

Capítulo IX

Medição de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento

Jobson Modena e Hélio Sueta*

Neste capítulo serão abordados diversos aspectos referentes às medições de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento. Dois tipos de medições são realizados: medição das tensões de toque e de passo.

Para facilitar a leitura reproduzimos as definições de tensão de toque e de passo que constam nas normas e no capítulo I desta série:

- [ABNT NBR 15749, 3.14, ABNT NBR 15751, 3.23 e ABNT NBR 7117, 3.9] **tensão de passo** diferença de potencial entre dois pontos da superfície do solo separados pela distância de um passo de uma pessoa, considerada igual a 1,0 m.
- [ABNT NBR 15749, 3.15, ABNT NBR 15751, 3.24 e ABNT NBR 7117, 3.10] **tensão de toque** diferença de potencial entre uma estrutura metálica aterrada e um ponto da superfície do solo separado por uma distância horizontal equivalente ao alcance normal do braço de uma pessoa. Por definição, considera-se esta distância igual a 1,0 m.

A metodologia de medição de potenciais na superfície do solo assemelha-se à utilizada na medição dos valores de resistência de eletrodo e de resistividade do solo já descrita em capítulos anteriores. É aconselhável que o levantamento dos perfis de potenciais na superfície do solo e as medições das tensões de toque e de passo sejam realizados com a injeção de elevados valores de corrente elétrica no solo. Nestas medições devem ser utilizados voltímetro e amperímetro com escalas adequadas às faixas de

medição ou um instrumento específico que atenda às condições necessárias. Eventualmente, para sistemas simples e pequenos (casas, edificações simples e locais em que não há suspeita de fortes correntes parasitas), podem-se utilizar instrumentos comuns, sempre seguindo as especificações do fabricante.

Os procedimentos descritos neste fascículo visam a determinar os potenciais superficiais devido a correntes em frequência industrial, principalmente as de curto-circuito com o objetivo principal na segurança de pessoas que circulem sobre e nas redondezas dos sistemas de aterramento. Os potenciais que ocorrem nos sistemas de aterramento devido às correntes de alta frequência, por exemplo, as das descargas atmosféricas, devem ter um tratamento específico.

O circuito de corrente deve ser estabelecido de uma forma bastante parecida com o descrito nos fascículos anteriores para medição da resistência de aterramento. Os valores de correntes que serão injetados na malha de aterramento devem ser compatíveis com o sistema de medição.

As medições dos potenciais devem ser efetuadas em pontos previamente assinalados no projeto ou no planejamento das medições, em regiões estratégicas das subestações, utilizando voltímetro de alta impedância de entrada, em geral, não inferior a 1 M Ω /V. Voltímetros eletrônicos geralmente são adequados para esta finalidade.

Medição da tensão de toque

A medição da tensão de toque deve ser feita

entre elementos metálicos (estruturas metálicas, carcaças de equipamentos, massas metálicas) ligados ao sistema de aterramento sob estudo e o eletrodo de potencial cravado no solo (ver Figura 1) ou como indicado na Figura 4 (uso de placas como eletrodos auxiliares), guardando sempre a distância de 1 metro.

