

ENIE – CENTER NORTE – MAIO DE 2010

Aterramento de Subestações – Nova Norma NBR-15751/2009

TEMA: Aterramentos Elétricos

Carlos A. Sotille⁽¹⁾, Alexandre N. Aleixo⁽²⁾, Jobson Modena⁽³⁾, Paulo Edmundo Freire⁽⁴⁾, Pedro Vallone⁽⁵⁾

(1) Coordenador da Comissão de Aterramento em 2007 - ABNT/CB-03 – COBEI – Comitê Brasileiro de Eletricidade – Av. Paulista 1439, 11º andar – conjunto 114 – Sala 1 – fone: (014) 35232958 - capasotille@terra.com.br.

(2) Coordenador da Comissão de Aterramento em 2008 e 2009 - CE – 03: 102.01 – Comissão de Estudo de Aterramento – Av. Paulista 1439, 11º andar – conjunto 114 – Sala 1 - fone: (019) 37568357 – email – aaleixo@cpfl.com.br.

(3) Secretário da Comissão de Aterramento em 2007 - CE – 03: 102.01 – Comissão de Estudo de Aterramento – Av. Paulista 1439, 11º andar – conjunto 114 – Sala 1 - fone: (011) 81746913 – email – jomodena@gmail.com.

(4) Secretário do Comitê GT5 em 2006 e 2007 - CE – 03: 102.01 – Comissão de Estudo de Aterramento – Av. Paulista 1439, 11º andar – conjunto 114 – Sala 1 - fone: (041) 33616333 – email – paulofreire@paiolengenharia.com.br.

(5) Coordenador do Comitê GT5 em 2006 e 2007 - CE – 03: 102.01 – Comissão de Estudo de Aterramento – Av. Paulista 1439, 11º andar – conjunto 114 – Sala 1 - fone: (041) 33616333 – email – pvallone@ctep.com.br.

Resumo

O COBEI, através do grupo de trabalho GT-5 do comitê CE-03: 102.01, elaborou a nova norma NBR-15751/2009 – “Sistemas de Aterramento de Subestações - Requisitos”, que fixa os critérios e procedimentos para dimensionamento do sistema de aterramento de subestações elétricas, acima de 1kV, quando sujeitas a solicitações à frequência industrial, e que estabelece as condições de segurança para pessoas e instalações dentro e fora dos limites da subestação.

Quando da ocorrência de uma falta para terra numa subestação, uma parcela da corrente de falta retorna para o sistema supridor por meio das ligações existentes (cabos pára-raios das linhas de transmissão, neutro multi-aterado da rede de distribuição, blindagem multi-aterada de cabos de energia etc.). A fração da corrente de falta injetada pela malha de aterramento no solo dá origem ao surgimento de diferenças de potencial entre pontos da superfície do solo (tensão de passo), entre partes metálicas aterradas da subestação (ou externas à mesma) e o solo (tensão de toque), ou resulta em potenciais transferidos, por meio de circuitos que, de alguma forma levem potenciais da malha de aterramento ou do solo para pontos distantes ou para outros sistemas de aterramento afastados.

O trabalho aqui proposto visa uma breve apresentação dos conceitos associados aos mais importantes itens desta nova norma. Cabe observar que a maioria das malhas de aterramento existentes nas instalações industriais de média tensão não atende sequer as exigências básicas da norma NBR14039 – Instalações Elétricas de Média Tensão.

É necessário, portanto, que os projetistas se qualifiquem para elaborar os projetos em conformidade com as exigências das normas, e que as concessionárias de distribuição atualizem os seus critérios de projeto e os subsidiem com informações que permitam um cálculo seguro e econômico do sistema de aterramento de instalações de média tensão.

Palavras-chave: Aterramento elétrico, subestações, potenciais de toque, potenciais de passo.

Aterramento de Subestações – Nova Norma NBR-15751/2009

1 INTRODUÇÃO

O COBEI, através do grupo de trabalho GT-5 do comitê CE-03: 102.01 - Comissão de Estudo do Sistema de Aterramento de Subestações - Critérios e Procedimentos, concluiu em 2009 a elaboração da nova norma NBR 15751/2009 - Sistemas de Aterramento de Subestações – Requisitos, publicada em setembro de 2009.

