

PHÂN TÍCH MỨC ĐỘ QUÁ ĐIỆN ÁP KHI XẢY RA CHẠM ĐẤT MỘT PHA TRONG MẠNG ĐIỆN 6 KV CÓ TRUNG TÍNH CÁCH LY

ThS. HỒ VIỆT BUN
Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Sự cố chạm đất một pha trong mạng điện 6 KV có trung tính cách ly chiếm đến 75 % tổng các sự cố trong mạng [2] và là nguyên nhân chính của hầu hết các vụ tai nạn, tăng khả năng quá điện áp trong mạng, suy giảm cách điện của các thiết bị điện và độ tin cậy cung cấp điện.

Lỗi chạm đất một pha trong mạng trung tính cách ly có thể được xem là nhiều và liên tục nhất. Quá trình nhiều và liên tục lỗi chạm đất một pha luôn đi kèm với một dao động tần số cao gây ra quá điện áp trên các phần tử nguồn điện [2, 3]. Với sự cố chạm đất một pha còn gây ra hiện tượng quá điện áp.

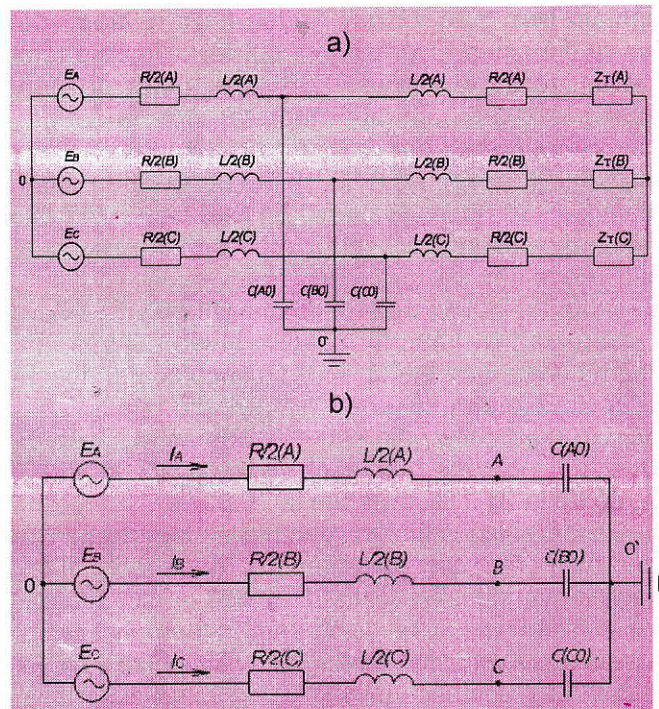
1. Nội dung và kết quả nghiên cứu

Nội dung của nghiên cứu này là mô tả lý thuyết của quá độ sự cố chạm đất một pha trong mạng điện 6 KV đơn giản. Phân tích được thực hiện theo phương pháp cổ điển với các giả định sau: không tính đến thông số của nguồn điện, bỏ qua điện dung của máy biến áp và giữa các pha, xét mạng ở chế độ đối xứng. Mạng điện 6 KV tương đương đơn giản được mô tả trên H.1.a.

Để phân tích quá điện áp với một pha chạm đất được thực hiện mạch tương đương, có tính đến các thông số của quá trình chuyển đổi trong mạch chạm đất một pha (H.1.b), ta xem xét mạng điện 6 KV ở chế độ đối xứng:

Khi $X_C \gg X_L$, điện áp trên các pha so với điện dung của các pha xuống đất:

$$\begin{cases} \dot{U}_{A0'} \approx \dot{E}_A = U_f \cdot e^{j0} = U_f \cdot \sin \omega t \\ \dot{U}_{B0'} \approx \dot{E}_B = U_f \cdot e^{-j120} = U_f \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ \dot{U}_{C0'} \approx \dot{E}_C = U_f \cdot e^{j120} = U_f \cdot \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right) \end{cases} \quad (1)$$



H.1. Sơ đồ mạng điện 6 KV có trung tính cách ly: a - Mạch tương đương đơn giản; b - Mạch tương đương với điện dung của pha so với đất; E - Sức điện động pha, R - Điện trở pha của đường dây; L - Điện cảm pha của đường dây; Z_T - Tải pha; C - Điện dung pha so với đất.

