

## CHƯƠNG 7

# BẢO VỆ CHỐNG ĐIỆN ÁP CAO XÂM NHẬP SANG ĐIỆN ÁP THẤP

### 7.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nguy hiểm của sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp là sự chạm điện của các phần tử có điện áp khác nhau của thiết bị điện khi cách điện của thiết bị điện bị chọc thủng.

Hiện tượng này thường xảy ra ở các máy biến áp di động cung cấp điện cho các đèn, dụng cụ điện cầm tay, máy hàn điện ... Khi điện áp cao xâm nhập vào điện áp thấp (điện áp đến 75V) thì rất nguy hiểm, vì các thiết bị điện này có cách điện không cao. Hiện tượng này ít xảy ra đối với các máy biến áp cố định dùng trong mạng điện động lực hay chiếu sáng. Các cuộn dây điện áp khác nhau của loại máy biến áp được cách điện bằng các ống bakêlit rất chắc chắn nên sự xâm nhập điện áp nói trên thường xảy ra ở các đầu ra ở các cuộn dây. Đôi khi vì gió bão làm đường dây cao áp bị đứt, rơi trên mạng điện hạ áp.

Hiện tượng xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp cũng thường xảy ra ở các mạng điện áp thấp có trang bị máy biến áp đo lường, máy biến dòng điện mà khả năng người phải tiếp xúc rất cao. Việc đánh giá sự nguy hiểm của hiện tượng xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp là cần thiết nhằm tìm ra biện pháp bảo vệ thích hợp. Biện pháp bảo vệ sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp phụ thuộc vào chế độ làm việc của trung tính.

### 7.2. SỰ NGUY HIỂM KHI ĐIỆN ÁP CAO XÂM NHẬP SANG ĐIỆN ÁP THẤP

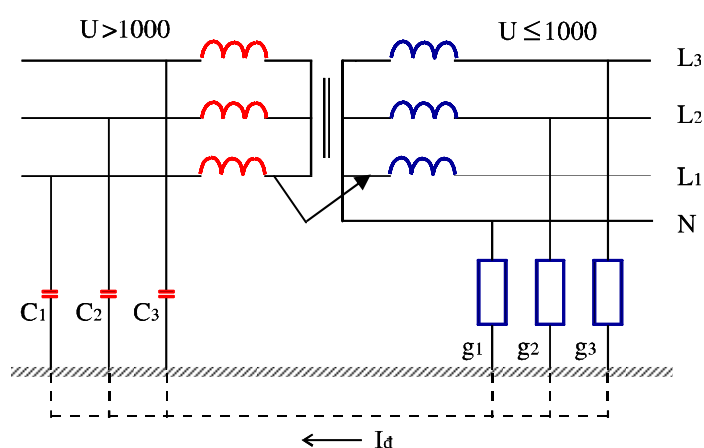
Dưới đây trình bày một số sơ đồ điển hình thường vận hành trong thực tế.

#### 1. Trường hợp trung tính của mạng điện hạ áp và cao áp đều cách điện đối với đất

Trong trường hợp này, khi có sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp (Hình 7.1), điểm trung tính ở mạch điện áp thấp có trị số điện áp gần bằng điện áp pha phía cao áp và điểm trung tính đối với đất có điện áp bằng:

$$U_o = \frac{I_d}{g_1 + g_2 + g_3} \quad (7.1)$$

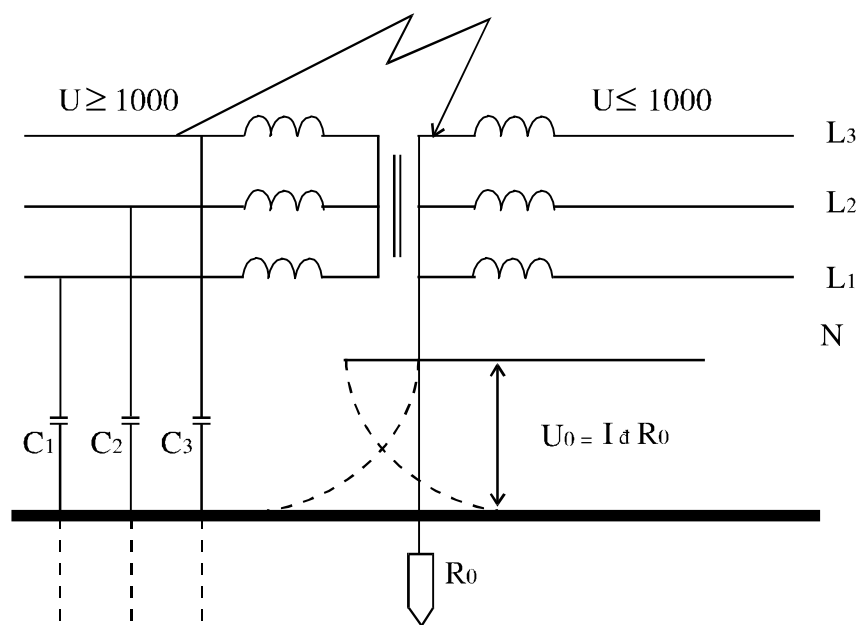
Ở đây:  $I_d$  là dòng điện chạm đất khép mạch qua điện dẫn của cách điện mạng điện hạ áp và điện dung của mạng điện cao áp;  $g_1, g_2, g_3$  lần lượt là điện dẫn của cách điện mạng điện hạ áp của các pha.



Hình 7.1. Sự xâm nhập của điện áp cao sang điện áp thấp khi trung tính của mạng điện áp cao và điện áp thấp đều cách điện đối với đất

## 2. Trường hợp trung tính của mạng điện hạ áp được nối đất trực tiếp, còn phía mạng điện cao áp thì cách điện đối với đất

Xét sơ đồ cung cấp điện trình bày ở Hình 7.2.



Hình 7.2. Sự xâm nhập của điện áp cao sang điện áp thấp khi trung tính mạng điện hạ áp trực tiếp nối đất còn trung tính mạng điện cao cách điện đối với đất

Dòng điện sự cố đi qua điện trở nối đất làm việc  $R_0$  của máy biến áp và qua các điện dung  $C_1, C_2, C_3$  của mạng điện cao áp.

Trị số điện dẫn của cách điện rất bé so với điện dẫn của điện cực nối đất làm việc  $g_0$  nên có thể bỏ qua.

Dòng điện sự cố xác định theo biểu thức:

$$I_n = \frac{3U \cdot \omega \cdot C}{\sqrt{9R_0^2 \cdot \omega^2 \cdot C^2 + 1}} \quad (7.2)$$

Trung tính của mạng điện điện áp thấp có điện áp:

$$U_o = I_d R_0 = \frac{3U \omega C R_0}{\sqrt{9R_0^2 \omega^2 C^2 + 1}} \quad (7.3)$$

$U_0$  có trị số lớn có thể gây nguy hiểm cho người khi chạm vào vỏ thiết bị điện, nếu vỏ thiết bị điện cũng được nối vào dây trung tính.

## 7.3. BIỆN PHÁP BẢO VỆ SỰ XÂM NHẬP CỦA ĐIỆN ÁP CAO SANG ĐIỆN ÁP THẤP

Các biện pháp bảo vệ sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp phụ thuộc vào tình trạng làm việc của trung tính.

### 1. Biện pháp bảo vệ trong mạng điện có trung tính nối đất

- Đối với trường hợp phía hạ áp trung tính nối đất, biện pháp bảo vệ rất dễ thực hiện. Muốn vậy, phía cao áp trung tính cũng cần nối đất. Khi điện áp cao xâm nhập sang điện áp thấp thì sự xâm nhập này được tiến hành chạm đất một pha của mạng điện cao áp, cho nên thiết bị

điện bảo vệ sẽ tác động để cắt máy biến áp bị sự cố. Để đảm bảo điều kiện an toàn, cần chọn điện trở nối đất làm việc  $R_0$  của phía hạ áp theo điều kiện  $R_0 \leq 4\Omega$ .