Este trabalho visa uma breve apresentação dos conceitos associados aos mais importantes itens desta nova norma, que tem por base os critérios estabelecidos na norma IEEE-80/2000, e que fixa os critérios e procedimentos para dimensionamento de malhas de aterramento de subestações elétricas com tensão nominal acima de 1kV, quando sujeitas a solicitações à frequência industrial, e que estabelece as condições de segurança para pessoas e instalações dentro e fora dos limites da subestação.

Tradicionalmente, o dimensionamento de malhas de aterramento de subestações, com o atendimento dos parâmetros de segurança humana (potenciais de passo e de toque), é realizado para subestações de alta e extra-alta tensão. Como o item 1 (Escopo) da norma estabelece o campo de aplicação da mesma para subestações de tensão nominal acima de 1kV, tem-se que a exigência de atendimento aos critérios de segurança humana passam a ser uma exigência, também, para subestações de média-tensão. Cabe observar que a maioria das malhas de aterramento de subestações no padrão 15kV, especialmente em instalações industriais e comerciais, não atende sequer as exigências básicas da norma NBR14039 – Instalações Elétricas de Média Tensão.

Como as novas exigências tem reflexos no custo do projeto e no custo de implantação das subestações de média tensão, é necessário que as concessionárias de distribuição atualizem os seus critérios de projeto e passem a exigir a conformidade do projeto de subestações de média tensão com a nova norma NBR-15751/2009.

2 ETAPAS DO PROJETO

O projeto da malha de aterramento de uma subestação deve contribuir para a obtenção de níveis de corrente de curto-circuito fase-terra suficientes para permitir a rápida atuação do sistema de proteção, e deve garantir potenciais de passo e de toque suportáveis, o que pode ser obtido por uma geometria de malha de aterramento compatível com a resistividade de solo local, com a parcela da corrente de falta dissipada pela malha e com os tempos de atuação da proteção. Cabe observar que baixas resistências de aterramento não garantem um projeto seguro, e que altas resistências de aterramento não significam, necessariamente, um projeto inseguro.

A norma estabelece as seguintes etapas para projeto da malha de aterramento de uma subestação (vide fluxograma da figura 2.1):

- modelagem do solo;
- estabelecimento de uma geometria básica de malha e dimensionamento dos condutores;
- cálculo das tensões permissíveis (potenciais máximos toleráveis de passo e de toque);
- cálculo da corrente de malha;
- cálculo de potenciais no solo (mapeamento dos potenciais de passo e de toque); e
- recomendações gerais.

