

XÁC ĐỊNH DÒNG RÒ AN TOÀN KHOẢNH KHẮC CHO MẠNG ĐIỆN MỎ HẦM LÒ ĐIỆN ÁP 1140 V KHI ÁP DỤNG GIẢI PHÁP NỐI NGẮN MẠCH PHA

KIM NGỌC LINH

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: kimngoclinhddt@yahoo.com

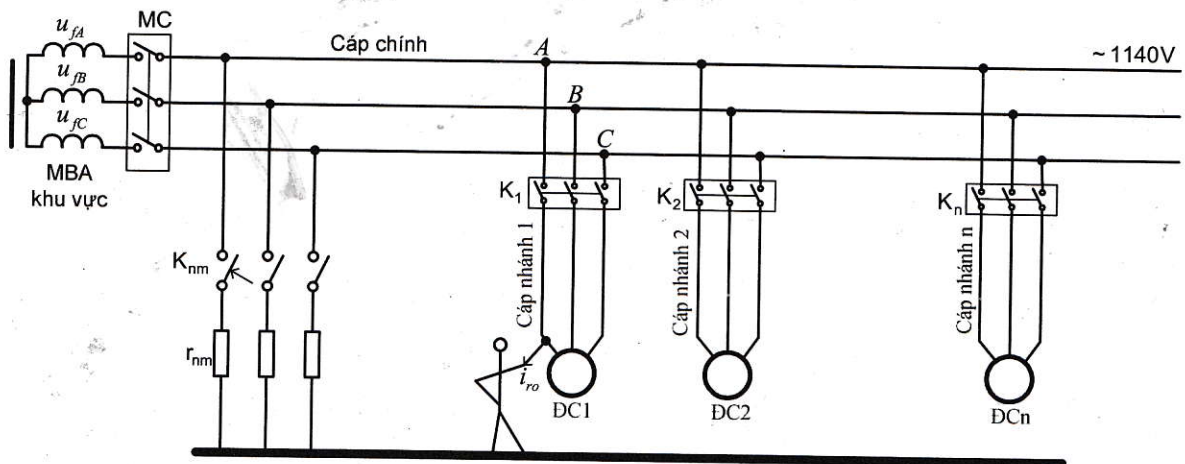
Trong mạng điện mỏ hầm lò điện áp 1140 V có các động cơ công suất hàng trăm kW hoạt động nên khi ngắt động cơ khỏi lưới, có thể còn tồn tại dòng điện rò do sức điện động ngược của các động cơ gây ra, gây nguy hiểm cho con người. Vì vậy, để đảm bảo điều kiện an toàn điện giật, các rơle bảo vệ rò dùng cho mạng điện mỏ hầm lò điện áp 1140 V thường có thêm chức năng phát hiện và tự động nối ngắn mạch pha rò.

Các công thức cho phép tính I_{ak} hiện có chỉ nêu được quan hệ giữa trị số dòng an toàn khoảnh khắc với tổng thời gian tồn tại của dòng điện rò qua cơ thể người. Ví dụ, khi thời gian tồn tại của dòng rò

nằm trong khoảng $t \geq (0,1 \div 0,2)s$ có $I_{ak} = (10 + 10/t)$ [2]. Các công thức này chưa mô tả rõ ảnh hưởng của thời gian tác động của hệ thống bảo vệ, ảnh hưởng của thông số của động cơ và ảnh hưởng của điện trở nối ngắn mạch pha rò đến trị số của I_{ak} . Vì vậy, vấn đề nghiên cứu chọn dòng an toàn khoảnh khắc I_{ak} phù hợp với đặc điểm các mạng điện mỏ hầm lò điện áp 1140 V có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

1. Kết quả nghiên cứu

Xét sơ đồ cung cấp điện đơn giản cho một khu vực khai thác mỏ hầm lò sử dụng cấp điện áp 1140 V như mô tả trong H.1.



