



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>

Phương pháp và thiết bị phát hiện vị trí sự cố trên cáp điện

Đình Văn Thắng*

Khoa Cơ điện, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 15/6/2018

Chấp nhận 20/7/2018

Đăng online 31/8/2018

Từ khóa:

Thiết bị tìm kiếm

Phương pháp đo

Xung điện từ

Sóng điện từ

Cáp điện

TÓM TẮT

Trong vận hành hệ thống cung cấp điện mỏ, vấn đề khó khăn thường gặp là khắc phục nhanh các sự cố trên các tuyến cáp điện cho các phụ tải khi có sự cố rò, chạm chập pha xuống đất, chạm chập giữa các pha trong dây cáp do các nguyên nhân va đập cơ khí hay phóng điện do quá áp. Bài báo trình bày một phương pháp và đưa ra một sơ đồ thiết bị tìm kiếm nhanh vị trí điểm sự cố trên cáp điện nhằm nhanh chóng khắc phục sự cố hệ thống cung cấp điện mỏ, giảm thiểu thiệt hại kinh tế cho xí nghiệp do ngưng sản xuất. Phương pháp đo xung điện từ sử dụng máy phát phát xung vào đầu đường dây, xung lan truyền đến điểm sự cố rồi phản xạ trở lại. Một máy đếm thời gian sẽ đếm thời gian đi và về của xung, từ đó khoảng cách từ điểm đầu đến điểm sự cố được tính bằng vận tốc lan truyền sóng điện từ và chiều dài mà nó đi qua. Thiết bị tìm kiếm vị trí sự cố được xây dựng từ sơ đồ khối chức năng và sơ đồ nguyên lý ứng dụng các mạch điện tử số giúp hiển thị giá trị đo khoảng cách đầu cáp điện đến điểm sự cố được thuận lợi hơn cho người dùng. Nội dung bài viết cũng đi sâu phân tích nguyên lý hoạt động của thiết bị đo để làm sáng tỏ cơ chế hoạt động của nó.

© 2018 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Trong vận hành hệ thống cung cấp điện mỏ, vấn đề khó khăn thường gặp là khắc phục nhanh các sự cố trên các tuyến cáp điện cho các phụ tải khi có sự cố rò, chạm chập pha xuống đất, chạm chập giữa các pha trong dây cáp do các nguyên nhân va đập cơ khí hay phóng điện do quá áp. Điều kiện làm việc, sơ đồ cấu trúc mạng điện và đặc điểm diễn ra sự cố rất phức tạp và có phạm vi phân bố rộng. Cho tới nay, vẫn chưa có một phương pháp nào để tạo ra một thiết bị vạn năng để xác định đúng vị trí điểm sự cố xảy ra trên mọi dạng

lưới điện. Phụ thuộc vào loại mạng lưới truyền tải điện, vai trò của nó, các dạng sự cố xảy ra với hệ thống điện và trang thiết bị điện, mà việc tìm kiếm vị trí xảy ra sự cố có thể căn cứ vào trường hợp cụ thể mới đưa ra được thiết bị phù hợp.

Hiện nay, trên thế giới người ta thường dùng một số phương pháp và phương tiện kỹ thuật phục vụ tìm kiếm vị trí sự cố trên lưới điện là (Shalut, 1982):

- Phương pháp xác định vị trí sự cố theo khoảng cách;
- Phương pháp xác định vị trí sự cố Tô - pô;
- Phương pháp sóng một hướng và hai hướng;
- Phương pháp sóng dừng;
- Phương pháp mạch vòng;

*Tác giả liên hệ

E-mail: dinhvanthang@humg.edu.vn

- Phương pháp điện dung (để xác định cho trường hợp đứt dây pha).

Nguyên lý hoạt động của các thiết bị tìm kiếm vị trí sự cố theo khoảng cách là đo khoảng cách từ điểm bị sự cố đến điểm đầu hay cuối đường dây cáp điện. Nguyên lý hoạt động của các thiết bị tìm kiếm sự cố theo sơ đồ là tìm vị trí tọa độ điểm sự cố trên thực địa, nơi xảy ra trên thực tế sự cố về điện. Cả hai phương pháp tìm kiếm sự cố trên lưới điện đặc biệt thuận lợi, nhất là áp dụng cho mạng điện cao áp mỏ lộ thiên, nơi có lưới điện và trang thiết bị điện phân bố rải rác trên toàn bộ khai trường. Như vậy, với mọi loại mạng cung cấp điện công nghiệp hay khai khoáng, để tìm được vị trí điểm sự cố, trước tiên sử dụng phương pháp xác định khoảng cách trước rồi sau đó tìm vị trí thực địa của nó trên thực tế theo phương pháp thứ hai.