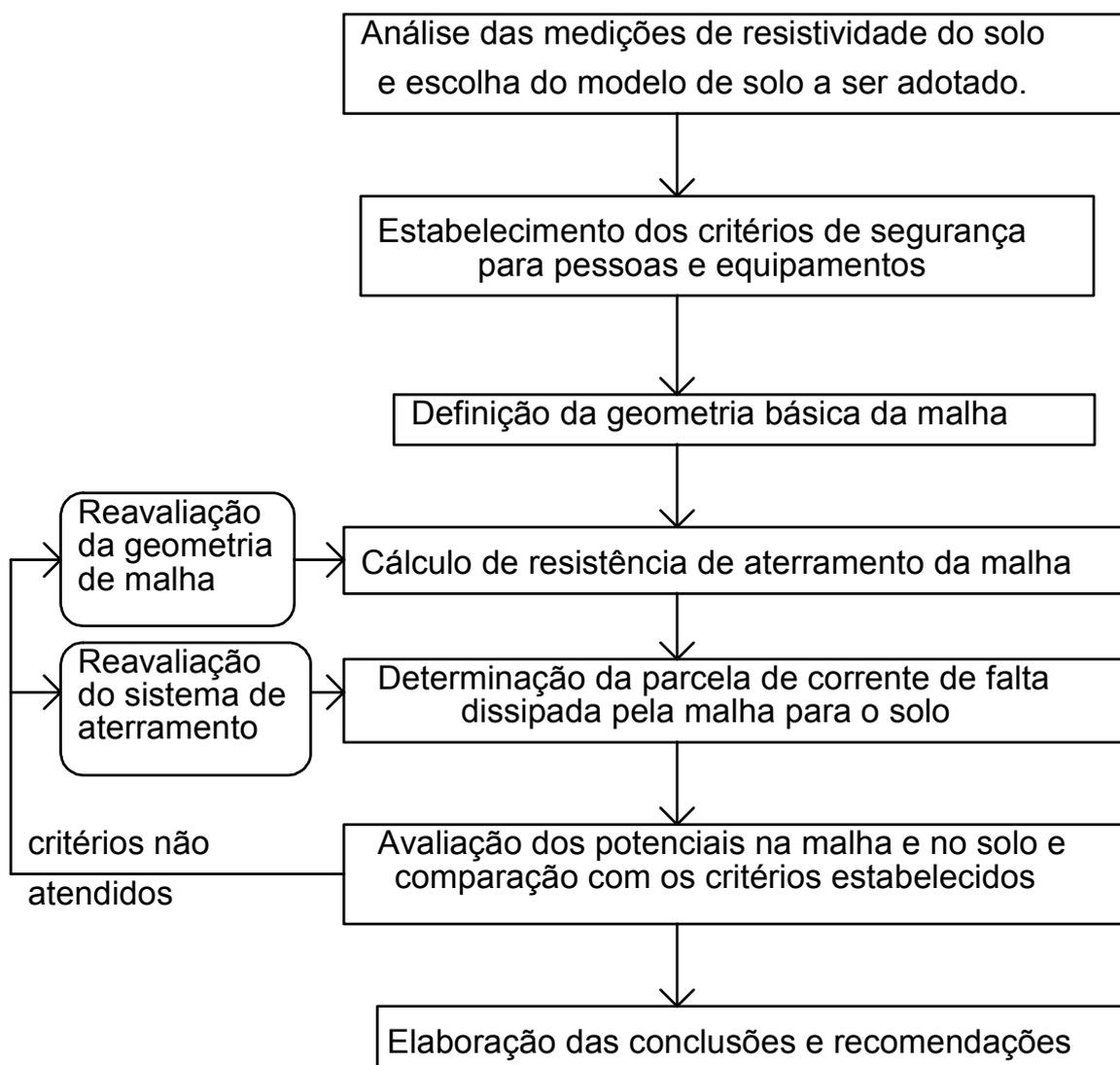


Figura 2.1: fluxograma das etapas de projeto de uma malha de aterramento.

A norma apresenta, ainda, três anexos, todos informativos:

- A – Cálculo da resistividade aparente do solo;
- B – Metodologia para cálculo simplificado de potenciais no solo; e
- C – Outras metodologias para cálculo de potenciais.

São abordados de forma sucinta, a seguir, algumas destas etapas de projeto.

2.1 MODELAGEM DO SOLO

Esta importante etapa do projeto da malha de aterramento de uma subestação é objeto do grupo de trabalho GT-3 do comitê CE-03: 102.01.

A norma NBR-15751/2009 é bastante sucinta neste item, apenas mencionando que o solo deve ser modelado a partir do tratamento das curvas de resistividade aparente do solo, medidas em diversos pontos no local de construção da subestação.

2.2 ESTABELECIMENTO DE UMA GEOMETRIA BÁSICA DE MALHA

O projeto da malha de aterramento de uma subestação inicia-se com o estabelecimento de uma geometria básica para a mesma considerando:

- dimensionamento do condutor – que deve suportar os esforços térmicos decorrentes da circulação da máxima corrente de curto-circuito fase-terra prevista no horizonte de planejamento do sistema que supre a subestação; e
- estabelecimento de um reticulado que propicie o adequado controle dos potenciais de passo e toque, resultantes do processo de dissipação da malha para o solo de parte ou de toda a corrente de falta.

A área a ser abrangida pela malha deve incluir, no mínimo, o pátio da SE, devendo a seleção do reticulado levar em consideração a distribuição dos equipamentos, estruturas e edificações existentes, devendo-se respeitar algumas características de geometria básicas:

- profundidade de enterramento mínima de 0,5m (por razões mecânicas), sendo admitida uma profundidade mínima de 0,25m em áreas de piso concretado ou devido a um substrato rochoso muito superficial;
- condutor mais externo da malha no perímetro do pátio (1m para fora da cerca, sempre que possível); e
- condutor periférico no entorno das edificações (1m para fora das paredes externas, sempre que possível).