H.1. Sơ đồ cung cấp điện khu vực mỏ hầm lò điện áp 1140 V

MC là tiếp điểm của máy cắt ở đầu đường cáp chính; K_1, K_2, \dots, K_n là tiếp điểm của các công tắc tơ trong các khởi động từ điều khiển động cơ của các máy công tác; K_{nm} là tiếp điểm và r_{nm} là điện trở nối ngắn mạch pha rò. Giả thiết con người chạm vào một pha của cáp nhánh 1. Khi con người chạm vào

một pha của mạng sẽ có dòng điện rò qua người. Với giả thiết lấy thời điểm con người chạm vào là gốc thời gian và coi rằng rơle rò lắp ở đầu đường cáp chính sẽ tác động làm máy cắt MC cắt được nguồn cấp điện ta có đồ thị mô tả sự biến thiên của dòng điện rò qua người như trên H.2 [1], [3].

theo điều kiện $Q=(t_c+0,456.T_{nDC}).I_{ro} \leq Q_{at}=50$ mAs. Suy ra dòng an toàn khoảng khác xác định như sau:

$$I_{ak} = \frac{50}{t_c + 0,456T_{nDC}}, \text{ mA} \quad (9)$$

❖ Trường hợp áp dụng giải pháp nối ngắn mạch pha và thời điểm nối ngắn mạch diễn ra sau thời điểm cắt nguồn ($t_{nm} > t_c$), đồ thị biến thiên của dòng điện rò qua người như trên H.3, trong đó ký hiệu t_{nm} là thời điểm nối ngắn mạch pha rò.

Nếu bỏ qua sự thay đổi về tần số góc điện áp stato động cơ, dòng điện rò chạy qua cơ thể người được xác định theo các biểu thức (10) đến (13).

Trong khoảng T_2 :

$$i_{ro} = \sqrt{2}I_{ro} \sin(\omega t + \psi) \quad (10)$$

Trong khoảng $t_c \div t_{nm}$:

$$i_{ro} = \sqrt{2}I_{ro} e^{-\frac{t}{T_{nDC}}} \sin(\omega t + \psi) \quad (11)$$

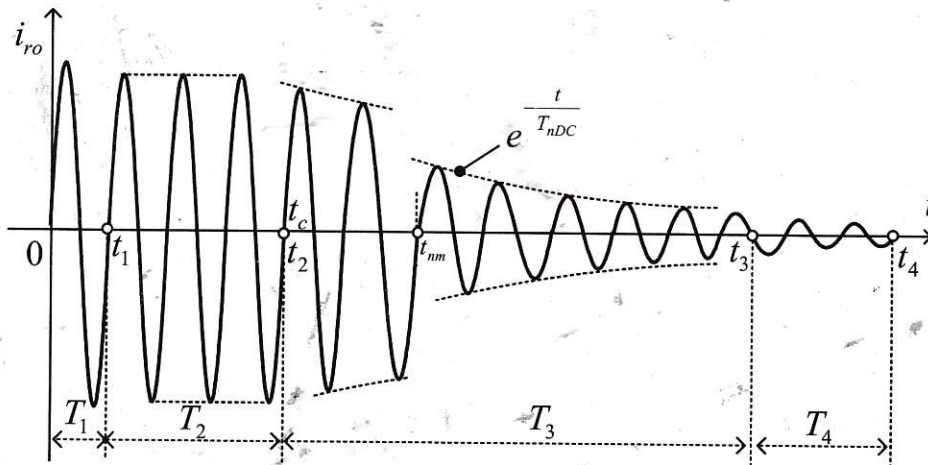
Trong khoảng $t_{nm} \div t_3$:

$$i_{ro} = \frac{\sqrt{2}I_{ro}}{k} e^{-\frac{t}{T_{nDC}}} \sin(\omega t + \psi) \quad (12)$$

Trong khoảng $t_3 \div t_4$:

$$i_{ro} = \sqrt{2}I'_{ro} e^{-\frac{t}{T_{nDC}}} \sin(\omega t + \psi_1) \quad (13)$$

Trong đó: $k=(I_{ro}/I_{ronm})=(1+R_{ro}/r_{nm})$; I_{ro} - Dòng rò qua người khi chưa nối ngắn mạch; I_{ronm} - Dòng rò qua người sau khi nối ngắn mạch; R_{ro} - Điện trở rò; r_{nm} - Điện trở nối ngắn mạch.