• Nếu phía cao áp làm việc với trung tính cách điện đối với đất (Hình 7.3) và dòng điện điện dung chạm đất một pha không đủ lớn để thiết bị điện bảo vệ tác động, dòng điện này đi qua  $R_0$  và tồn tại rất lâu. Khi đó như đã biết là cả bốn dây của mạng điện hạ áp đều có điện áp đối với đất tăng lên và vỏ thiết bị điện nối vào dây trung tính sẽ có điện áp:

$$U_o = I_d R_0 = \frac{3U\omega CR_0}{\sqrt{9R_0^2\omega^2 C^2 + 1}} \quad (7.4)$$

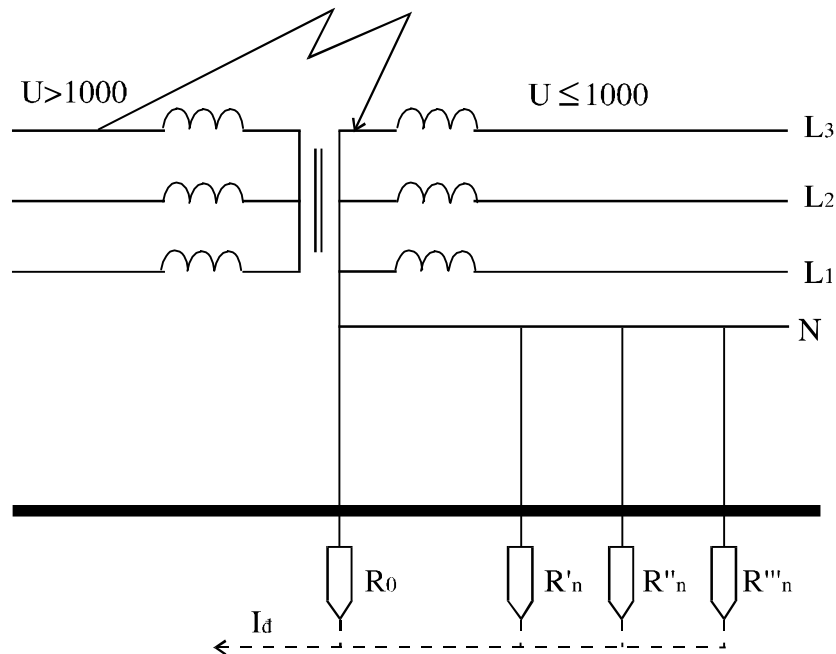
Vì vậy, biện pháp bảo vệ trong trường hợp này là chọn giá trị  $R_0$  đủ nhỏ để lúc xảy ra tăng điện áp phía hạ áp cách điện không bị hư hỏng và đảm bảo an toàn cho người lúc chạm vào vỏ thiết bị điện. Giá trị  $R_0$  được kiểm tra theo biểu thức:

$$R_0 \leq \frac{125V}{I_d} \leq 4\Omega \quad (7.5)$$

Ở đây:  $I_d$  là dòng điện điện dung chạm đất phía cao áp.

Cần chú ý là 125V ở biểu thức (7.5) không phải là điện áp an toàn.

Trong thực tế thường  $R_0$  được nối song song với các điện trở  $R_n$  của nối đất lặp lại dây trung tính.



Hình 7.3. Đường đi của dòng điện khi có sự xâm nhập điện áp cao sang điện áp thấp trong mạng điện có bảo vệ nối dây trung tính

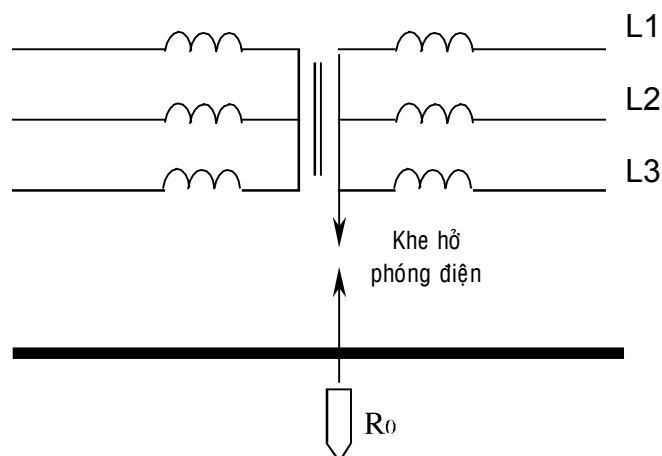
Vì thế, điện áp của trung tính hạ áp cũng như của vỏ thiết bị điện được nối với dây trung tính chỉ còn:

$$U_o = I_d \frac{R_o R_{ndt}}{R_o + R_{ndt}} \quad (7.6)$$

Ở đây:  $R_{ndt}$  là điện trở đẳng trị của nối đất lặp lại.