No caso de subestações integradas a um complexo mais amplo (uma instalação industrial, por exemplo), que pode inclusive incluir outras subestações, áreas de processo etc., pode ser necessária a análise de algumas alternativas de sistemas de aterramento, integrados ou não.

A partir da definição da geometria básica da malha, é possível um cálculo preliminar do valor de resistência que a mesma apresentará, com base em fórmulas apresentadas no item 5.1 da norma, e utilizando a metodologia apresentada no Anexo I, para a obtenção da resistividade aparente do solo. Este recurso não é necessário para quem dispõe de um programa de computador específico para a simulação de malhas de aterramento.

A expressão de Onderdonk, formulação clássica constante da norma IEEE-80/2000 - Guide for Safety in Substation Grounding, permite o cálculo da seção mínima do condutor da malha (S), capaz de suportar a circulação da corrente de falta (If) durante um tempo (t), sem que a temperatura se eleve acima de um limite suportável (Tm). O tempo de aplicação da falta (t) é dado pelo tempo de atuação da proteção. A temperatura limite (Tm) depende do tipo de conexão utilizada na malha. Cada tipo de conexão tem uma temperatura máxima admissível:

- mecânica (aparafusada ou por pressão) - 250° C;
- solda oxiacetilênica/convencional - 450° C;
- solda exotérmica ou emenda à compressão - 850° C.

Esta equação, que dá um resultado conservativo, pois tem por premissa que durante o curto-circuito, toda a energia térmica é acumulada no condutor (não havendo dissipação para o meio circundante), pode ser simplificada para:

$$S = I_f \cdot K_f \cdot S = I_f \sqrt{\frac{t \times \alpha_r \times \rho_t \times 10^4}{TCAP \times \ln\left(\frac{k_0 + T_m}{k_0 + T_a}\right)}}$$

sendo K_f uma constante que depende do material do condutor e do tipo de conexão utilizados.

Para cabos de cobre tem-se os seguintes valores para K_f :

- mecânica (aparafusada ou por pressão) - $K_f = 11,5$;
- solda oxiacetilênica/convencional - $K_f = 9,2$;
- solda exotérmica ou emenda à compressão - $K_f = 7,5$.

A solda e os conectores deverão atender aos requisitos do texto grupo de trabalho GT-3 do comitê CE-03: 102.01, que está elaborando uma norma de Materiais de Aterramento. Emenda à compressão é aquela que é obtida com o auxílio de uma ferramenta hidráulica, e a utilização de conectores de parafuso somente será possível com a instalação de uma caixa de inspeção que permita a manutenção periódica da conexão.

Cabe aqui destacar que os condutores da malha podem ter um dimensionamento térmico diferenciado dos rabichos de aterramento (que interligam equipamentos e estruturas à malha). Enquanto estes últimos podem ser submetidos à plena corrente de curto-circuito fase-terra, ao ser injetada na malha a corrente de falta pode se dividir pelos os condutores da mesma.

Além dos esforços térmicos, os condutores da malha e os rabichos devem suportar esforços mecânicos e de corrosão. Considerando a necessidade de suportar tais esforços, tem-se as seguintes seções mínimas dos condutores:

- cobre - 50mm^2 ;
- aço (protegido contra corrosão conforme as normas aplicáveis) – 38mm^2 (7/16").

2.3 TENSÕES MÁXIMAS SUPORTÁVEIS DE PASSO E DE TOQUE

Os potenciais toleráveis de passo e de toque são estabelecidos em função da resistividade da camada superficial do solo e do tempo de eliminação do defeito (t). O tempo t deve ser escolhido de forma conservativa, de acordo com a filosofia de proteção adotada e com as características dos equipamentos de proteção utilizados.

Deve ser verificada a necessidade do estabelecimento de níveis de suportabilidade diferenciados para diversas áreas no interior e na periferia das instalações, face à existência de diferentes tipos de cobertura do solo (natural, brita, concreto, asfalto etc.).

