

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

KIM NGỌC LINH

Trường Đại học Mở-Địa Chất

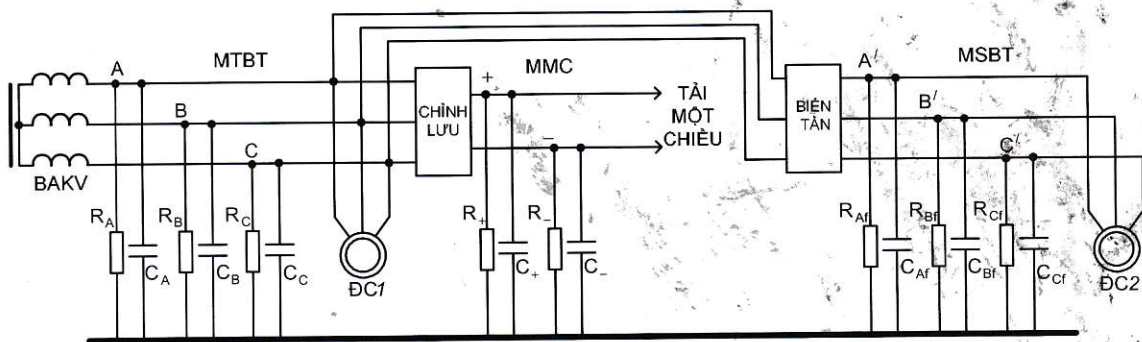
Email: kimngoclinh@humg.edu.vn

Trong bài báo trước [1], chúng tôi đã trình bày các kết quả nghiên cứu tính toán dòng điện rò trong các mạng điện mỏ có chứa các bộ biến đổi (mạng điện mỏ hỗn hợp). Các biểu thức được nêu trong [1] cho phép tính toán dòng điện rò khi phát sinh rò ở phần mạng trước biến tần, phần mạng sau biến tần và phần mạch điện một chiều của một mạng điện mỏ hỗn hợp ở chế độ xác lập. Trong nhiều trường hợp cần phải biết rõ tính chất quá trình quá độ của dòng điện rò, ví dụ như khi cần chọn thời gian tác động trễ của rơle bảo vệ rò, tính điện lượng qua người để xác định điều kiện an toàn điện giật của

mạng,... Mặc dù vậy, vấn đề nghiên cứu về dòng điện rò trong các mạng điện mỏ hỗn hợp ở chế độ quá trình quá độ còn ít được quan tâm và cho đến nay vẫn chưa có kết quả nào được công bố. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu về tính dòng điện rò trong quá trình quá độ ở phần mạch điện một chiều của mạng điện mỏ hỗn hợp.

1. Tính dòng điện rò khi chạm vào dây âm

Sơ đồ thay thế tương đương đơn giản một mạng điện mỏ hỗn hợp về phương diện an toàn điện giật như hình H.1 [2].



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

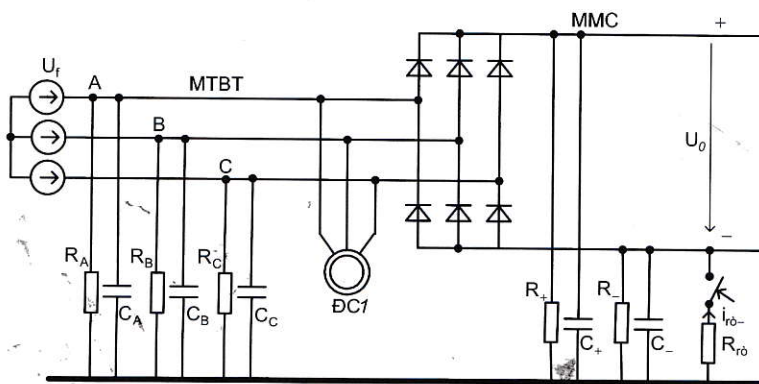
Trong sơ đồ ký hiệu $R_A, R_B, R_C, C_A, C_B, C_C$ là điện trở cách điện và điện dung các pha so với đất của phần mạng trước biến tần (MTBT); $R_{Af}, R_{Bf}, R_{Cf}, C_{Af}, C_{Bf}, C_{Cf}$ là điện trở cách điện và điện dung các pha so với đất của phần mạng sau biến tần (MSBT); R_+, R_-, C_+, C_- là điện trở cách điện và điện dung giữa cực dương (+) và cực âm (-) so với đất của phần mạch một chiều (MMC).