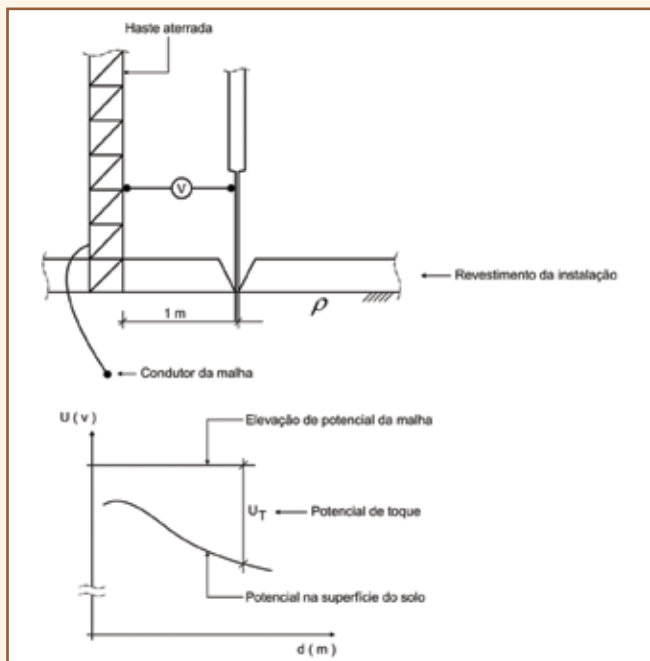


Figura 1 – Medição do potencial de toque utilizando eletrodo cravado no solo.

Medição da tensão de passo

A medição das tensões de passo deve ser feita entre dois eletrodos auxiliares de potencial cravados no solo e afastados de 1 metro (ver Figura 2) ou eletrodos conforme a Figura 4 (utilização de placas).

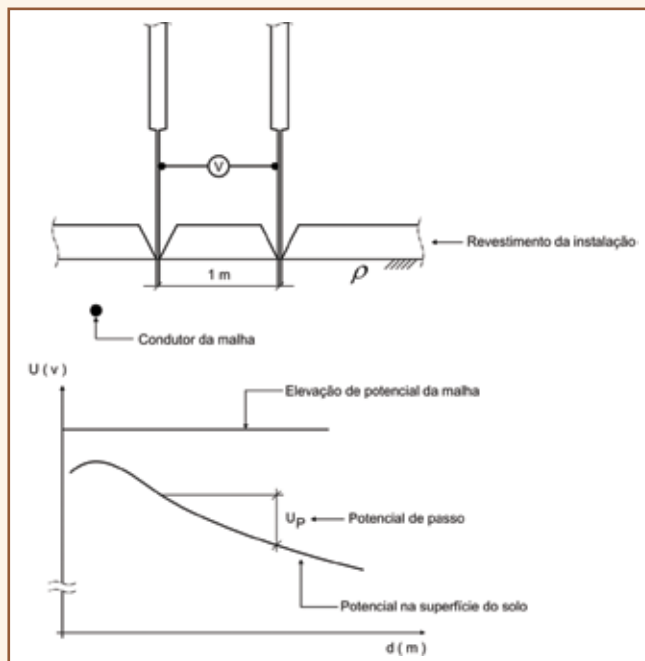


Figura 2 – Medição do potencial de passo utilizando eletrodos cravados no solo.

A fonte de corrente elétrica para a realização das medições deve ter potência e tensão adequadas para fornecer valores suficientes de corrente elétrica. Geralmente, esses valores são elevados de forma a reduzir os erros nas medições devido às correntes de interferência que geralmente circulam no solo.

Usualmente é empregado como fonte de corrente um grupo motor-generador ou um transformador isolador com um regulador de tensão ligado à rede elétrica próxima do local da medição. O mesmo circuito indicado para medição da resistência de aterramento (ver Figura 3), utilizando o método síncrono à frequência industrial (já mostrado em capítulo anterior), pode ser utilizado para estas medições.

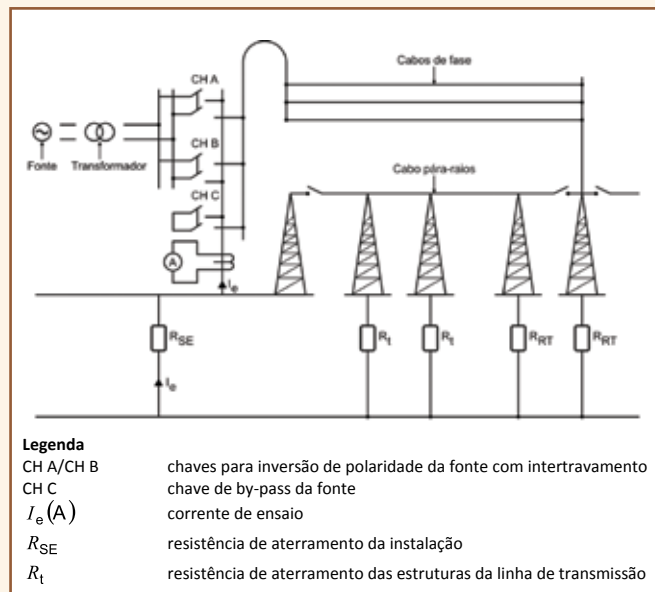


Figura 3 — Método síncrono à frequência industrial – Circuito de corrente.