A norma prevê duas situações de choque elétrico:

- choque de longa duração – associado a um defeito de longa duração e ao valor máximo de corrente que pode circular pelo corpo humano se causar fibrilação cardíaca (vide tabela 2.1);
- choque de curta duração – associado à corrente máxima de não fibrilação (para 99% das pessoas de 50kg), no intervalo de tempo $0,03\text{s} \leq t \leq 3\text{s}$, que pode ser calculada pela equação:

- $$I_{\text{chcd}} = \frac{0,116}{\sqrt{t}} = \text{máxima corrente de curta duração admissível pelo corpo humano (A)}.$$

O valor de t , que é a duração do choque, é estabelecido pelo tempo máximo de eliminação da falta baseado no dispositivo de proteção. Havendo religamento automático, com um intervalo de tempo menor ou igual a 0,5 s, o tempo a ser considerado deve ser igual à soma dos tempos da falta inicial e das faltas subsequentes.

Porcentagem da população que suporta	Homens	Mulheres
99,5 %	9 mA	6 mA
50 %	16 mA	10,6 mA

Tabela 2.1: corrente limite de largar de longa duração (I_{chld}).

O potencial máximo tolerável de passo pode ser calculado pela expressão:
 $E_p = (R_{ch} + 6 \times \rho_s \times C) I_{chcd}$ (V).

Os potenciais máximos toleráveis de toque, de curta e de longa duração, são dados pelas expressões:

$$E_{tcd} = (R_{ch} + 1,5 \times \rho_s \times C) \times I_{chcd} \text{ (V)} \quad E_{tld} = (R_{ch} + 1,5 \times \rho_s \times C) \times I_{chld} \text{ (V)}$$

Nas expressões acima temos os seguintes parâmetros:

- R_{ch} é a resistência do corpo humano, adotado como sendo 1.000 Ω , em Ohm (Ω);
- ρ_s é a resistividade do recobrimento da superfície do solo (em $\Omega \times m$, conforme Tabela 2.2);
- C é o fator de redução, que depende da espessura da camada de recobrimento do solo.

O fator C leva em consideração que a espessura típica da camada de recobrimento do solo (na faixa de 15 a 20cm), é da ordem da dimensão do pé humano. Tem-se, neste caso, que o pé está sobre um solo de duas camadas, sendo a primeira camada o material de recobrimento e a segunda camada a resistividade superficial do solo. O fator C pode ser calculado por meio de expressões ou com o auxílio de um gráfico (ambas as alternativas são apresentadas na norma).

Material	Resistividade ($\Omega \times m$)	
	seco	molhado
Brita nº 1, 2 ou 3		3 000
Concreto	1 200 a 280 000	21 a 100
Asfalto	2×10^6 a 30×10^6	10×10^3 a 6×10^6

Tabela 2.2: resistividade do material de recobrimento (ρ_s).

2.4 CÁLCULO DA CORRENTE DE MALHA

2.4.1 Conceituação do Circuito “Terra” da Subestação

O sistema de aterramento de uma subestação é tipicamente constituído pela sua malha de aterramento e por todos elementos metálicos a ela conectados, tais como cabos pára-raios, aterramentos de torres e postes de linhas de transmissão e sub-transmissão, blindagem de cabos de energia, neutro multi-aterrado de linhas de distribuição e malhas de aterramento de subestações vizinhas.

Quando da ocorrência de uma falta de curta duração para a terra, a corrente de defeito (I_f) inicialmente injetada na malha de aterramento, se dividirá por todo este sistema interligado, cabendo então a cada um dos seus componentes a função de escoar uma fração da corrente de falta. A chamada corrente de malha (I_m) é a parcela da corrente de falta que escoar para a terra localmente, através da malha de aterramento da subestação.

O circuito a ser considerado no cálculo da distribuição da corrente de falta inclui os circuitos de fase e terra, mutuamente acoplados. O circuito de fase é responsável pelas contribuições do sistema para a corrente de falta e o circuito terra pelo escoamento desta corrente (ou de uma fração da mesma) para o solo.

Cabe observar que devido ao acoplamento magnético entre as fases que contribuem para a falta e os respectivos cabos pára-raios multiaterrados, estes últimos vão drenar parte da corrente de falta para fora da malha, diminuindo desta forma a corrente de malha I_m . O mesmo raciocínio vale para blindagens de cabos ou condutores neutro de linhas de distribuição multiaterrados.