H.3. Đồ thị mô tả sự biến thiên của dòng điện rò qua người khi áp dụng giải pháp nối ngắn mạch pha rò (trường hợp $t_{nm} > t_c$)

Tổng điện lượng qua người bằng

$$Q \approx (t_c - t_{qtqd})I_{ro} + 0,76I_{ro}(t_{nm} - t_c) + [T_3 - (t_{nm} - t_c)] \frac{0,76I_{ro}}{k} \quad (14)$$

$$Q \approx t_c I_{ro} + 0,76I_{ro}(t_{nm} - t_c) + [0,6T_{nDC} - (t_{nm} - t_c)] \frac{0,76I_{ro}}{k} \quad (15)$$

$$Q \approx I_{ro}t_c + I_{ro} \frac{0,76}{k} [(k-1)(t_{nm} - t_c) + 0,6T_{nDC}] \quad (16)$$

Suy ra với $Q=Q_{at}$ có:

$$I_{ak} = \frac{Q_{at}}{t_c + \frac{0,76}{k} [(k-1)(t_{nm} - t_c) + 0,6T_{nDC}]} \quad (17)$$

Nếu lấy $Q_{at}=50$ mAs ta có công thức tính dòng an toàn khoảng khác:

$$I_{ak} = \frac{50}{t_c + 0,76 \frac{(k-1)(t_{nm} - t_c) + 0,6T_{nDC}}{k}}, \text{ mA} \quad (18)$$

Nếu không nối ngắn mạch thay $k=1$ vào (18) có $I_{ak}=50/(t_c+0,456T_{nDC})$, biểu thức này trùng với (9).

Nếu nối ngắn mạch và cắt mạng đồng thời thay $t_{nm}=t_c$ có $I_{ak}=50/[t_c+(0,456T_{nDC})/k]$.

❖ Trường hợp áp dụng giải pháp nối ngắn mạch pha và thời điểm nối ngắn mạch diễn ra trước thời điểm cắt nguồn ($t_{nm} < t_c$), đồ thị biến thiên của dòng điện rò qua người như trong H.4.

Trong trường hợp này dòng điện rò chạy qua cơ thể người được xác định theo các biểu thức (19) đến (22).

Trong khoảng $t_1 \div t_{nm}$:

$$i_{ro} = \sqrt{2}I_{ro} \sin(\omega t + \psi) \quad (19)$$

Trong khoảng $t_{nm} \div t_2$:

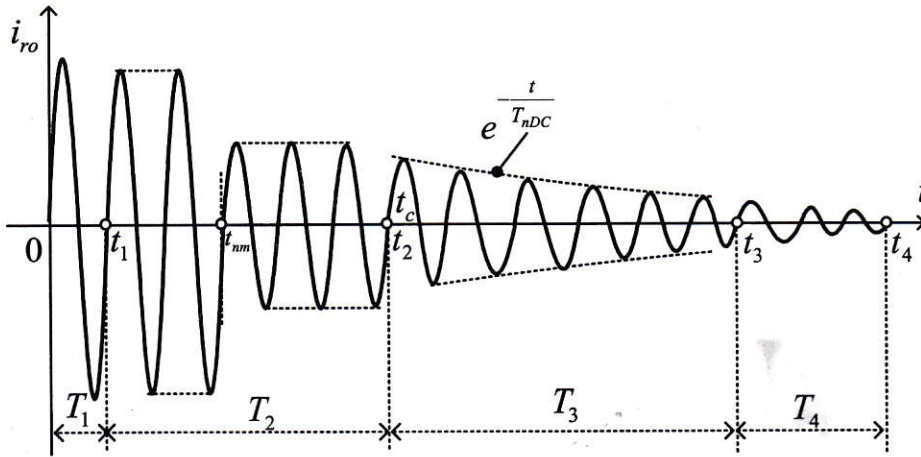
$$i_{ro} = \frac{\sqrt{2}I_{ro}}{k} \sin(\omega t + \psi) \quad (20)$$

Trong khoảng $t_2 \div t_3$:

$$i_{ro} = \frac{\sqrt{2}I_{ro}}{k} e^{\frac{t}{T_{nDC}}} \sin(\omega t + \psi) \quad (21)$$

Trong khoảng $t_3 \div t_4$:

$$i_{ro} = \sqrt{2}I'_{ro} e^{\frac{t}{T_{DC}}} \sin(\omega_1 t + \psi_1) \quad (22)$$



H.4. Đồ thị mô tả sự biến thiên của dòng điện rò qua người khi áp dụng giải pháp nối ngắn mạch pha rò (trường hợp $t_{nm} < t_c$)