Phương pháp xung và phương pháp sóng dừng hay được sử dụng nhiều nhất. Với phương pháp xung, phép đo thực hiện dựa trên việc xác định khoảng thời gian truyền sóng xung điện từ lan truyền trên khoảng cách mà nó thực hiện.

Từ nguyên lý này, người ta sử dụng bộ đếm thời gian để đo thời gian xung từ máy phát phát ra đến khi gặp điểm sự cố nó phản xạ trở lại. Phương pháp xung đo hiện số là dùng máy phát sẽ phát xung vào đầu đường dây, xung lan truyền đến điểm sự cố rồi phản xạ trở lại. Một máy đếm thời gian sẽ đếm thời gian đi và về của xung, từ đó khoảng cách từ điểm đầu đến điểm sự cố được tính bằng:

$$\ell = t/2.v \tag{1}$$

Trong đó: v - vận tốc truyền sóng xung điện từ.

Phương pháp sóng hai hướng (Shalut, 1982) dựa trên cơ sở đo thời gian giữa hai thời điểm

sóng đi đến 2 đầu cuối đường dây xuất phát từ điểm sự cố (Hình 1). Khoảng cách từ điểm sự cố đến điểm xa nhất của tuyến dây là:

$$\ell = L/2 + (\Delta t/2).v \tag{2}$$

Trong đó: L - chiều dài cáp điện; Δt - khoảng thời gian giữa 2 sóng đến 2 đầu cáp; $\Delta t = t_2 - t_1 = \ell/v - (L - \ell)/v, \mu s$.

Khoảng thời gian Δt rất nhỏ (cỡ 1 vài micro giây), do vậy với độ chính xác này cần phải thiết kế bộ đếm đồng bộ tại hai đầu tuyến cáp có tần số đáp ứng cao.

Với phương pháp cao tần sử dụng để tìm kiếm vị trí điểm sự cố thường sử dụng phương pháp sóng dừng, dựa trên cơ sở đo tổng trở vào của đường dây có sự cố trong một dải tần số rất rộng. Người ta nối máy phát sóng tần số trượt và một đầu của đường dây bị sự cố thông qua một máy biến áp và một vôn kế. Bằng cách thay đổi tần số máy phát và ghi nhận chỉ số của vôn kế, rồi sau đó vẽ đường cong điện áp - tần số. Khoảng thời gian giữa hai đỉnh cực đại hay cực tiểu của điện áp ứng với tần số cộng hưởng:

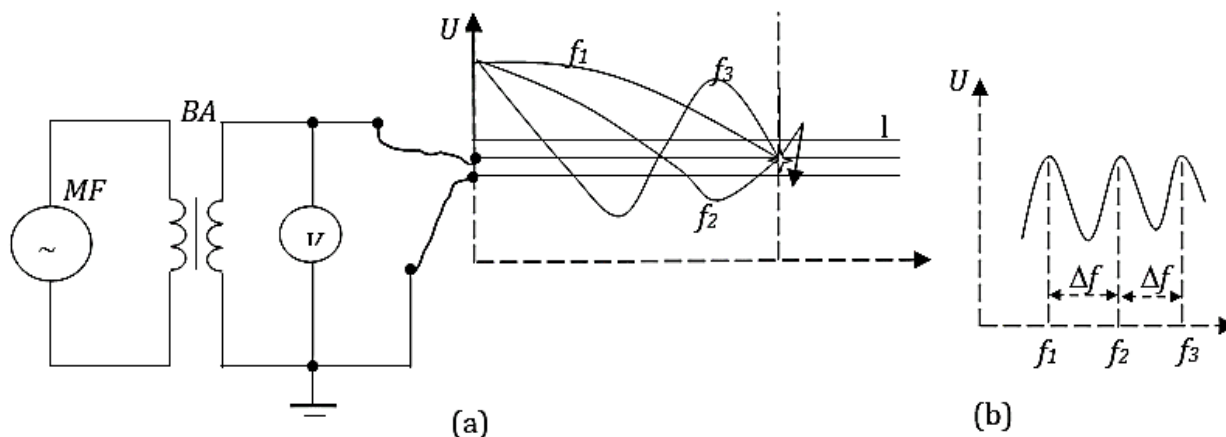
$$\Delta f_x = v/2\ell \tag{3}$$

Trong đó: ℓ - khoảng cách từ đầu đường dây đến điểm sự cố.