Xét trường hợp mạng điện mỏ hỗn hợp có chứa phụ tải một chiều (hoặc mạng không có phụ tải một chiều nhưng phần chỉnh lưu và phần nghịch lưu trong bộ biến tần có khoảng cách đáng kể), với giả thiết phần mạch chỉnh lưu được mắc trực tiếp không qua biến áp và bỏ qua ảnh hưởng do trở kháng cách điện của phần mạng sau biến tần, sơ

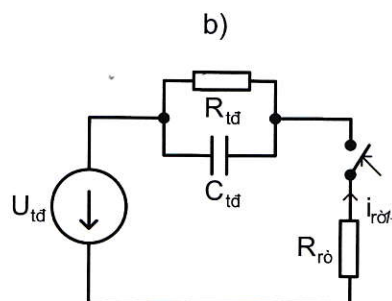
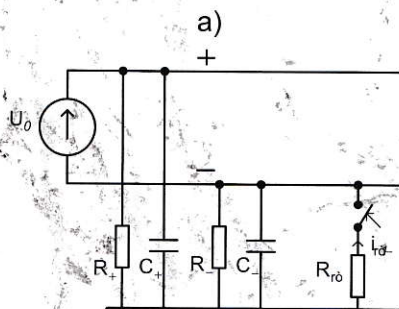
đồ tính toán dòng điện rò khi chạm vào dây âm phần mạch điện một chiều của mạng điện mỏ hỗn hợp như hình H.2:

Trong sơ đồ ký hiệu R_{r0} là điện trở rò, U_f là điện áp pha cuộn thứ cấp của máy biến áp khu vực; U_0 là trị số trung bình của điện áp chỉnh lưu cầu ba pha ($U_0 \approx 2,34 \cdot U_f$).

Dòng điện rò i_{r0} gồm thành phần dòng điện rò i_{r01} do nguồn điện áp cực tính âm của nguồn một chiều so với đất gây ra và thành phần dòng điện rò i_{r02} do sơ đồ ba van (cực tính âm) so với đất gây ra (thành phần i_{r02} chỉ tồn tại khi kể đến điện trở và điện dung cách điện của phần mạng trước biến tần). Từ sơ đồ hình H.2, có sơ đồ tương đương để tính thành phần dòng điện rò i_{r01} như trong hình H.3.a.



H.2. Sơ đồ tính toán dòng điện rò quá trình quá độ khi chạm vào dây âm



H.3. Sơ đồ tính dòng điện rò i_{r01} khi chạm vào dây âm

Từ sơ đồ H.3.a suy ra theo luật đóng mở tụ điện có: $U_{C-}(+0) = U_{C-}(-0) = U_0 R_- / (R_+ + R_-)$

Vậy dòng điện rò tại thời điểm $t=0$:

$$i_{r01}(0) = U_{C-}(+0) / R_{r0} = U_0 R_- / R_{r0} (R_+ + R_-) \quad (1)$$

$$i_{r01} = \frac{U_{td}}{R_{td} + R_{r0}} = \frac{U_0 R_- / (R_+ + R_-)}{R_+ R_- / (R_+ + R_-) + R_{r0}} = \frac{U_0 R_-}{R_+ R_- + R_+ R_{r0} + R_- R_{r0}} \quad (2)$$

$$\text{Với } \tau_{1-} = \frac{R_+ R_- R_{r0} (C_+ + C_-)}{R_+ R_- + R_+ R_{r0} + R_- R_{r0}} \quad (3)$$

Thành phần tự do của dòng điện rò:

$$i_{r01} = \frac{U_0 R_-}{R_+ R_- + R_+ R_{r0} + R_- R_{r0}} \left[1 + \frac{R_+ R_-}{(R_+ + R_-) R_{r0}} \exp(-t / \tau_{1-}) \right] \quad (4)$$

Từ (3) suy ra thời gian tắt của thành phần tự do trong các dòng điện rò i_{r01} (thời gian quá trình quá độ) tỷ lệ thuận với điện trở tương đương ($R_+ // R_- // R_{r0}$) và tổng điện dung ($C_+ + C_-$).

Sơ đồ tương đương tính thành phần dòng điện rò i_{r02} do sơ đồ ba van cực tính âm so với đất tạo nên (thành phần dòng điện rò khi tính đến điện trở và điện dung cách điện của phần mạng trước biến tần) như hình H.4.

