tau_{2-}) \right] \quad (13)$$

Từ (12) và (13) suy ra thời gian tắt của thành phần tự do trong dòng điện rò i_{r02+} tỷ lệ thuận với điện trở tương đương $(R//R_+//R_{r0})$ và tổng điện dung của mạng $(C+C_+)$.

> Từ (9) và (13) suy ra dòng rò một chiều $i_{r02} = i_{r02-} + i_{r02+}$ bằng:

$$i_{r02} = \frac{U_0 R}{2(RR_- + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \left[1 + \frac{RR_-}{(R+R_-)R_{r0}} \exp(-t/\tau_{2-}) \right] - \frac{U_0 R}{2(RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \left[1 + \frac{RR_+}{(R+R_+)R_{r0}} \exp(-t/\tau_{2+}) \right] \quad (14)$$

Xét biểu thức (14) suy ra nếu $R_+ = R$ (phần mạch 1 chiều có điện trở cách điện đối xứng) thì $i_{r02} = 0$.

Từ các biểu thức (4) và (14) tính được dòng rò tổng $i_{r0} = i_{r01} + i_{r02}$ bằng:

số công nghiệp của mạng điện mỏ hỗn hợp ở chế độ xác lập:

$$i_{r02xl} = \frac{U_0 R}{2(RR_- + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} - \frac{U_0 R}{2(RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \quad (17)$$

> Nếu phần mạch điện một chiều trong mạng điện mỏ hỗn hợp có điện trở cách điện đối xứng ($R_+ = R$) thì điện trở và điện dung cách điện của phần mạch một chiều không ảnh hưởng đến dòng điện rò trong phần mạch xoay chiều tần số công nghiệp. Vì vậy, nên lựa chọn thiết bị sao cho phần mạch một chiều có chiều dài ngắn nhất để dễ đạt được điều kiện $R_+ = R$;

> Khi phần mạch một chiều có điện trở cách điện đối xứng, nếu lựa chọn chọn sơ đồ cung cấp điện các mạng điện mỏ hỗn hợp sao cho phần mạng sau biến tần có chiều dài ngắn (điện dung của mạng so với đất nhỏ trong trường hợp này 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;

➤ Kết quả nghiên cứu trên có thể áp dụng để tính toán dòng điện rò trong các mạng điện hỗn hợp khác có trung tính cách ly (mạng AC/DC IT). □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kim Ngọc Linh (2018): Nghiên cứu tính dòng điện rò trong các mạng điện mỏ hầm lò có chứa các bộ biến đổi bán dẫn. Tạp chí Công nghiệp mỏ. Số 3. 2018.
2. Kim Ngọc Linh (2019): Tính dòng điện rò trong phần mạch điện một chiều của các mạng điện mỏ hỗn hợp ở chế độ quá trình quá độ. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 3. 2019.
3. 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.

Ngày nhận bài: 26/05/2020

Ngày gửi phản biện: 18/07/2020

Ngày nhận phản biện: 29/11/2020

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/12/2020

Từ khóa: mạng điện mỏ hỗn hợp; dòng điện rò; quá trình quá độ

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

Tóm tắt: Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu về dòng điện rò trong đoạn mạch xoay chiều tần số công nghiệp của mạng điện hỗn hợp mỏ trong quá trình chuyển tiếp. Lần đầu tiên, quy luật biến thiên của dòng điện rò trong mạng điện hỗn hợp mỏ được mô tả bằng biểu thức phân tích. Các biểu thức này là chung, cho phép tính toán dòng rò trong cả quá trình nhất thời và chế độ cài đặt.

Calculate the leakage current in the AC circuit part of the mixed mine electrical networks in the process mode

SUMMARY

The paper presents some results of research on leakage current in the industrial frequency AC circuit section of the mixed mine electric network in transition process. For the first time, the law of variation of leakage current in a mixed mine electric network is described by analytical expressions. These expressions are general, allowing the leakage current to be calculated in both transient process and setting modes.

NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH...

(Tiếp theo trang 58)

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu quá trình xử lý tách và thu hồi kẽm, đồng từ hỗn hợp gồm xỉ và bụi sinh ra từ quá trình nấu, đúc đồng thau ở làng nghề đúc đồng Lộng Thượng, Hưng Yên. Quá trình xi măng hóa kết tủa thu hồi đồng trong dung dịch sau khi khử sắt và nhôm ở pH=3,0 bằng bột kẽm kim loại cho hiệu suất thu hồi đạt 99,6%. Dung dịch sau xi măng hóa đồng được trung hòa về pH=7 để kết tủa kẽm hydroxit. Mức độ thu hồi kẽm đạt trên 96%, dung dịch còn lại sẽ tuần hoàn lại cho quá trình hòa tách.

Studying the process of separating and recovering copper and zinc from the mixture of slag and dust from Lộng Thượng copper smelting furnace, Hưng Yên

SUMMARY

The article introduces the research results of the process of separating and recovering zinc and copper from a mixture of slag and dust generated from the copper casting and cooking process in the bronze casting village of Lộng Thượng, Hưng Yên. The precipitation cementation process recovers copper in the solution after reduction of iron and aluminum at pH=3.0 with metallic zinc powder for the recovery efficiency of 99.6%. The solution after copper cementation is neutralized to pH=7 to precipitate zinc hydroxide. The recovery rate of zinc reached over 96%, the remaining solution will be circulated to dissolve.

ĐỪNG THAM MỒI ĐỪNG

1. Không ai đem sự thật đặt vào tất cả những gì mình nói và rất ít người nói tất cả những gì mình muốn. *Henry Brooks Adams.*
2. Tình yêu làm nên những vị ngọt tuyệt vời nhất và những nghịch cảnh đau khổ nhất trên đời. *Madelene Scudery.*

VTH sưu tầm