Khi ấy khoảng cách đến điểm sự cố là:

$$\ell = v/2\Delta f_x \tag{4}$$

Sự tồn tại của điện trở tiếp xúc tại điểm chạm đất sẽ ảnh hưởng đến tổng trở vào dẫn đến giảm vùng cộng hưởng tần số, cuối cùng dẫn đến phức tạp hóa của phương pháp này. Ngoài ra tính không đồng nhất của mạng điện (nhiều loại cáp điện khác nhau) sẽ làm xuất hiện thêm các sóng dừng phụ xếp chồng lên sóng chính càng khó khăn cho phép đo.



Hình 1. Phương pháp đo khoảng cách bằng sóng dừng.

Trong nhóm các phương pháp đo khoảng cách dùng tần số thấp, phương pháp đo thông số cáp điện ở chế độ sự cố hay sử dụng hơn cả (Shalut, 1982). Nguyên lý chung của phương pháp này là xác định các thành phần dòng và áp trên đoạn cáp, qua đó tính được khoảng cách từ đầu cáp điện đến điểm sự cố. Các thông số này được đo và ghi nhận tại thời điểm diễn ra sự cố nhờ thiết bị ghi thời gian thực. Phương pháp này cũng chia ra làm 2 cách: 1 - đo từ một phía và 2 - đo từ hai phía. Đo từ hai phía có thể loại trừ được ảnh hưởng của điện trở tiếp xúc đến kết quả xác định vị trí điểm sự cố trên cáp điện. Phương pháp đo thông số cáp điện ở chế độ sự cố áp dụng cho các mạng cáp điện cố định để xác định vị trí điểm ngắn mạch pha của đường dây tải điện cáp trần.

2. Thiết bị xác định khoảng cách điểm sự cố tuyến cáp điện cao áp

Hiện nay, bài toán đặt ra cho các nhà khoa học là xác định nhanh khoảng cách từ đầu cáp điện đến điểm sự cố với cáp điện thuần nhất khi chạm dây pha ra vỏ kim loại hay chạm xuống đất với điện trở tiếp xúc nhỏ (dưới 70Ω). Việc xác định khoảng cách từ đầu cáp đến điểm sự cố đối với tuyến có cả dây trần và cáp bọc sẽ gặp phải nhiều khó khăn (Pivniac and Skrabet, 1993).

Từ đặc thù cấu trúc của lưới điện, đặc điểm sự cố, có thể liệt kê một số yêu cầu đối với thiết bị đo như sau:

- Có khả năng đo được cả ở tuyến cáp điện đồng nhất và cả tuyến cáp điện hỗn hợp;
- Có bộ phận chống nhiễu (ảnh hưởng của các mối nối cáp, thiết bị đóng cắt),...;

- Có chiều dài đo lớn nhất có thể tính từ một đầu cáp đến điểm sự cố (không nhỏ hơn 10 km);