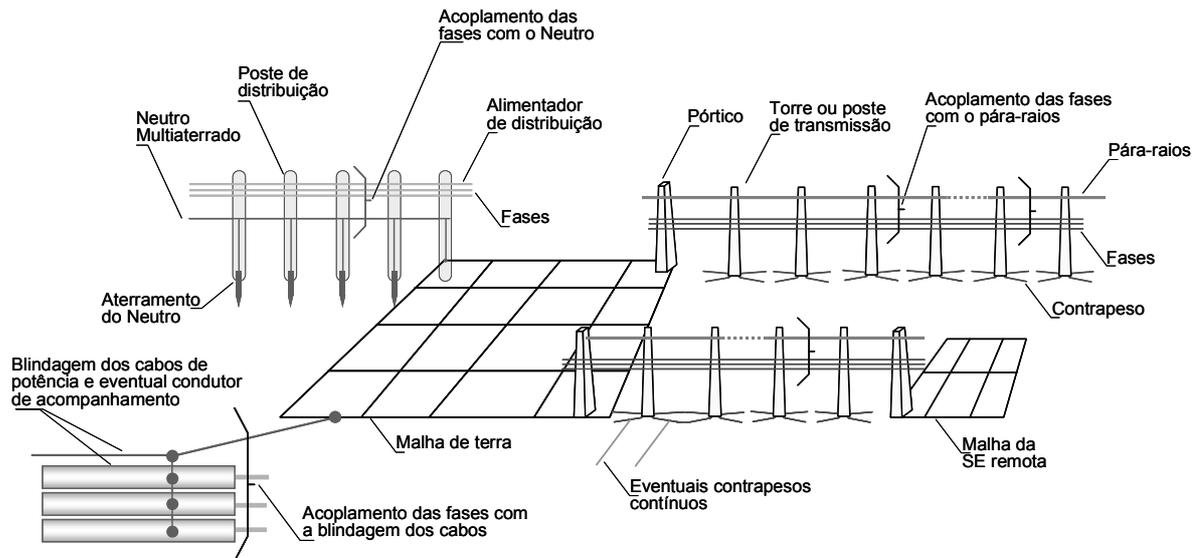


Figura 2.3: componentes do circuito “terra” de uma subestação.

2.4.2 Determinação da Corrente de Malha

A corrente de malha, que será a parcela da corrente de falta utilizada para os cálculos dos potenciais no solo, pode ser calculada a partir da seguinte expressão:

$$I_m = I_{malha} = I_f \times S_f \times C_p \times D_f, \text{ onde } S_f = \frac{I_{malha \text{ sim ef}}}{I_{falta}}.$$

O fator S_f determina a parcela da corrente de falta que efetivamente escoar para a terra através da malha da subestação. Feita a modelagem da rede envolvida na distribuição da corrente de falta, a solução do circuito, e conseqüentemente a corrente I_m , pode ser obtida por métodos gráficos, com a utilização de expressões ou por meio de programas computacionais.

Se a corrente total de falta I_f for utilizada, sem que se faça o cálculo da parcela efetivamente dissipada para o solo pela malha (I_m), deve-se ter em mente que esta resultará superdimensionada. A utilização da corrente de suportabilidade de equipamentos para o dimensionamento da malha também levará a um superdimensionamento da mesma.

Em muitos casos, a utilização da corrente total de falta I_f para o dimensionamento da malha, inviabiliza a obtenção de uma geometria que proporcione a segurança humana desejada, especialmente devido a restrições de área para a malha de aterramento. Neste caso é imprescindível o cálculo da corrente de malha I_m , para se projetar uma malha exequível e ao mesmo tempo segura em relação ao controle de tensões de toque e passo.

No caso de subestações atendidas por linhas de transmissão sem cabo pára-raios e/ou redes de distribuição sem condutor neutro (ou quando este último não é interligado à malha da subestação), a corrente de malha será igual à corrente de falta ($I_m = I_f$).