Trong sơ đồ này R và C là điện trở cách điện và điện dung tổng của phần mạng trước biến tần so với đất ($R = R_A // R_B // R_C, C = C_A // C_B // C_C$).

Từ sơ đồ hình H.4 suy ra:

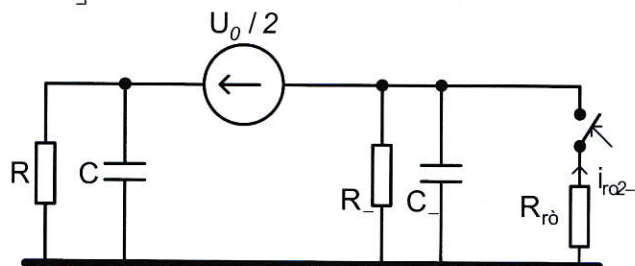
$$U_{C-}(+0) = U_{C-}(-0) = U_0 R_- / 2(R + R_-)$$

Áp dụng phương pháp nguồn tương đương có sơ đồ tính toán dòng rò i_{r01} như hình H.3.b. Trong đó: $U_{td} = U_0 R_- / (R_+ + R_-)$; $R_{td} = R_+ R_- / (R_+ + R_-)$; $C_{td} = C_+ + C_-$.

Từ sơ đồ hình H.3.b tính được thành phần xác lập của dòng điện rò:

$$i_{r01} = A_1 \exp(pt) = A_1 \exp(-t / \tau_{1-}),$$

Xếp chồng kết quả và thay sơ kiện cuối cùng có kết quả dòng rò quá trình quá độ:



H.4. Sơ đồ tính dòng điện rò i_{r02} khi chạm vào dây âm

Vậy dòng điện rò tại thời điểm $t=0$:

$$i_{r02}(0) = U_{C-}(+0) / R_{r0} = U_0 R_- / 2R_{r0} (R + R_-) \quad (5)$$

Áp dụng phương pháp nguồn tương đương có sơ đồ tính toán dòng điện rò i_{r02} tương tự như H.3.b.

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

Tính thành phần xác lập của dòng điện rò từ sơ đồ tương đương:

$$i_{rox2-} = \frac{U_{td}}{R_{td} + R_{r0}} = \frac{U_0 R_- / 2(R_+ + R_-)}{R R_- / (R_+ + R_-) + R_{r0}} = \frac{U_0 R_-}{2(R R_- + R R_{r0} + R_+ R_{r0})} \quad (6)$$

Với

$$\tau_{2-} = \frac{R R_- R_{r0} (C_+ + C_-)}{R R_- + R R_{r0} + R_+ R_{r0}} \quad (7)$$

Thành phần tự do của dòng điện rò:

$$i_{rotd2-} = A_2 \exp(pt) = A_2 \exp(-t/\tau_{2-}),$$

Xếp chồng kết quả và thay sơ kiện cuối cùng có kết quả dòng rò quá trình quá độ:

$$i_{ro2-} = \frac{U_0 R_-}{2(R R_- + R R_{r0} + R_+ R_{r0})} \left[1 + \frac{R R_-}{(R_+ + R_-) R_{r0}} \exp(-t/\tau_{2-}) \right] \quad (8)$$

Từ (7) suy ra thời gian tắt của thành phần tự do trong dòng điện rò i_{ro2-} tỷ lệ thuận với điện trở tương

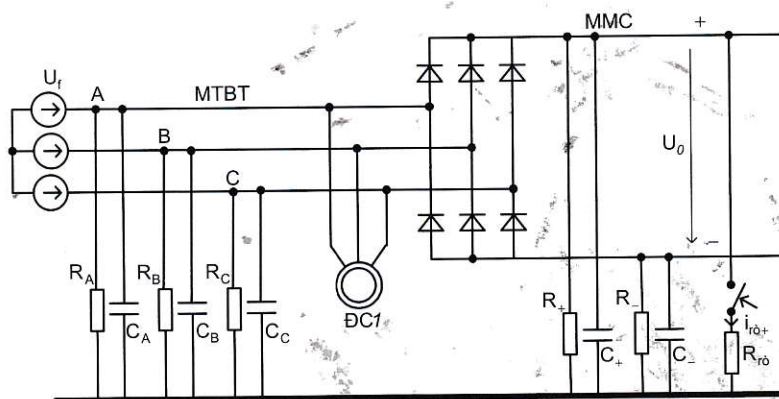
đương $(R/R_-//R_{r0})$ và tổng điện dung $(C_+ + C_-)$. Vậy dòng rò tổng khi chạm vào dây âm bằng $i_{ro-} = (i_{ro1-} + i_{ro2-})$:

$$i_{ro-} = \frac{U_0 R_-}{R_+ R_- + R_+ R_{r0} + R_- R_{r0}} \left[1 + \frac{R_+ R_-}{(R_+ + R_-) R_{r0}} \exp(t/\tau_{1-}) \right] + \frac{U_0 R_-}{2(R R_- + R R_{r0} + R_+ R_{r0})} \left[1 + \frac{R R_-}{(R_+ + R_-) R_{r0}} \exp(t/\tau_{2-}) \right] \quad (9)$$

2. Tính dòng điện rò khi chạm vào dây dương

Sơ đồ tính toán dòng điện rò khi chạm vào dây

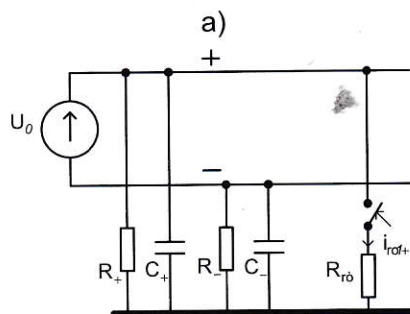
dương phần mạch điện một chiều của mạng điện mỏ hỗn hợp như hình H.5.



H.5. Sơ đồ tính toán dòng điện rò quá trình quá độ khi chạm vào dây dương

Dòng điện rò i_{ro+} cũng gồm thành phần dòng điện rò i_{ro1+} do nguồn điện áp cực tính dương của nguồn một chiều so với đất gây ra và thành phần dòng điện rò i_{ro2+} do sơ đồ ba van cực tính dương so với đất gây

ra (thành phần i_{ro2+} cũng chỉ tồn tại khi kể đến điện trở và điện dung cách điện của phần mạng trước biến tần). Từ sơ đồ H.5, có sơ đồ tương đương để tính thành phần dòng điện rò i_{ro1+} như H.6.a.

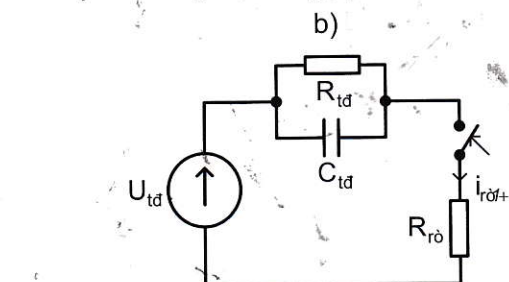


H.6. Sơ đồ tính toán dòng điện rò i_{ro1+} khi chạm vào dây dương

Từ sơ đồ H.6.a suy ra theo luật đóng mở tụ điện có: $U_{C+}(+0) = U_{C+}(-0) = U_0 R_+ / (R_+ + R_-)$

Vậy dòng điện rò tại thời điểm $t=0$:

$$i_{ro1+}(0) = U_{C+}(+0) / R_{r0} = U_0 R_+ / R_{r0} (R_+ + R_-) \quad (10)$$



Áp dụng phương pháp nguồn tương đương có sơ đồ tính toán dòng i_{ro1+} như H.6.b.

Trong đó: $U_{td} = U_0 R_+ / (R_+ + R_-)$;

$$R_{td} = R_+ R_- / (R_+ + R_-); \quad C_{td} = C_+ + C_-$$

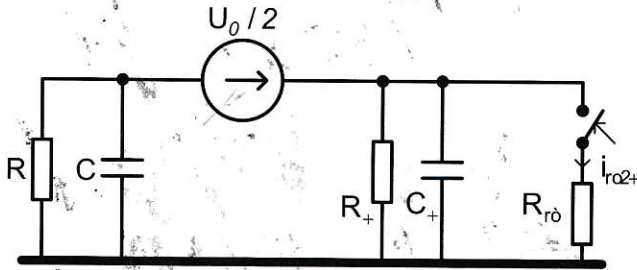
Từ sơ đồ H.6.b tính được thành phần xác lập của dòng điện rò:

$$i_{rox1+} = \frac{U_{td}}{R_{td} + R_{r0}} = \frac{U_0 R_+ / (R_+ + R_-)}{R_+ R_- / (R_+ + R_-) + R_{r0}} = \frac{U_0 R_+}{R_+ R_- + R_+ R_{r0} + R_- R_{r0}} \quad (11)$$

$$i_{1+} = \frac{R_+ R_- R_{r0} (C_+ + C_-)}{R_+ R_- + R_+ R_{r0} + R_- R_{r0}} \quad (12)$$