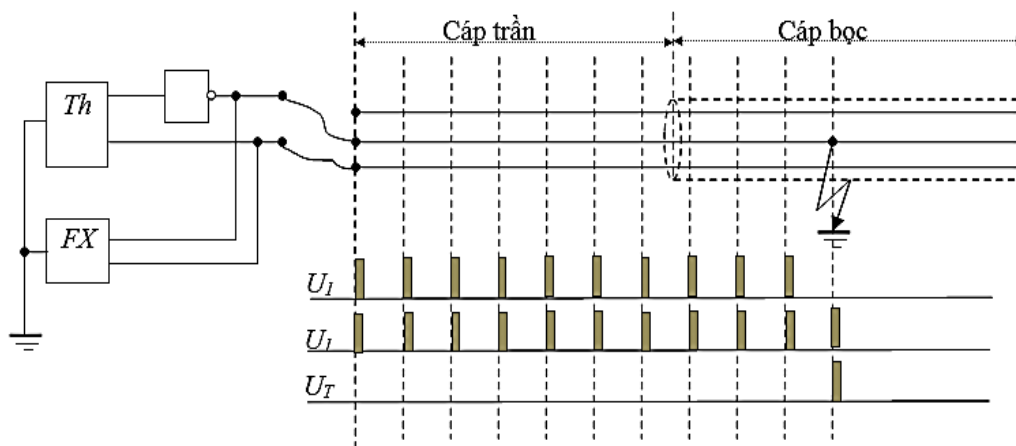
- Có khả năng đo được khoảng cách đến điểm sự cố trên cáp điện đồng nhất với các dạng chạm đất 1 pha, ngắn mạch giữa các pha;

- Độ nhạy đảm bảo đo khoảng cách với trường hợp điện trở tiếp xúc đến $1\text{ k}\Omega$;

- Sai lệch trị đo khoảng cách so với thực tế không vượt quá 10%.

Từ các phương pháp xác định vị trí điểm sự cố ở trên, phương pháp định vị vị trí điểm sự cố có ưu điểm và khả thi hơn cả để tìm kiếm vị trí điểm sự cố trên các mạng điện hiện nay. Nguyên lý của phương pháp này là gửi một xung điện áp vào một đầu cáp điện bị sự cố. Xung điện áp sẽ lan truyền từ đầu cáp đến điểm sự cố rồi phản xạ trở lại. Quá trình lan truyền năng lượng điện từ luôn diễn ra với vận tốc không đổi. Trong quá trình lan truyền sóng điện từ, năng lượng của nó suy giảm dần, đồng thời, hình dạng sóng bị biến dạng so với ban đầu. Quá trình lan truyền sóng điện từ phụ thuộc vào vật liệu, kích thước của vật dẫn, mối quan hệ tương hỗ giữa chúng, giữa chúng với mặt đất. Trong cáp điện đồng nhất, năng lượng đi theo các kênh riêng độc lập với nhau, còn khi có điểm bất đồng nhất, sóng điện từ bị phản xạ trở lại và bức xạ điện từ ra môi trường xung quanh.

Như vậy, với một đoạn cáp điện đồng nhất mà trên nó tồn tại điểm sự cố (chạm đất một pha, ngắn mạch pha, đứt pha), sóng xung điện từ sẽ đi từ một đầu cáp đến vị trí điểm sự cố rồi phản xạ trở lại điểm đầu xuất phát với quãng đường đi được bằng hai lần khoảng cách từ đầu cáp đến điểm sự cố.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý pháp tổ hợp định vị điểm sự cố.

Hình 2 giới thiệu sơ đồ nguyên lý phương pháp tổ hợp để định vị điểm sự cố. Bản chất của phương pháp này là sử dụng xung từ máy phát gửi vào 2 lõi dây cáp ba pha (một pha không sự cố và một pha sự cố), máy thu tín hiệu thực hiện tổng hợp xung của các pha theo nguyên tắc đảo xung của một pha. Đối với tuyến cáp đối xứng không đồng nhất, tín hiệu đến máy thu sẽ bù trừ cho nhau. Tín hiệu xung phản xạ từ điểm sự cố (ngắn mạch pha hay đứt pha) sẽ ghi nhận và đo khoảng cách từ đầu cáp đến vị trí sự cố. Hình 3 giới thiệu sơ đồ cấu trúc của thiết bị định vị điểm sự cố.

Trên sơ đồ khối của thiết bị định vị điểm sự cố của cáp điện (Hình 3) có những khối chức năng sau đây:

T_x - máy phát xung đồng bộ; F_i - khối tạo dạng xung đồng bộ; F_x - máy phát xung điện áp; MT - máy thu tín hiệu xung phản xạ từ điểm sự cố về đầu cáp; D - khối vi phân, tổng hợp các xung phản xạ từ điểm sự cố trở về máy thu; G_p - khối ghi nhận tín hiệu phản xạ cực tính âm; G_{ph} - khối ghi nhận tín hiệu phản xạ cực tính dương; R_g - Khối lưu trữ dữ liệu tạm thời để đánh dấu khoảng cách thời gian giữa xung phát đi và xung phản xạ thu về; D_p - khối hiển thị số về khoảng cách từ đầu cáp đến điểm sự cố.