## 2. Biện pháp bảo vệ trong mạng điện có trung tính cách điện đối với đất

Để bảo vệ sự xâm nhập điện áp cao sang mạng điện điện áp thấp  $U \leq 1000V$  có trung tính cách điện đối với đất, người ta dùng khe hở phóng điện (Hình 7.4).



Hình 7.4. Sơ đồ nối khe hở phóng điện vào dây trung tính

Khe hở phóng điện bình thường ngăn cách cuộn dây thứ cấp máy biến áp với đất. Khi điện áp cao xâm nhập sang điện áp thấp khoảng cách không khí giữa các điện cực khe hở bị chọc thủng. Dòng điện sự cố đi qua  $R_0$  phía hạ áp (như ở trường hợp trung tính nối đất trực tiếp) và qua điện dung của mạng điện cao áp.

Biện pháp để đảm bảo an toàn cho người vận hành và cách điện của cuộn dây hạ áp là cắt nhanh máy biến áp nếu trung tính của bên cao áp nối đất. Quy trình qui định trị số điện trở  $R_0$  của bên hạ áp là  $R_0 \leq 4\Omega$ .

Nếu trung tính bên cao áp cách điện thì trị số  $R_0$  được chọn theo điều kiện an toàn:

$$R_0 \leq \frac{125V}{I_d} \quad (7.8)$$

Tuy nhiên, cần lưu ý là trị số cho phép của  $U_0$  bây giờ là bằng 125V vì ở đây không có nối đất lặp lại của dây trung tính. Cách điện của mạng điện phải kiểm tra theo tiêu chuẩn 125V.

Dùng khe hở phóng điện khi điện áp phía cao áp nhỏ hơn 3000V không thích hợp vì với điện áp thấp như vậy khe hở phóng điện có thể không tác động.

Khe hở phóng điện phải được kiểm tra ba tháng một lần, cần xem xét cẩn thận không cho bụi bám vào khe hở gây nên tác động nhầm lẫn.

Với máy biến áp cao áp có công suất lớn cần sử dụng khe hở phóng điện và các loại bảo vệ khác như: bảo vệ rơle hơi, bảo vệ so lệch ...

Hiện nay, cùng với sự tiến bộ của công nghệ thay vì sử dụng khe hở có thể sử dụng điện trở phi tuyến MOV (Metal Oxyde Varistor).

## 3. Biện pháp bảo vệ cho máy biến áp có điện áp thứ cấp $U \leq 1000V$ .

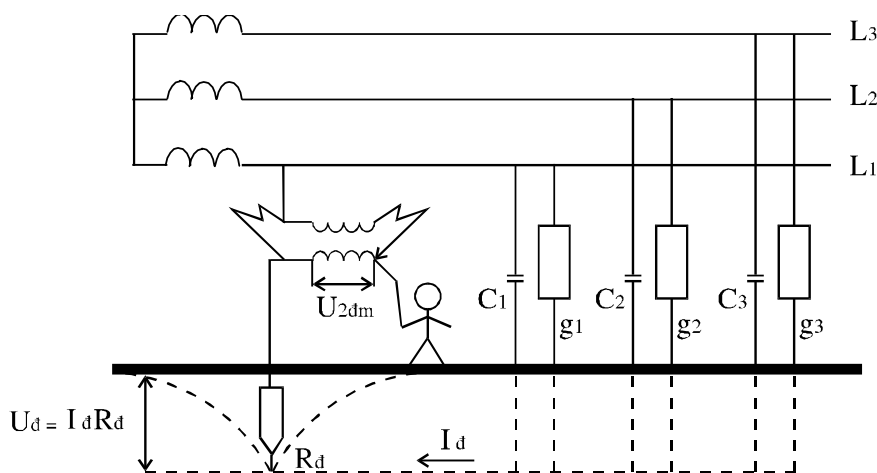
Với loại máy biến áp có điện áp cao nhỏ hơn 1000V ( $U \leq 1000V$ ) và điện áp thấp nhỏ hơn 100V ( $U \leq 100V$ ) sử dụng khe hở phóng điện chống sự xâm nhập của điện áp cao như trên không thích hợp nữa.