Tổng điện lượng qua người khi đó bằng:

$$Q \approx I_{ro}(t_{nm} - t_{qtqd})I_{ro} + \frac{I_{ro}}{k}(t_c - t_{nm}) + 0,76 \frac{I_{ro}}{k} T_3 \quad (23)$$

$$Q \approx I_{ro} t_{nm} + \frac{I_{ro}}{k}(t_c - t_{nm}) + 0,76 \frac{I_{ro}}{k} 0,6T_{nDC} \quad (24)$$

$$Q \approx I_{ro} \frac{(k-1)t_{nm} + t_c + 0,456T_{nDC}}{k} \quad (25)$$

Suy ra dòng an toàn khoảng khác bằng:

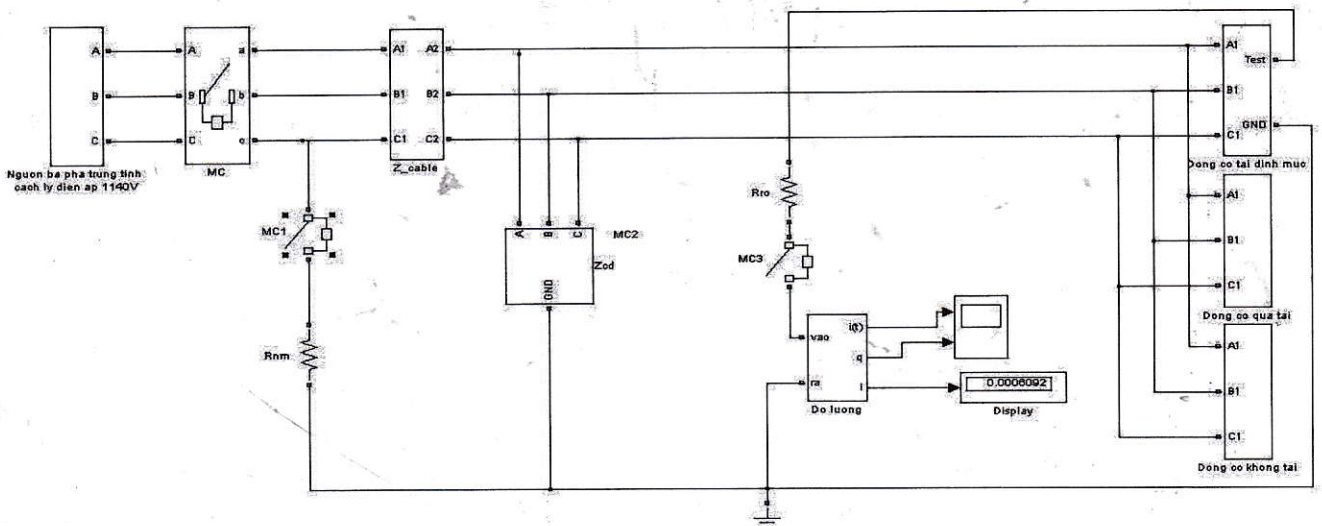
$$I_{ak} = \frac{50k}{(k-1)t_{nm} + t_c + 0,456T_{nDC}} \quad (26)$$

Nếu không nối ngắn mạch, thay $k=1$ vào (26) có

$I_{ak}=50/(t_c+0,456T_{nDC})$. Nếu nối ngắn mạch và cắt mạng đồng thời $t_{nm}=t_c$ có $I_{ak}=50/[t_c+(0,456T_{nDC})/k]$. Vậy các trường hợp giới hạn của (18) và (26) đều trùng nhau. Điều này nói lên độ chính xác trong các công thức tính dòng an toàn khoảng khác (18) và (26).

Các công thức (18) và (26) có tính tổng quát vì nó mô tả được ảnh hưởng của nhiều yếu tố như thời gian cắt của máy cắt, hằng số thời gian của động cơ, thời gian nối ngắn mạch và trị số của điện trở nối ngắn mạch đến dòng rò an toàn khoảng khác.