Mức độ can nhiễu và độ nhạy, độ phân giải của thiết bị đo phần nhiều phụ thuộc vào tần số phát xung điện áp. Thực nghiệm đã chỉ ra rằng, khi tiến hành xác định điểm sự cố trên đoạn dây cáp trần của mỏ lộ thiên, tần số phát xung của máy phát xung nên điều chỉnh ở trong khoảng từ

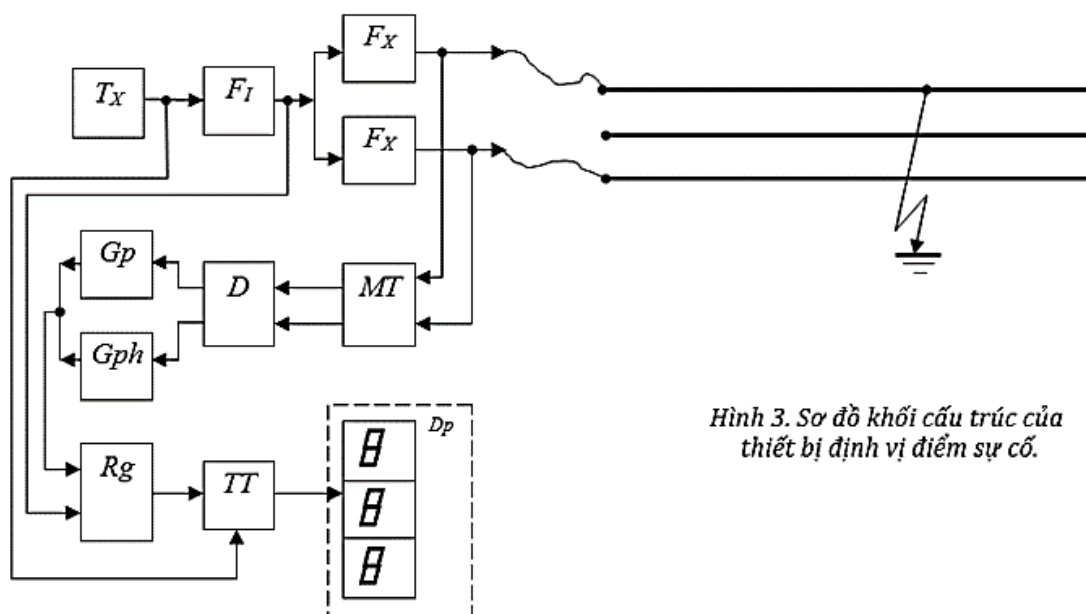
vài trăm kHz đến 10 MHz, còn tần xuất phát xung khoảng 50 đến 100 xung/ giây.

Hình 4 giới thiệu sơ đồ nguyên lý của thiết bị định vị điểm sự cố. Trong sơ đồ nguyên lý, để ổn định tần số của máy phát xung, sử dụng bộ dao động tinh thể thạch anh có tần số dao động 19,1 MHz. Máy phát xung đồng bộ được hình thành từ 2 cổng logic NAND. Bộ chia tần số sử dụng vi mạch đếm 6 bit DD2 và các Trigger DD3 - DD5. Bộ tạo dạng xung đồng bộ được xây dựng từ các phần tử NAND (DD13-DD14). Tần xuất phát xung do phần tử DD5 tạo ra còn độ rộng xung do bộ đếm DD2 quyết định.

Nguyên lý hoạt động của thiết bị như sau:

- Tại cửa vào của bộ đếm DD2 có tín hiệu xung từ máy phát xung đồng bộ với chu kỳ xung là $0,05\mu s$. Sau bộ chia tần DD2-DD5 tại cửa ra của nó xuất hiện xung âm với độ rộng bằng $0,02\mu s$ và tần xuất xuất hiện xung này có chu kỳ bằng 14,3 ms. Tín hiệu xung ra sau bộ chia tần đi đến khối tạo dạng xung DD13, DD14 và thiết lập cửa ra có trạng thái logic 1, trạng thái này duy trì cho đến khi xuất hiện xung âm trên cửa ra của khối đếm DD2.