Trong trường hợp này, để bảo vệ chống sự xâm nhập điện áp cao, thường sử dụng biện pháp nối một trong các đầu ra của cuộn thứ cấp trong máy biến áp vào điện cực nối đất hay vào dây trung tính (nếu là bảo vệ nối dây trung tính).

Khi nối đất một trong các đầu ra của cuộn thứ cấp máy biến áp (Hình 7.5), nếu xảy ra nối điện giữa cuộn dây cao áp và hạ áp thì điện áp rơi trên điện cực nối đất được xác định theo biểu thức:

$$U_d = I_d \cdot R_d \quad (7.9)$$

Ở đây:  $I_d$  là dòng điện chạm đất.



Hình 7.5. Sự xâm nhập điện áp cao khi cuộn thứ cấp nối đất

Người chạm vào cuộn dây thứ cấp sẽ bị tác dụng của điện áp tiếp xúc.

$$U_{tx} = U_d + U_2 \quad (7.10)$$

Ở đây:  $U_2$  là điện áp của cuộn dây thứ cấp máy biến áp.

Điện áp  $U_2$  có trị số thay đổi tùy theo cách tiếp xúc, chiều quấn dây và tác dụng khử từ của dòng điện  $I_d$ . Vì thế, để đảm bảo an toàn thường tính toán với trường hợp  $U_2 = 2U_{dm}$ .

Điều kiện an toàn:

$$U_d + U_{2dm} \leq U_{txcp} \quad (7.11)$$

Với máy biến dòng, cuộn thứ cấp xem như nối tắt và  $U_{2dm} = 0$ .

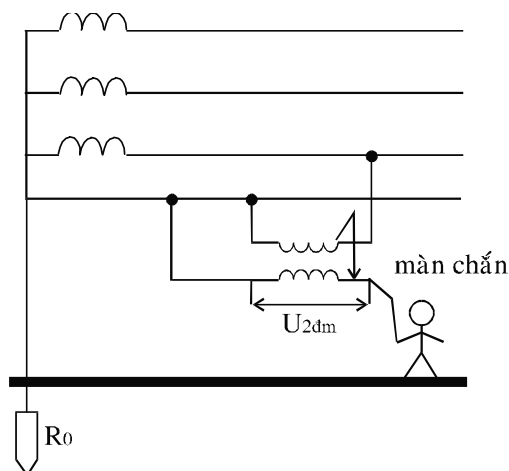
Ở đây:  $U_{2dm}$  là điện áp thứ cấp định mức;  $U_{txcp}$  là điện áp tiếp xúc cho phép.

Khi điều kiện (7.11) không thỏa mãn thì biện pháp bảo vệ trên vẫn có lợi cho loại máy biến áp có  $U_{2dm} > U_{txcp}$  (máy biến áp đo lường, máy biến áp dành cho lò...), vì điều kiện vận hành của các loại này không phải tiếp xúc lâu dài với chúng và với loại này thường phải có bảo vệ để tránh sự tiếp xúc với thiết bị điện trực tiếp.

Khi nối một trong các đầu ra của cuộn thứ cấp với dây trung tính (Hình 7.7) phải tính toán đến trường hợp nếu xảy ra nối điện giữa hai cuộn dây cao áp và hạ áp thì thiết bị điện bảo vệ sẽ tác động để bảo vệ cho các máy biến áp. Muốn vậy phải bảo đảm điều kiện:

$$I_n = \frac{U}{\sqrt{(R_{ph} + R_k + R_B)^2 + (X + X_B)^2}} \geq 2,5I_{cc} \quad (7.12)$$

Ở đây:  $I_n$  là dòng điện ngắn mạch giữa cuộn dây cao và hạ áp;  $I_{cc}$  là dòng điện định mức của cầu chì bảo vệ;  $R_{ph}$  là điện trở dây pha;  $R_k$  là điện trở dây trung tính;  $X$  là điện kháng đường dây;  $R_b$ ,  $X_b$  lần lượt là điện trở và điện kháng của cuộn dây máy biến áp lúc ngắn mạch.