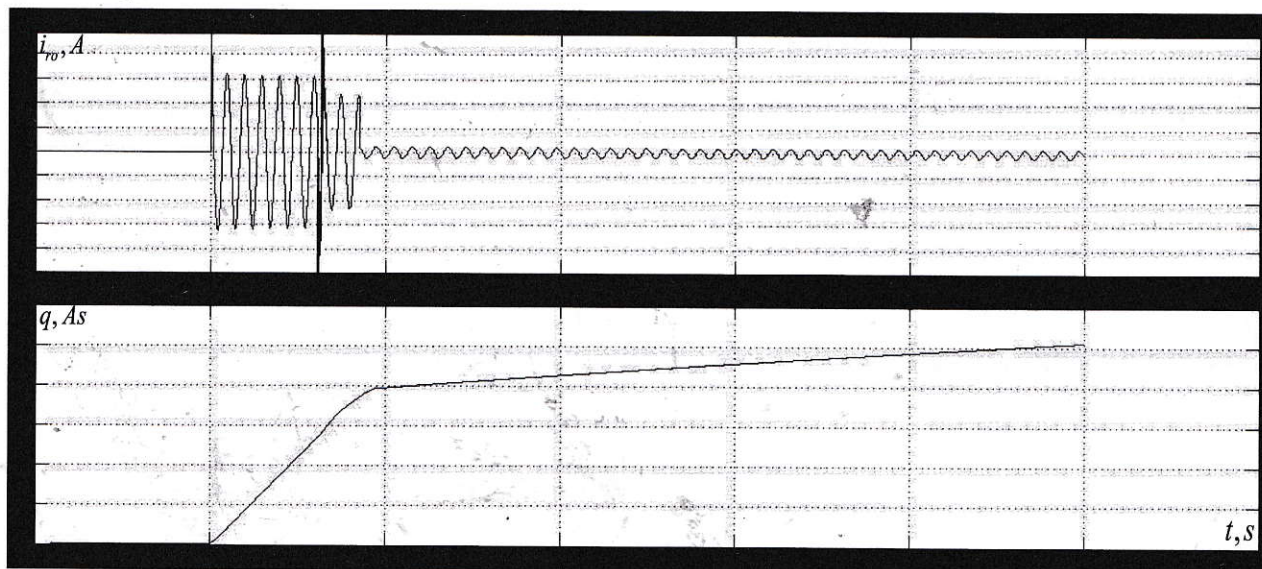
❖ Để kiểm nghiệm sự tin cậy của các công thức (18) và (26) đã tiến hành mô phỏng trên Matlab Simulink. Mô hình mô phỏng trên H.5.



H.5. Mô hình Matlab Simulink kiểm nghiệm công thức tính I_{ak}

❖ Trường hợp nối ngắn mạch sau khi cắt nguồn ($t_{nm} > t_c$), với $R_{r0} = 1 \text{ k}\Omega$; $r_{nm} = 100 \text{ }\Omega$ có $k = (1 + R_{r0}/r_{nm}) = 1 + 1000/100 = 11$; $t_{nm} = 0,17 \text{ s}$; $t_c = 0,12 \text{ s}$; $T_{nDC} = 1,5 \text{ s}$ áp dụng (18) có $I_{ak} = 230 \text{ mA}$. Kết quả