Cho pha A chạm xuống đất:

$$X_{CA} = 0; X_{CB} = X_{CC} = X_C$$

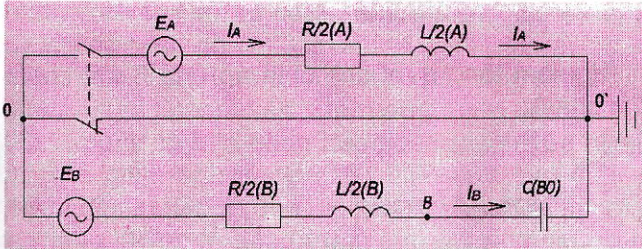
Điện áp giữa các nút 0 và 0' được xác định:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{00'} &= \dot{E}_A \frac{Z_B - Z_A}{Z_B + 2Z_A} = \dot{E}_A \frac{X_C - X_{CA}}{X_C + 2X_{CA}} \\ &= \dot{E}_A \frac{X_C}{X_C} = \dot{E}_A = U_f \cdot e^{j0} = U_f \cdot \sin \omega t \end{aligned} \quad (2)$$

Điện áp ở các pha khi pha A chạm đất biểu thức (1) trở thành:

$$\begin{cases} \dot{U}_{A0'} = \dot{E}_A - \dot{U}_{00'} = \dot{E}_A - \dot{E}_A = 0 \\ \dot{U}_{B0'} = \dot{E}_B - \dot{U}_{00'} = \dot{E}_B - \dot{E}_A = \sqrt{3} \cdot U_f \cdot e^{-j\frac{5\pi}{6}} \\ \dot{U}_{C0'} = \dot{E}_C - \dot{U}_{00'} = \dot{E}_C - \dot{E}_A = \sqrt{3} \cdot U_f \cdot e^{j\frac{5\pi}{6}} \end{cases} \quad (3)$$

Xem xét quá độ điện áp pha (B) khi pha A chạm đất (H.3) cho thấy các mạch tương đương có tính đến chế độ làm việc của pha (B) trước và sau khi chạm đất pha A.



H.3. Mạch điện tương đương cho pha B khi xét pha A chạm đất

Đối với mạch điện pha B hình thành sau khi chuyển đổi, phương trình Kirchoff có dạng [1]:

$$U_R + U_L + U_C = U_{AB} \quad (4)$$

Trong biểu thức (3) thay thế công thức $U_L = L di/dt$, $i = C dU_C/dt$:

$$LC \frac{d^2 U_C}{dt^2} + RC \frac{dU_C}{dt} + U_C = U_{AB} \quad (5)$$

Biểu thức (5) phương trình vi phân bậc hai không thuần nhất. Giải phương trình điện áp quá độ của pha B khi pha A chạm đất bao gồm một thành phần xác lập và tự do:

$$U_C = U_{CxI} + U_{Ctd} \quad (6)$$

Tổng trở của mạch sau khi chuyển đổi:

$$Z_{B0'}(j\omega) = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \rightarrow \quad (7)$$

$$\rightarrow Z_{B0'}(p) = R + Lp + \frac{1}{Cp}$$

Phương trình đặc trưng:

$$\frac{LCp^2 + RCp + 1}{Cp} = 0 \rightarrow \quad (8)$$

$$LCp^2 + RCp + 1 = 0$$

Nghiệm của phương trình đặc trưng:

$$p_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm j \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = -\delta \pm j\omega_0 \quad (9)$$

Nghiệm tổng quát của điện áp thành phần tự do là một hàm có dạng:

$$U_{Ctd}(t) = A \cdot e^{-\delta t} \cdot \sin(\omega_0 t + v) \quad (10)$$

Mà ta có biểu thức:

$$\frac{dU_{Ctd}}{dt} = -A\delta e^{-\delta t} \cdot \sin(\omega_0 t + v) + A\omega_0 e^{-\delta t} \cdot \cos(\omega_0 t + v) \quad (11)$$

Tại $t=0$, các biểu thức (10) và (11) sẽ có dạng như sau:

$$\begin{aligned} U_{Ctd}(0_+) &= A \cdot \sin(v); \\ \frac{dU_{Ctd}(0_+)}{dt} &= -A \cdot \delta \cdot \sin(v) + A \cdot \omega_0 \cdot \cos(v) \end{aligned} \quad (12)$$