Thành phần tự do của dòng điện rò:

$$i_{ro1+} = \frac{U_0 R_+}{R_+ R_- + R_+ R_{r0} + R_- R_{r0}} \left[1 + \frac{R_+ R_-}{(R_+ + R_-) R_{r0}} \exp(-t/\tau_{1+}) \right] \quad (13)$$



H.7. Sơ đồ tính dòng điện rò i_{ro2+} khi chạm vào dây dương

Từ (12) suy ra thời gian tắt của thành phần tự do trong các dòng điện rò i_{ro1+} (thời gian quá trình quá độ) tỷ lệ thuận với điện trở tương đương ($R_+//R_-//R_{r0}$) và tổng điện dung ($C_+ + C_-$).

➤ Sơ đồ tương đương tính thành phần dòng điện

$$i_{rox2+} = \frac{U_{td}}{R_{td} + R_{r0}} = \frac{U_0 R_+ / 2(R_+ + R_-)}{RR_+ / (R_+ + R_-) + R_{r0}} = \frac{U_0 R_+}{2(RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \quad (17)$$

Thành phần tự do của dòng điện rò:

$$i_{rotd2+} = A_2 \exp(pt) = A_2 \exp(-t/\tau_{2+}), \text{ với}$$

Dòng rò quá độ:

$$i_{ro2+} = i_{rox2+} + i_{rotd2+} = \frac{U_0 R_+}{2(RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} + A_2 \exp(-t/\tau_{2+}) \quad (19)$$

Xếp chồng kết quả và thay sơ kiện cuối cùng có kết quả dòng rò quá trình quá độ:

$$i_{ro2+} = \frac{U_0 R_+}{2(RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \left[1 + \frac{RR_+}{(R_+ + R_-) R_{r0}} \exp(-t/\tau_{2+}) \right] \quad (20)$$

Từ (18): thời gian tắt của thành phần tự do trong dòng điện rò i_{ro2+} tỷ lệ thuận với điện trở tương đương

$$i_{ro+} = \frac{U_0 R_+}{R_+ R_- + R_+ R_{r0} + R_- R_{r0}} \left[1 + \frac{R_+ R_-}{(R_+ + R_-) R_{r0}} \exp(-t/\tau_{1+}) \right] + \frac{U_0 R_+}{2(RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \left[1 + \frac{RR_+}{(R_+ + R_-) R_{r0}} \exp(-t/\tau_{2+}) \right] \quad (21)$$

Từ các biểu thức (9) và (21), khi cho $t \rightarrow \infty$ ta có các biểu thức tính dòng điện rò trong phần mạch

$$i_{rox-} = \frac{U_0 R_-}{R_+ R_- + R_+ R_{r0} + R_- R_{r0}} + \frac{U_0 R_-}{2(RR_- + RR_{r0} + R_- R_{r0})} \quad (22)$$

$$i_{rox+} = \frac{U_0 R_+}{R_+ R_- + R_+ R_{r0} + R_- R_{r0}} + \frac{U_0 R_+}{2(RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0})} \quad (23)$$

Kết quả này trùng với các biểu thức tính dòng điện rò xác lập đã được trình bày trong [1], [2].

3. Kết luận

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

Xếp chồng kết quả và thay sơ kiện cuối cùng có kết quả dòng rò quá trình quá độ:

rò i_{ro2+} do sơ đồ ba van cực tính dương so với đất tạo nên (thành phần dòng điện rò khi tính đến điện trở và điện dung cách điện của phần mạng trước biến tần so với đất) như hình H.7.