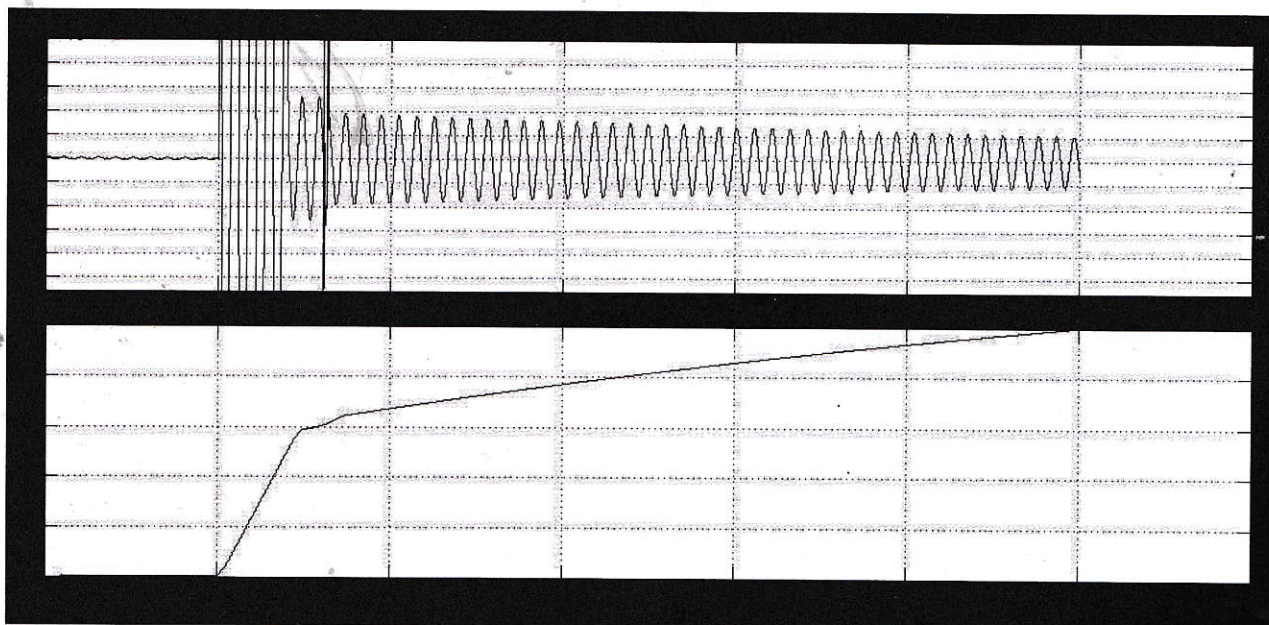
mô phỏng trên hình H.6 cho thấy với $I_{ak} = 230 \text{ mA}$, điện lượng qua người ở thời điểm hở mạch công tắc tơ bằng khoảng 50 mAs, tức là phù hợp với kết quả tính toán.



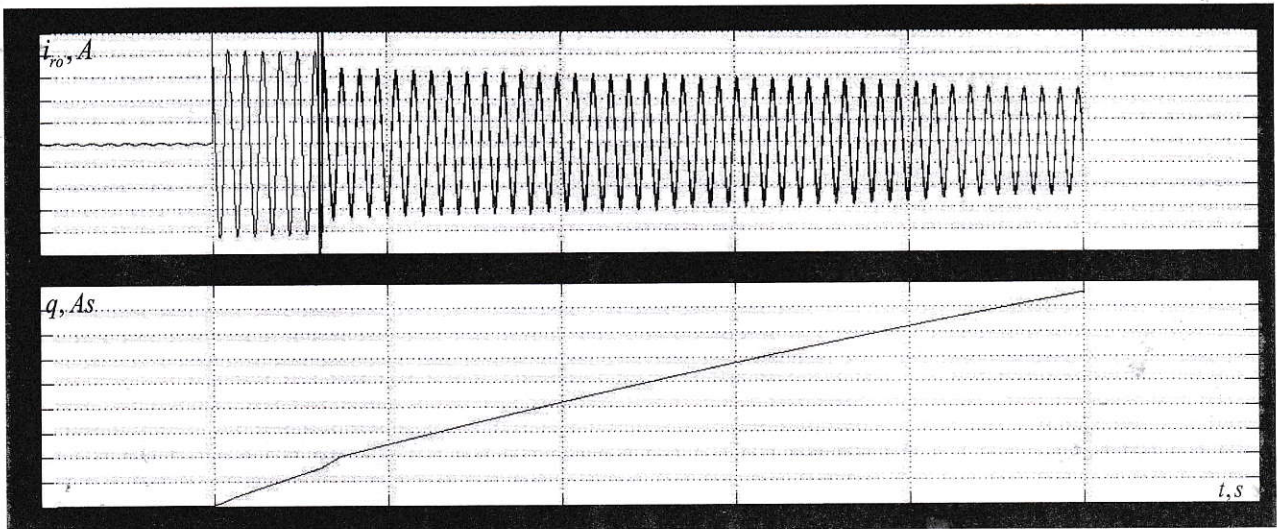
H.6. Dòng rò và điện lượng qua người khi chọn $I_{ak} = 230 \text{ mA}$ (trường hợp $t_{nm} > t_c$)

❖ Trường hợp nối ngắn mạch trước khi cắt nguồn ($t_{nm} < t_c$), với $R_{r0} = 1 \text{ k}\Omega$; $r_{nm} = 100 \text{ }\Omega$ có $k = (1 + R_{r0}/r_{nm}) = 1 + 1000/100 = 11$; $t_{nm} = 0,08 \text{ s}$; $t_c = 0,12 \text{ s}$; $T_{nDC} = 1,5 \text{ s}$ áp dụng (26) có $I_{ak} = 343 \text{ mA}$. Kết quả mô phỏng trên hình H.7 cho thấy với $I_{ak} = 230 \text{ mA}$, điện lượng qua người ở thời điểm hở mạch công tắc tơ bằng khoảng 50 mAs, tức là phù hợp với kết quả tính toán.