A norma apresenta também os anexos B (Compensação capacitiva) e D (Método do batimento) que auxiliam as medições, sendo como uma alternativa para se elevar a corrente injetada ou nos casos em que existam correntes de interferência significativas em relação à corrente de ensaio.

Nas medições, os cabos para-raios e contrapesos das linhas de transmissão, os neutros dos transformadores, as blindagens e as capas metálicas de cabos isolados que chegam à instalação devem ser desconectados do sistema de aterramento sob ensaio.

O valor da corrente de ensaio é muito importante para esta medição, pois se por um lado esta deve ser alta para propiciar maiores valores de tensões a serem medidas (portanto mais confiabilidade nos valores medidos), por outro, para se obter estas correntes mais altas é necessária a utilização de tensões mais elevadas na fonte, aumentando assim também os problemas com a segurança do pessoal envolvido nas medições e os que eventualmente estiverem nas redondezas. Geralmente são utilizadas tensões de ensaio do gerador ou transformador da ordem de 100 V nestas medições.

Outro aspecto muito importante a ser considerado é a escolha dos locais preferenciais para medição dos potenciais na superfície do solo. O ideal é fazer um mapeamento completo da instalação e fazer as medições de forma a cobrir toda a área a ser investigada, porém,

muitas vezes isto não é feito (geralmente por limitação de tempo), devendo ser preferencialmente realizadas as medições na periferia do sistema de aterramento onde, geralmente, são encontradas as maiores tensões na superfície do solo. Algumas medições devem ser realizadas na região central do sistema principalmente aquelas em que haja a possibilidade de presença de pessoas. Em relação à medição de tensão de toque nas partes metálicas aterradas, muitas vezes, não se sabe o ponto onde é obtida a maior tensão, dessa forma, recomenda-se realizar várias medições (mínimo 3) em diferentes direções (particularmente as direções que se afastem dos condutores enterrados do aterramento e/ou as que aproximem da periferia do sistema). Correntes da ordem de 100 A, ou acima, geralmente são necessárias para sistemas interligados para se obter valores de tensão confiáveis.

Os valores de tensão medidos devem ser corrigidos para o valor real durante uma falha para terra (V_R , expresso em volts). Esta correção deve ser feita conforma a equação a seguir:

$$V_R = \frac{V_e \times I_M}{I_e}$$

Em que:

V_R é a tensão real durante uma falha para a terra, expressa em volts (V);

V_e é a tensão medida durante o ensaio, expressa em volts (V);

I_M é a corrente de malha, expressa em ampères (A);

I_e é a corrente de ensaio, expressa em ampères (A).

A determinação da resistência de contato pé-brita (ou solo) deve ser realizada no ensaio de injeção de corrente, assim como a tensão aplicada diretamente sobre a pessoa. A Figura 4 fornece detalhes para a