Từ sơ đồ H.7 suy ra có:

$$U_{C+}(+0) = U_{C+}(-0) = U_0 R_+ / 2(R_+ + R_-) \quad (14)$$

Vậy dòng điện rò tại thời điểm $t=0$:

$$i_{ro2+}(0) = U_{C+}(+0) / R_{r0} = U_0 R_+ / 2R_{r0}(R_+ + R_-) \quad (15)$$

Áp dụng phương pháp nguồn tương đương có sơ đồ tính toán dòng điện rò i_{ro2+} tương tự như H.6.b. Trong đó: $U_{td} = U_0 R_+ / 2(R_+ + R_-)$;

$$R_{td} = RR_+ / (R_+ + R_-); \quad C_{td} = C + C_+ \quad (16)$$

Tính thành phần xác lập của dòng điện rò từ sơ đồ tương đương:

$$\tau_{2+} = \frac{RR_+ R_{r0} (C + C_+)}{RR_+ + RR_{r0} + R_+ R_{r0}} \quad (18)$$

($R//R_+//R_{r0}$) và tổng điện dung ($C + C_+$). Vậy dòng rò tổng khi chạm vào dây dương bằng $i_{ro+} = (i_{ro1+} + i_{ro2+})$:

điện một chiều của mạng điện mỏ hỗn hợp ở chế độ xác lập:

➤ Với các biểu thức (9) và (21), lần đầu tiên quy luật biến thiên của dòng điện rò khi có rò từ dây âm và dây dương phần mạch điện một chiều của các mạng điện mỏ hỗn hợp được mô tả ở dạng giải tích.

(Xem tiếp trang 103)

Ngày nhận bài: 05/09/2018

Ngày gửi phản biện: 18/12/2018

Ngày nhận phản biện: 28/04/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/06/2019

Từ khóa: tràn dầu; sự cố tràn dầu; triển khai hoạt động ứng phó; giải pháp ứng phó; điều kiện phòng chống

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

SUMMARY

In the past years, Thanh Hóa province that has had the remarkable socio-economic developments and many big projects which have been invested such as GAS & LNG development zone and other types of the petrochemical filtering in Nghi Sơn Zone with (3,805 billion VND); Đảo Ngọc eco-resort and tourist accommodation house with (VND 1,611 billion); Sầm Sơn East Asia in the ecological urban area with (3,800 billion VND); Văn Lang Yufukuya wood plants in Nghi Sơn of the economic Zone with (9.7million USD); Yên Định high quality socks and underwear factory with (35.45 million USD) and Sun Group, Vingroup, FLC etc [9] projects. Especially, it's the Petrochemical Refinery Project.

Nghi Sơn refinery and petrochemical project comes into action, the consumption demand of the petroleum for production has been increasing in Thanh Hóa, which has been increasing in the petroleum suppliers and traders scale and quantity. From 2009 to now, there have been the oil spills in Thanh Hoa province, caused to damage the environment, socio-economy and people's livings [7], while responding to spills. The oil has remained especially in the sea which has been very difficult recently, taking place slowly and weakly on a large scale, the facilities, manpower, conditions to prevent and respond to the environmental incidents of the localities in this province. The paper has studied the risk of oil spill in Thanh Hóa province, the effects of oil spills and proposed solutions to respond to oil spills.

TÍNH DÒNG ĐIỆN RÒ...

(Tiếp theo trang 77)

Các biểu thức này có tính tổng quát vì cho phép tính được dòng điện rò ở cả chế độ xác lập và trong quá trình quá độ.

➤ Với điện dung giới hạn cho phép của mạng điện mỏ là $C_{\max}=1\mu\text{F}/\text{pha}$, khi có rò ở phần mạch điện một chiều của mạng điện mỏ hỗn hợp qua điện trở $1\text{ k}\Omega$, thời gian tắt của thành phần tự do trong các dòng điện rò không vượt quá 3 ms.

➤ 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).

➤ Những kết quả nghiên cứu tính dòng điện rò trong phần mạch điện xoay chiều của các mạng điện mỏ hỗn hợp ở chế độ quá trình quá độ sẽ được chúng tôi trình bày trong bài báo tiếp theo. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kim Ngọc Linh. 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. 6/2018.
2. Петриченко А. А. 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: 03/01/2019

Ngày gửi phản biện: 22/02/2019

Ngày nhận phản biện: 02/04/2019

Ngày chấp nhận đăng: 10/06/2019

Từ khóa: dòng điện rò; mạng điện mỏ hỗn hợp; Mạch một chiều; 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

SUMMARY

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