❖ Trường hợp không nối ngắn mạch, thay $k=1$ vào (18) hoặc (26) tính được $I_{ak} = 60 \text{ mA}$. Kết quả mô phỏng nêu trên H.8. Kết quả mô phỏng cho thấy với $I_{ak} = 60 \text{ mA}$, khi không nối ngắn mạch pha, điện lượng qua người ở thời điểm hở mạch công tắc tơ bằng khoảng gần 50 mAs, tức là cũng phù hợp với kết quả tính toán.



H.7. Dòng rò và điện lượng qua người khi chọn $I_{ak} = 343 \text{ mA}$ (trường hợp $t_{nm} < t_c$)



H.8. Dòng rò và điện lượng qua người khi chọn $I_{ak}=60mA$ (trường hợp $r_{nm}=\infty$)

2. Kết luận

❖ Khi chọn dòng rò an toàn khoảng khắc cho mạng điện mỏ hầm lò điện áp 1140V có thể sử dụng các công thức (18) (khi $t_{nm} \geq t_c$) hoặc (26) (khi $t_{nm} \leq t_c$).

❖ Các công thức này có tính tổng quát vì nó mô tả được ảnh hưởng của nhiều yếu tố như thời gian cắt của máy cắt, hằng số thời gian của động cơ, thời gian nối ngắn mạch và trị số của điện trở nối ngắn mạch đến dòng rò an toàn khoảng khắc.

❖ Mức độ chính xác của công thức (18) và (26) đã được chứng minh ở hai trường hợp biên $k=1$ và $t_{nm}=t_c$. Đồng thời, chúng đã được kiểm nghiệm trên mô hình mô phỏng Matlab Simulink trong các trường hợp khác nhau.

❖ Những kết quả được trình bày trong bài báo này còn có thể áp dụng cho các mạng điện mỏ hầm lò điện áp 660 V và các mạng trung áp mỏ, điện áp 6 kV. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kim Ngoc Linh, Nguyen Thac Khanh, Kim Cam Anh (2016), Determination of short-duration safe current for 1140V underground coal mine electrical networks using the grounded leakage phase solution, Proceedings of the International Conferences on Earth Sciences and Sustainable Geo-resources Development - ESASGD 2016 (Session: Advances in Electro-mechanics for Mining and Geo-resources development, Hanoi, November 14, 2016, pages. 58-63).

2. Шуцкий В.И., Ахлюстин В.К. (1979), Безопасность обслуживания электроустановок углеобогатительных фабрик, "Недра", Москва.

3. Ягудаев Б.М., Шишкин Н.Ф., Назаров В.В.

(1982), Защита от электропоражения в горной промышленности, "Недра", Москва.

Ngày nhận bài: 12/01/2017.

Ngày gửi phản biện: 01/03/2017

Ngày nhận phản biện: 16/04/2017

Ngày chấp nhận đăng bài: 15/06/2017

Từ khóa: mạng điện mỏ hầm lò; điện áp 1140 V; động cơ công suất lớn; sức điện động ngược của động cơ; an toàn điện giật; bảo vệ rò cho mạng điện mỏ hầm lò; dòng an toàn khoảng khắc

SUMMARY

In 1140 V mine electrical networks there are a numbers of motors with a large capacity, up to hundreds kW and when the motor is disconnected from the grid, there may be a current leakage appearance created by the reverse power from the motors, causing dangerous for humans. To ensure the safety conditions of electrical shock, the protective relays commonly added detectible and automatic grounded the leakage phase functions. The paper mentions to the general formula for calculation of the short-duration safe current passing through human body, when single phase ground fault exist at the mine networks, using the grounded leakage phase solution.