O fator D_f considera a contribuição da corrente assimétrica de falta nos primeiros ciclos da falta, ou seja o efeito da componente contínua da corrente de curto-circuito. Considerando-se que os tempos de eliminação do defeito normalmente utilizados são da ordem de 0,5s, associados à proteção de retaguarda do sistema (supondo que houve uma falha na proteção de primeira linha), o fator D_f pode ser considerado unitário. Para tempos de eliminação da falta de 30 ciclos, este fator resulta no incremento máximo de 10% em I_m (dependendo do valor de X/R no ponto onde ocorre a falta).

O fator de crescimento do sistema C_p leva em consideração o crescimento da corrente de falta ao longo da vida útil da instalação, em função da expansão da rede de transmissão e geração de energia elétrica, o que resulta no aumento do nível de curto-circuito. Pode-se identificar em algumas situações, uma correlação entre fatores C_p e S_f , considerando, por exemplo, que um incremento no número de linhas de transmissão chegando a uma subestação resulta no aumento do nível de curto-circuito, acarretando, porém a redução do fator de divisão, em função do maior número de caminhos para o solo, via cabos pára-raios e torres de linhas de transmissão. Com relação a este fator é recomendável que os estudos de aterramento sejam conduzidos considerando os níveis de corrente de falta previstos até o ano horizonte disponível no planejamento e que reavaliações futuras sejam conduzidas quando de alterações significativas no estudo realizado, ou para evoluções do sistema além do ano horizonte inicialmente estudado.

2.4.3 Corrente de Malha de Longa Duração

Deve-se considerar também a presença de corrente de malha de longa duração (I_{mld}) que retorna ao sistema pela malha, seja proveniente de sistemas monofásicos com retorno por terra ou qualquer outra configuração capaz de gerar tal corrente, tais como rede de distribuição com transformadores monofásicos ligados entre fase e neutro, transformadores trifásicos com primário em estrela aterrada etc.

A primeira fase do cálculo desta corrente consiste em definir a maior corrente permissível no neutro de um ou mais transformadores da subestação, que possa fluir permanentemente no sistema de aterramento e que deve servir de parâmetro para o ajuste das proteções de sobrecorrente de neutro dessa subestação. A segunda fase consiste em determinar a parcela de corrente que flui pela malha de aterramento da subestação e a que flui pelo aterramento das linhas de transmissão e dos neutros dos alimentadores em paralelo com essa malha, na proporção inversa de suas impedâncias de aterramento vistas por essa corrente.

Após o cálculo da corrente de malha de longa duração, deve-se verificar se esta não provoca tensões de passo e toque superiores aos valores suportados pelo corpo humano, em regime de longa duração (tempo maior que 3 s). Caso esta condição não seja atendida em qualquer ponto da subestação, ou arredores, o projeto do eletrodo de aterramento deve ser refeito, de forma que não haja tensões de passo e toque perigosas aos seres vivos.

2.5 MAPEAMENTO DOS POTENCIAIS DE PASSO E DE TOQUE

Uma vez estabelecidos o modelo de solo e a geometria de malha, e calculada a parcela da corrente de falta I_m dissipada no solo localmente pela malha de aterramento, pode-se proceder à simulação para o cálculo do valor de projeto da resistência de aterramento da malha e para a obtenção do mapeamento dos potenciais de passo e de toque na área abrangida pela malha e no seu perímetro externo.

Caso ocorram potenciais perigosos, superiores aos valores máximos toleráveis previamente calculados, o projeto da malha deverá ser reavaliado, com a implementação dos ajustes necessários para garantir as condições de segurança humana desejadas.

Os cálculos de resistência de aterramento e de potenciais no solo podem ser efetuados através de metodologias simplificadas, quando se tratarem de malhas reticuladas retangulares, imersas em solo homogêneo e com relação entre o comprimento e a largura da malha inferior a 2,5/1. Malhas que possuam assimetrias e/ou modelos de solos com duas ou mais camadas exigem a utilização de programas digitais de simulação para a elaboração destes cálculos.

3 RECOMENDAÇÕES GERAIS

Este item da norma apresenta diversas recomendações práticas, que devem ser consideradas no projeto da malha de aterramento de uma subestação. É importante observar que são recomendações básicas, que em diversas situações deverão ser objeto de estudo específico, para uma especificação que atenda plenamente os aspectos de segurança e operacionais a serem considerados.