- Xung ra của nó xuất hiện tùy thuộc vào vị trí của chuyển mạch S_1 tương ứng với các giá trị bit bằng 2,4,8,16,32 và chu kỳ của máy phát xung đồng bộ. Trong sơ đồ nguyên lý, các transisto VT1 -VT3 và VT2 - VT6 tạo thành mạch khuếch đại tín hiệu một chiều có chức năng khuếch đại xung đủ công suất trước khi đưa vào đầu cáp bị sự cố để đo (trong đó VT2 - VT6 là kênh khuếch đại xung cực tính âm). Các xung phản xạ từ điểm sự cố về

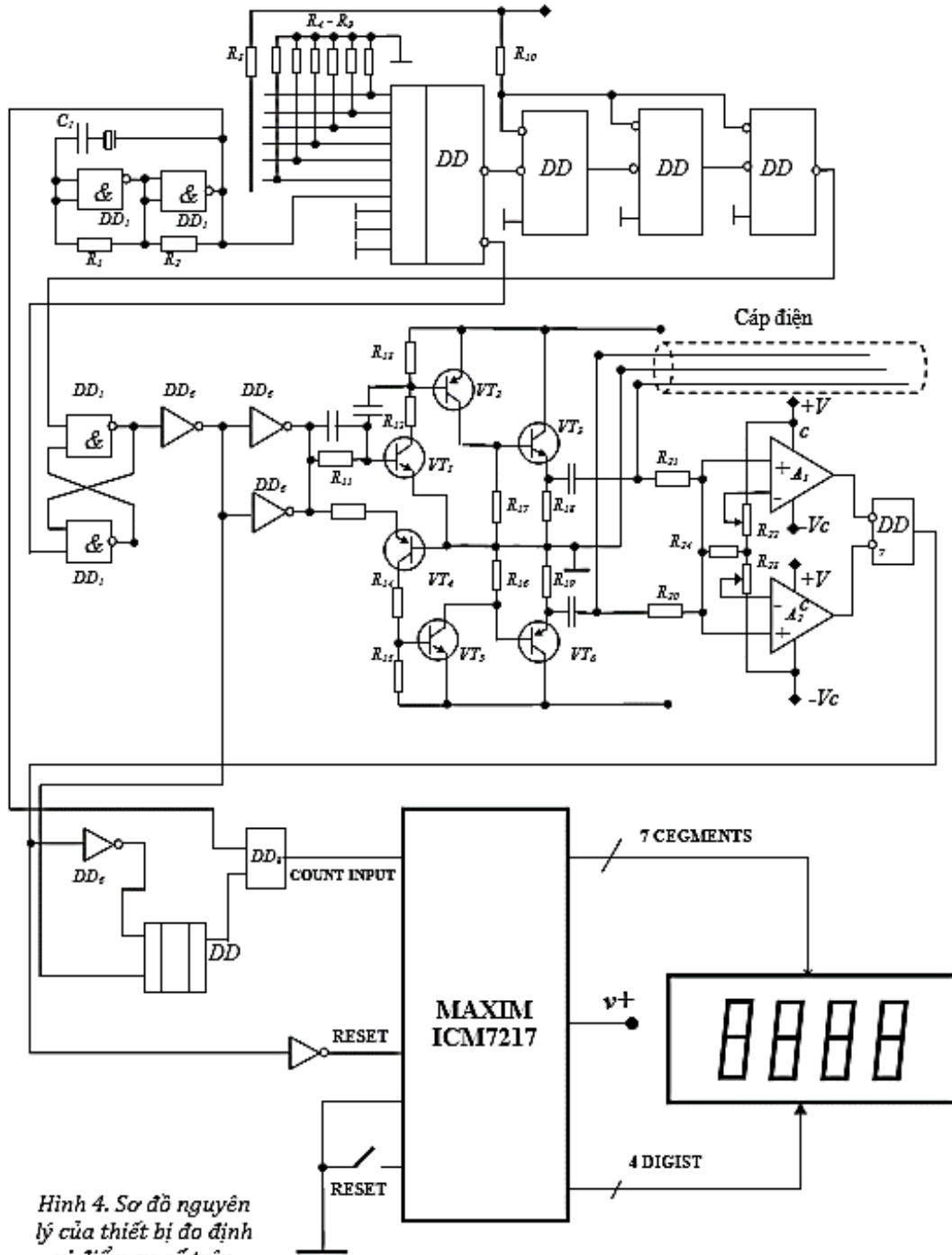


Hình 3. Sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị định vị điểm sự cố.