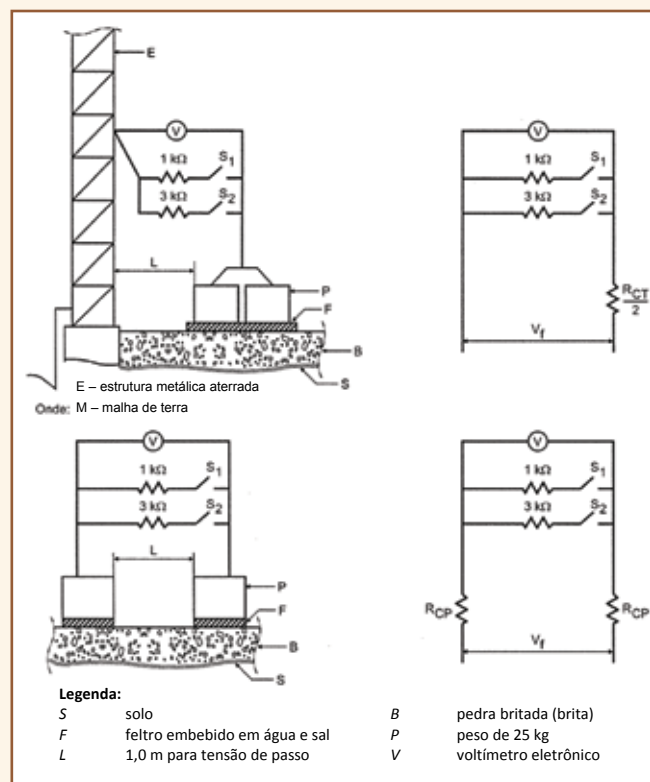


Figura 4 — Medição das tensões de toque e passo.

medição das tensões de toque e de passo.

Nesta figura podemos verificar a utilização de duas placas de 25 kg, barra de contato da base de 200 cm² cada e duas resistências, uma de 1000 Ω (simulando a resistência do corpo humano) e a outra de 3000 Ω. Pode-se melhorar a resistência de contato peso-brita com a utilização de um feltro umedecido com uma solução salina saturada, sendo importante fazer a investigação com a brita primeiramente seca e depois molhada nos pontos de medição.

A tensão que surge sobre uma “pessoa” é a medida nos terminais da resistência de 1000 Ω. Duas medições devem ser realizadas para a determinação da resistência de contato peso-brita: uma sobre a resistência de 1000 Ω e outra sobre a de 3000 Ω.

Considerando os circuitos equivalentes representados na Figura 4, as seguintes relações podem ser obtidas:

- no circuito para a tensão de toque, obtêm-se as equações 1 e 2:

$$V_f = V_{1K} + \frac{V_{1K}}{1\ 000} \times \frac{R_{CT}}{2} \quad [1]$$

$$V_f = V_{3K} + \frac{V_{3K}}{3\ 000} \times \frac{R_{CT}}{2} \quad [2]$$

- resolvendo-se o sistema, obtêm-se a equação 3:

$$R_{CT} = \frac{2(V_{3K} - V_{1K})}{\left(\frac{V_{1K}}{1\ 000} - \frac{V_{3K}}{3\ 000}\right)} \quad [3]$$

- no circuito para a tensão de passo, obtêm-se as equações 4 e 5:

$$V_f = V_{1K} + \frac{V_{1K}}{1\ 000} \times 2R_{CP} \quad [4]$$

$$V_f = V_{3K} + \frac{V_{3K}}{3\ 000} \times 2R_{CP} \quad [5]$$

- Resolvendo-se o sistema, obtêm-se a equação 6:

$$R_{CP} = \frac{V_{3K} - V_{1K}}{2 \times \left(\frac{V_{1K}}{1\ 000} - \frac{V_{3K}}{3\ 000}\right)} \quad [6]$$

Em que:

V_{1k} é a tensão medida nos terminais do resistor de 1 000 Ω, expressa em volts (V);

V_{3k} é a tensão medida nos terminais do resistor de 3 000 Ω, expressa em volts (V);

R_{CT} é a resistência de contato pé-brita, simulando a tensão de toque, expressa em ohms (Ω);

R_{CP} é a resistência de contato pé-brita, simulando a tensão de passo, em ohms (Ω).

Dessa forma é possível obter as resistências de contato pé-brita, simulando as tensões de toque e de passo.

JOBSON MODENA é engenheiro eletricista, membro do Comitê Brasileiro de Eletricidade (Cobei), CB-3 da ABNT, em que participa atualmente como coordenador da comissão revisora da norma de proteção contra descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419). É diretor da Guismo Engenharia.

HÉLIO SUETA é engenheiro eletricista, mestre e doutor em Engenharia Elétrica, diretor da divisão de potência do IEE-USP e secretário da comissão de estudos que revisa a ABNT NBR 5419:2005.