Cuidados especiais devem ser tomados para o aterramento de estruturas metálicas longas, que deixam o perímetro da SE (como tubulações, cercas, linhas de comunicação etc.), uma vez que as mesmas podem transferir potenciais de toque perigosos para fora da subestação.

As tubulações metálicas devem ser isoladas e seccionadas a partir do ponto de cruzamento deste com o último condutor da malha, por meio de junta isolante. Eventualmente esta junta deverá ser protegida por um DPS – Dispositivo de Proteção contra Surtos, tendo em vista uma condição de queda de raio. Cabe observar que tanto a junta isolante como o DPS deverão possuir suportabilidade à sobretensões em regime permanente, compatível com com a máxima ddp que poderá ocorrer entre as duas seções de duto por ela separadas, quando da ocorrência de uma falta para a terra na SE. Sistemas de proteção catódica destas tubulações também devem ser objeto de avaliação, cabendo o dimensionamento de um sistema de proteção, ou mesmo a relocação dos retificadores, caso necessário.

Cercas metálicas localizadas no interior da malha da subestação deverão ser interligadas a esta em vários pontos (multi-aterramento). Cercas metálicas localizadas fora do plano coberto pela malha devem ser seccionadas e essas seções multiaterradas, porém, esta medida deve ser tomadas considerando-se uma condição local que garanta os níveis de potenciais de toque toleráveis. Normalmente, as cercas localizadas fora da área abrangida pela malha deverão ter aterramento independente, e deverão ser objeto de estudo, de modo a não transferir potenciais de toque perigosos para áreas externas à subestação.

Trechos de cerca, que saem da área ocupada pela malha devem ser seccionados e cada seção deve ser aterrada por duas hastes, de modo a evitar a transferência de potencial perigoso para pontos distantes. Trechos de cerca externas, que passam sob linhas de AT e BT, devem ser tratados da mesma forma.

Para circuitos de comunicação que atendem a subestação, recomenda-se o uso de equipamentos de proteção e a utilização de transformador de isolamento e neutralizador, a fim de garantir a segurança pessoal e dos equipamentos de comunicação. As soluções devem ser particularizadas para cada caso.

AUTORES

Paulo Edmundo da Fonseca Freire (paulofreire@paiolengenharia.com.br)
Engenheiro Eletricista (1978) e Mestre em Sistemas de Potência pela PUC-RJ (1984)
É sócio/diretor da PAIOL Engenharia, em Paulínia/SP.
Curso de especialização em Aterramento e Interferências no Canadá, na SES - Safe Engineering Services & technologies ltd.
Revisor dos temas Aterramento e Proteção contra raios nos livros “Instalações Elétricas” dos Profs. Hélio Creder (15ª Ed.) e Arnaldo Niskier (5ª Ed.)
Autor de trabalhos e Palestrante em Cursos, Congressos e Seminários diversos (ENIE, SNPTEE, NETCOM etc.).
Foi engenheiro nas divisões de Estudos de Sistemas da IESA – Internacional de Engenharia e da Monasa Consultoria e Projetos, e foi sócio/diretor da Eletro-Estudos Engenharia, no Rio de Janeiro.

Pedro Augusto P. Vallone (pvallone@cteep.com.br)
Engenheiro Eletricista formado em 1980 pela Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie.
Cursos de especialização em Energia na Itália.
Coordenador do grupo de trabalho GT-5 da CE 102-01 do COBEI/ABNT.
É Engenheiro de Projetos de Subestações da CTEEP e trabalhou na CESP – Cia Energética de São Paulo, CHESF- Cia Hidroelétrica do São Francisco em empresas de consultoria tais como Main Engenharia e Secom Engenharia.

Paulo Edmundo Freire cujo e-mail é: paulofreire@paiolengenharia.com.br é o responsável para concentrar as informações e manter contatos com a coordenação do ENIE.

Endereço Residencial: Rua 6, nº 60, Condomínio Paineiras, Betel, Paulínia/SP, CEP 13.140-000.
Endereço Comercial: Rua Argemiro Piva 246, Vila José Paulino Nogueira, Paulínia/SP – CEP 13.140-000.

Paulo Edmundo Freire
PAIOL Engenharia
Esc. (19) 3844-4488
Cel. (19) 7819-4819
Nextel 42*20550
Skype: paulo-freire
www.paiolengenharia.com.br