Giả sử thời điểm pha A chạm đất là α , điện áp pha B trước thời điểm chạm đất có dạng:

$$U_C(0_-) = U_f \cdot \sin\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right) \quad (13)$$

Điện áp thành phần xác lập vào thời điểm sau khi chạm đất:

$$U_{CxI}(0_+) = \sqrt{3} \cdot U_f \cdot \sin\left(\alpha - \frac{5\pi}{6}\right) \quad (14)$$

Mà ta có:

$$\begin{aligned} U_{Ctd}(0_+) &= U_C(0_-) - U_{CxI}(0_+) \rightarrow \\ U_{Ctd}(0_+) &= U_f \cdot \sin\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right) - \sqrt{3} \cdot U_f \cdot \sin\left(\alpha - \frac{5\pi}{6}\right) = \\ &= U_f \left[\sin\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right) - \sqrt{3} \cdot \sin\left(\alpha - \frac{5\pi}{6}\right) \right] \end{aligned} \quad (15)$$

Để xác định đạo hàm (12) thể hiện dòng điện i thông qua U_C :

$$\begin{aligned} i &= C \frac{dU_C}{dt} \rightarrow \frac{dU_C}{dt} = \frac{i}{C} \rightarrow \\ \rightarrow \frac{dU_{Ctd}(0_+)}{dt} &= \frac{i_{td}(0_+)}{C} \end{aligned} \quad (16)$$

Dòng điện tại thời điểm trước và sau khi chạm đất:

$$\begin{aligned} i(0_-) &= \frac{\dot{E}_B}{Z} \approx \frac{U_f \cdot e^{j\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right)}}{Z \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}}}; \\ i_{xI}(0_+) &= \frac{\dot{U}_{B0'}}{Z} \approx \frac{\sqrt{3} \cdot U_f \cdot e^{j\left(\alpha - \frac{5\pi}{6}\right)}}{Z \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}}} \end{aligned} \quad (17)$$

Mà ta có: $i_{td}(0_+) = i(0_-) - i_{xI}(0_+) \rightarrow$

$$\begin{aligned} i_{td}(0_+) &= \frac{U_f \cdot e^{j\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right)}}{Z \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}}} - \frac{\sqrt{3} \cdot U_f \cdot e^{j\left(\alpha - \frac{5\pi}{6}\right)}}{Z \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}}} = \\ &= \frac{U_f}{Z \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}}} \left[e^{j\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right)} - \sqrt{3} \cdot e^{j\left(\alpha - \frac{5\pi}{6}\right)} \right] \end{aligned} \quad (18)$$

$$\frac{dU_{Ctd}(0_+)}{dt} = \frac{i_{td}(0_+)}{C} = \frac{U_f}{Z.C.e^{-j\frac{\pi}{2}}} \left[e^{j\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right)} - \sqrt{3}.e^{j\left(\alpha - \frac{5\pi}{6}\right)} \right] \quad (19)$$

Sử dụng (14), (18) và (11) cho điện áp pha B sẽ là:

$$\begin{cases} A.\sin(v) = U_f \left[\sin\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right) - \sqrt{3}.\sin\left(\alpha - \frac{5\pi}{6}\right) \right] \\ -A.\delta.\sin(v) + A.\omega_0.\cos(v) = \\ = \frac{U_f}{Z.C.e^{-j\frac{\pi}{2}}} \left[e^{j\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right)} - \sqrt{3}.e^{j\left(\alpha - \frac{5\pi}{6}\right)} \right] \end{cases} \quad (20)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} A = \frac{U_f \left[\sin\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right) - \sqrt{3}.\sin\left(\alpha - \frac{5\pi}{6}\right) \right]}{\sin \left[\text{arcctg} \left(\frac{1}{Z.C.e^{-j\frac{\pi}{2}\omega_0}} + \frac{1}{\delta.\omega_0} \right) \right]} \\ v = \text{arcctg} \left(\frac{1}{Z.C.e^{-j\frac{\pi}{2}\omega_0}} + \frac{1}{\delta.\omega_0} \right) \end{cases} \quad (21)$$

Nghiệm tổng quát cho điện áp pha B khi chạm đất pha A:

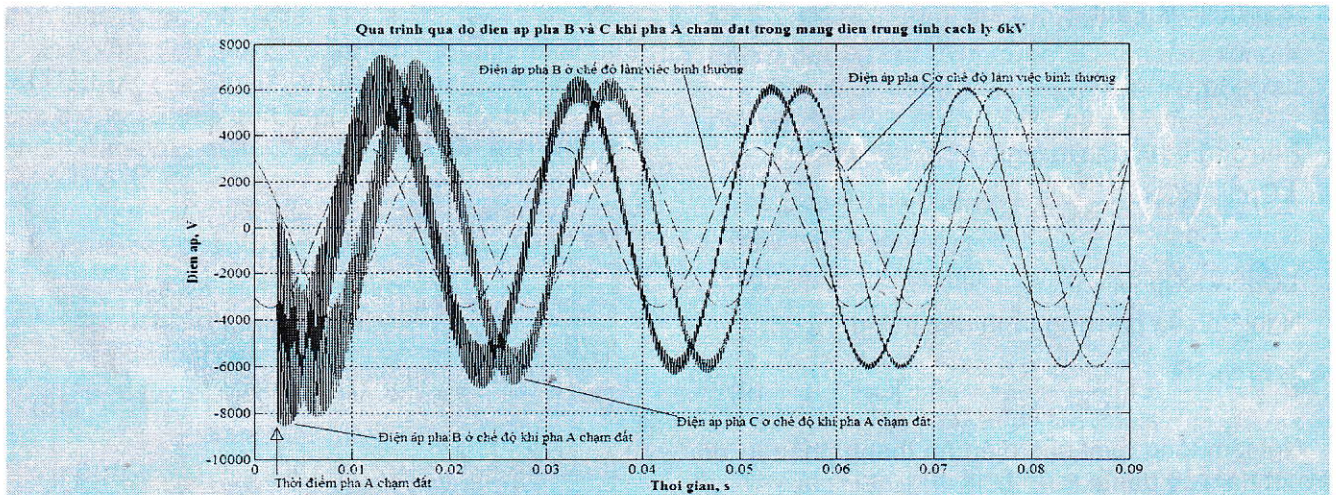
$$U_C = \sqrt{3}.U_f.\sin\left(\omega t - \frac{5\pi}{6}\right) + \frac{U_f \left[\sin\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right) - \sqrt{3}.\sin\left(\alpha - \frac{5\pi}{6}\right) \right]}{\sin \left[\text{arcctg} \left(\frac{1}{Z.C.e^{-j\frac{\pi}{2}\omega_0}} + \frac{1}{\delta.\omega_0} \right) \right]} .e^{-\delta t}.\sin \left[\omega_0 t + \text{arcctg} \left(\frac{1}{Z.C.e^{-j\frac{\pi}{2}\omega_0}} + \frac{1}{\delta.\omega_0} \right) \right] \quad (22)$$

Tương tự với cách biến đổi như trên thu được phương trình điện áp pha C trong các thời điểm khác nhau của pha A chạm đất là:

$$U_C = \sqrt{3}.U_f.\sin\left(\omega t + \frac{5\pi}{6}\right) + \frac{U_f \left[\sin\left(\alpha + \frac{2\pi}{3}\right) - \sqrt{3}.\sin\left(\alpha + \frac{5\pi}{6}\right) \right]}{\sin \left[\text{arcctg} \left(\frac{1}{Z.C.e^{-j\frac{\pi}{2}\omega_0}} + \frac{1}{\delta.\omega_0} \right) \right]} .e^{-\delta t}.\sin \left[\omega_0 t + \text{arcctg} \left(\frac{1}{Z.C.e^{-j\frac{\pi}{2}\omega_0}} + \frac{1}{\delta.\omega_0} \right) \right] \quad (23)$$

Trên cơ sở biểu thức trên có thể xây dựng được dạng sóng điện áp quá độ pha B và C cho những khoảng thời gian khác nhau khi chạm đất pha A, ví dụ như trên H.4, với các thông số của mạng như sau: C=1,83.10⁻⁶F; L=0,92.10⁻³H; R=0,29 Ω; U=6 kV. Qua

kết quả của nghiên cứu quá độ điện áp dạng sóng của các pha không bị chạm đất với một pha chạm đất thấy rằng giá trị của biên độ điện áp ban đầu trên các pha không sự cố đường dây 6 kV khi chạm đất một pha có các giá trị khác nhau trên một phạm vi rộng.