Hình 7.7. Sơ đồ nối đất dây trung tính cuộn thứ cấp của máy biến áp

Trị số  $R_b$  và  $X_b$  thay đổi tùy theo điểm ngắn mạch do đó nếu điều kiện (7.12) không thỏa mãn thì biện pháp bảo vệ nối dây trung tính vẫn có lợi cho các máy biến áp có  $U_{2dm} > U_{txcp}$ , khi đảm bảo các điều kiện:

$$I_n Z \frac{R_n}{R_{dt} + R_n} = U_0 \leq U_{txcp} \quad (7.13)$$

Cần chú ý rằng khi điều kiện (7.13) thỏa mãn nhưng điều kiện (7.12) không thỏa mãn thì biện pháp bảo vệ nối dây trung tính vẫn không lợi đối với máy biến áp cung cấp điện năng cho các đèn cầm tay và dụng cụ điện. Không những thế, việc nối dây trung tính có thể xảy ra tai nạn khi tiếp- xúc bình thường mặc dù không xảy ra nối điện giữa hai cuộn dây cao áp và hạ áp.

Điều này có thể giải thích như sau: trong mạng điện thường có nhiều thiết bị điện được nối với dây trung tính và chỉ cần vỏ của một thiết bị điện nào đó bị chọc thủng cách điện, điện áp của dây trung tính nối với đất sẽ là:

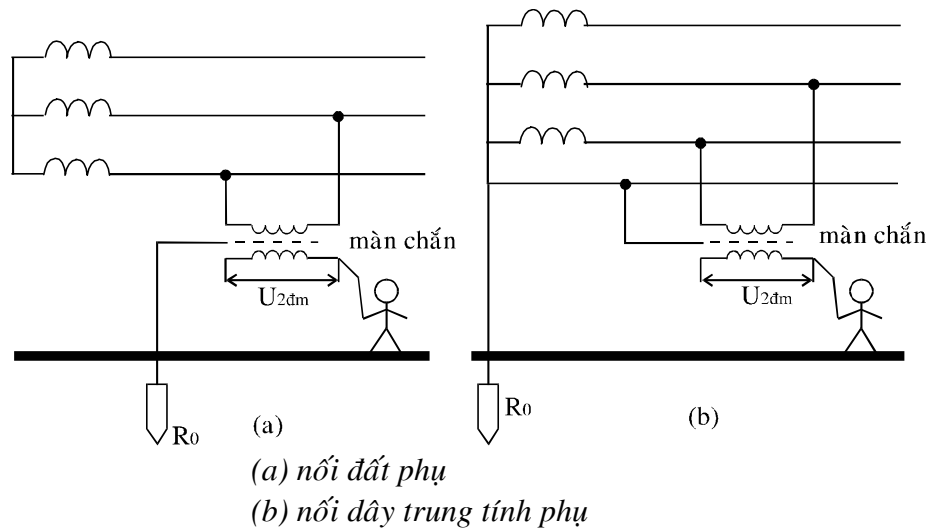
$$U_0 = I_n \cdot Z \frac{R_n}{R_{dt} + R_n} \quad (7.14)$$

Ở đây:  $Z$  là tổng trở của dây trung tính;  $R_n$  là điện trở nối đất lặp lại của đường dây cung cấp cho thiết bị điện có cách điện bị chọc thủng;  $R_{dt}$  là điện trở đẳng trị của điện trở nối đất làm việc  $R_0$  và các điện trở nối đất lặp lại còn lại mắc song song với nhau.

Nếu trong tính toán lấy trị số  $U_0 = 37V$  thì điện áp tổng đặt vào người là  $(U_0 + U_{2dm})$ . Trong trường hợp dùng đèn cầm tay hay dụng cụ điện thì điện áp đặt vào người có thể rất lớn và nguy hiểm.

Ngoài các biện pháp nối đất và nối dây trung tính như đã xét ở phần trên còn có thêm biện pháp nối đất hay nối dây trung tính “cuộn dây chẵn” ở giữa hai cuộn dây cao áp và hạ áp của máy biến áp.

Nếu xảy ra nối điện bất ngờ thì cũng chỉ xảy ra giữa cuộn dây cao áp và “cuộn dây chẵn” mà thôi còn cuộn dây hạ áp vẫn cách điện với cuộn cao áp (Hình 7.7).



Hình 7.7. Sơ đồ cuộn dây thứ cấp của máy biến áp.

Biện pháp bảo vệ chỉ có ý nghĩa nếu thường xuyên kiểm tra tình trạng làm việc của máy biến áp, đặt biệt là cách điện giữa “cuộn dây chấn” máy biến áp.