đầu dây cáp đi đến đầu vào của khối so sánh DA1 DA2. Từ cửa ra của khối so sánh, tín hiệu đi đến đầu vào của DD7, tại đây tín hiệu được tách ra và đưa đến thanh ghi dữ liệu.

Khối đếm và hiển thị gồm IC số (Dương Minh Trí, 1992) đếm nhị thập phân (Binary code decimal) và LED 7 thanh (7 segment x 4 digit). Xung đồng bộ đi đến cửa vào "count input" của

MAXIM 7217 đưa bộ đếm vào tính khoảng thời gian xung điện áp đi vào đầu cáp, Khi xung này gặp điểm sự cố, nó phản xạ trở lại và đi đến cửa vào "reset" của ICM7217 đưa giá trị của bộ đếm này về trạng thái 0, bộ đếm ngừng đếm thời gian. Kết quả cuối cùng về khoảng cách được lưu tại thanh ghi trung gian của nó và hiển thị trên LED 7 thanh.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị đo định vị điểm sự cố trên cáp điện.

4. Kết luận

Với phương pháp phân tích và lý thuyết đo khoảng cách bằng xung điện từ lan truyền trên dây dẫn có sự cố, tác giả trình bày một sơ đồ mạch điện của thiết bị tìm kiếm nhanh vị trí điểm sự cố trên cáp điện nhằm nhanh chóng khắc phục sự cố hệ thống cung cấp điện mỏ, giảm thiểu thiệt hại kinh tế cho xí nghiệp do ngưng sản xuất. Phương pháp đo xung điện từ sử dụng máy phát xung vào đầu đường dây, xung lan truyền đến điểm sự cố rồi phản xạ trở lại. Một máy đếm thời gian sẽ đếm thời gian đi và về của xung, từ đó khoảng cách từ điểm đầu đến điểm sự cố được tính bằng vận tốc lan truyền sóng điện từ và chiều dài mà nó đi qua. Thiết bị tìm kiếm vị trí sự cố được xây dựng

từ sơ đồ khối chức năng và sơ đồ nguyên lý ứng dụng các mạch điện tử số giúp hiển thị giá trị đo khoảng cách đầu cáp điện đến điểm sự cố được thuận lợi hơn cho người dùng.

Tài liệu tham khảo

- Dương Minh Trí, 1992. *Sơ đồ chân linh kiện bán dẫn*. Sở Giáo dục và Đào tạo Thành phố Hồ Chí Minh. tr47.
- Pivnhiac, G. G.; Skrabet, Ph. P., 1993. *Sự cố bất đối xứng trong mạng điện mỏ lộ thiên*. Nhà xuất bản Nedra, Mátxcova.
- Shalut, G. M., 1982. *Xác định vị trí sự cố trong mạng điện*. Nhà xuất bản Energo-izdat, Mátxcova.

ABSTRACT

The method and devices for determining fault location in electric cable

Thang Van Dinh

Faculty of Electro - Mechanics, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam.

In the operation of the mine power supply system, the common problem is to quickly overcome the problems on them when there is trouble detecting, that likes: earth faults, Cable caused by mechanical impact or arcing fault. The article presents a methodology and devices for quick finder map of fault location on the cable in order to quickly correct the mine power supply system problem, minimizing economic damage to the plant by the long stop producing. The electromagnetic pulse method uses from a pulse generator at the beginning of the line, pulse propagates to the fault point and then reflects back. A timer will count the travel and return time of the pulse, from which the distance from the beginning to the break point is calculated by the propagation velocity of the electromagnetic wave and the length it passes through. The fault locating device is constructed from the functional block diagram and the principle diagram of the digital circuit application which provides a better indication of the cable distance to the fault point for the person. use. The article also delves into the operational principle of measuring instruments to shed light on its mechanism of action.