H.4. Quá trình quá độ điện áp pha B và C khi pha A chạm đất

H.4 cho thấy sự phụ thuộc của điện áp pha B và C vào thời điểm pha A chạm đất. Quá điện áp ban đầu trong hình được tính như một phần của giá trị tức thời tối đa của điện áp pha.

3. Kết luận

❖ Trong mạng có điện cảm và điện dung quá độ khi chạm đất một pha thường bao gồm quá điện áp, trong đó điện áp trên các pha không bị sự cố có thể vượt quá $2,1 \div 2,5.U_f$. Với pha chạm đất trong điều kiện nhất định, trong mạng có thể xuất hiện quá điện áp hồ quang, quá trình quá độ điện áp hồ quang ở pha bị sự cố có thể đạt giá trị $- 2,2.U_f$, và pha không bị sự cố là $- 3,2.U_f$.

❖ Với biên độ quá điện áp có khả năng làm suy yếu tình trạng cách điện của mạng trung tính cách ly 6kV, nguy cơ khả năng làm ngắn mạch kép qua đất, làm giảm tình trạng cách điện của cáp điện, thiết bị điện. Mức độ quá điện áp khi chạm đất một pha cũng là yếu tố quan trọng làm giảm độ tin cậy trong hệ thống cung cấp điện. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kim Ngọc Linh, Đào Đắc Tuyên, Uông Văn Quang, Nguyễn Thạch Khánh. Bài giảng Cơ sở lý thuyết mạch, tập 2. Đại học Mỏ-Địa chất 2001.

2. Лихачев, Ф.А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. М.: Энергия, 1971. 152 с.

3. Ф.Х. Халилов, Г.А. Евдокунин, В.С. Поляков и др.; Под ред. Ф.Х. Халилова, Г.А. Евдокунина, А.И. Таджикибаева. Защита сетей 6-35 кВ от перенапряжений - СПб.: Энергоатомиздат. 2002. - 272 с.

Người biên tập: Đào Đắc Tạo

SUMMARY

The single phase short circuit to the ground in 6 kV power network with neutral isolated accounted for 75 % of all incidents in the network and is the main cause of most accidents, improve the overvoltage, insulation deterioration of the electrical equipment and power supply reliability. In the paper author performed the analysis results of level overvoltage happens when single phase short circuit to the ground at the mine network.

PHÂN TÍCH MỘT SỐ...

(Tiếp theo trang 51)

4. Kết luận

Những khu cháy mỏ ở Đông Thăng ngoài nguyên nhân do than có tính tự cháy thì chủ yếu một phần cũng là do quá trình khai thác và đào bới trái phép, công nghệ lạc hậu, không xử lý những khu vực đã kết thúc khai thác. Đó chính là những yếu tố gây lên hiện tượng tự cháy. Do vậy trong quá trình khai thác mỏ đề nghị áp dụng những phương pháp tiên tiến, hạn chế để lại những trụ than, quán triệt theo nguyên tắc là "khai thác nhanh, sạch, đóng cửa mỏ cũng nhanh", rút ngắn thời gian để than và không khí tiếp xúc với nhau, nâng cao tỷ lệ thu hồi than. Trong thực tế hiện nay than phải được lấy "nhanh" để thực hiện công tác phòng chống cháy mỏ. Đồng thời đối với những khu vực khai thác nên áp dụng những biện pháp phòng chống cháy như bơm khí ni tơ [2], dung dịch các chất phụ gia chống cháy. Ngoài ra phải có những biện pháp quản lý chấp hành nghiêm chỉnh trong quá trình khai thác, xử lý những hành vi khai thác trái phép. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Báo cáo điều tra hiện trạng các khu vực cháy tại mỏ than Đông Thăng-Nội Mông Cổ-Trung Quốc.

2. Trương Kiến Dân. Nghiên cứu phòng chống cháy mỏ Trung Quốc. Bắc Kinh. Nhà xuất bản Công nghiệp than. 2008.

Người biên tập: Võ Trọng Hùng

SUMMARY

This paper reports the investigation through the mine fire area occurred in Dongsheng Coal Mine - Inner Mongolia - China conducted an analysis of the causes and characteristics described, as well as the influence of environmental wrapping mine area, classify the nature and origin of the fire and put forward proposals in the process of mining coal spontaneous combustion properties and measures to prevent mine.