
Norma Técnica SABESP NTS 197

**Sistemas de proteção catódica – operação e
manutenção**

Procedimento

São Paulo
Fevereiro - 2003

SUMÁRIO

1	OBJETIVO	1
2	CAMPO DE APLICAÇÃO	1
3	NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES	1
4	MEDIÇÕES E INSPEÇÕES	1
4.1	<i>Manutenção preventiva</i>	2
4.2	<i>Controle da corrosão</i>	7
4.3	<i>Controle de correntes de interferência</i>	8
	ANEXO A.....	11

Sistemas de proteção catódica - operação e manutenção

1 OBJETIVO

Fixar os requisitos mínimos a serem observados na operação e na manutenção dos sistemas de proteção catódica.

Apresentar recomendações para programas de acompanhamento e manutenção de sistemas de proteção catódica que auxiliarão a manter as medidas para controle de corrosão funcionando com a máxima eficiência.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Este item traz as recomendações a serem seguidas para a operação e manutenção, de forma contínua e eficiente, dos sistemas de proteção catódica da Sabesp.

3 NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

NTS 180:2002	Sistemas de proteção catódica – projeto e implantação
NBR 6180:1983	Ligas de zinco – Classificação
NBR 6315:1981	Lingotes, barras, anodos e verguinhas de estanho
NBR 8734:1985	Anodo galvânico e inerte para proteção catódica
NBR 9240:1986	Anodos de ligas de ferrossilício e ferrossilício-cromo, para proteção catódica
NBR 9241:1986	Anodos de grafite para proteção catódica
NBR 9242:1986	Anodos de liga de chumbo-antimônio-prata para proteção catódica
NBR 9244:1986	Inspeção de anodos inertes para proteção catódica
NBR 9358:1986	Anodo de liga de zinco para proteção catódica
NBR 9363:1986	Anodo de liga de zinco para proteção catódica - Formatos e dimensões
NBR 10388:1988	Anodos de liga de alumínio para proteção catódica - Formatos e dimensões
NBR 10389:1988	Anodo de liga de alumínio para proteção catódica - Ensaio de desempenho
NBR 10742:1989	Inspeção de anodos galvânicos para proteção catódica
NACE RPO 0169:1996	“Control of external corrosion on underground or submerged metallic piping systems”

4 MEDIÇÕES E INSPEÇÕES

Medidas elétricas e inspeções são necessárias para verificar se a proteção catódica foi atingida conforme especificado e que cada parte do sistema de proteção catódica está operando corretamente. Condições que afetem a proteção estão sujeitas a mudanças. Da mesma forma, podem ser necessárias mudanças no sistema de proteção catódica para que este funcione adequadamente. Medições elétricas periódicas e inspeções são necessárias para detectar mudanças no sistema de proteção catódica. Pode haver condições de operação cuja experiência já adquirida indique a necessidade de uma maior frequência de inspeções em determinados sistemas.

Deve-se escolher cuidadosamente o local, número e tipo de medidas elétricas usadas para determinar a adequação de um sistema de proteção catódica.

Deve-se fazer uma medição de potenciais, em intervalos regulares de tempo, de maneira a:

- verificar a efetividade do sistema de proteção catódica;
- obter um histórico a partir dos dados de operação;
- localizar áreas com níveis de proteção inadequados;
- identificar locais que podem ser afetados por correntes de interferência, construções ou outras condições ambientais não-usuais; e
- selecionar áreas a serem monitoradas periodicamente.

4.1 Manutenção preventiva

A manutenção do sistema de proteção catódica da Sabesp é realizada, basicamente, nos seguintes equipamentos:

- retificadores;
- pontos de teste;
- caixas de drenagem; e
- caixas de medição e interligação (caixa M.I.).

A periodicidade das inspeções de manutenção preventiva será determinada por um plano de manutenção específico para cada sistema, levando-se em conta, entre outros aspectos, a experiência adquirida e a influência de alterações ambientais efetivadas e em processamento. No mínimo, estas inspeções deverão ser realizadas:

- nos retificadores: mensalmente (parcial) e trimestralmente (completa);
- nas caixas de drenagem: mensalmente;
- nas caixas M.I. e pontos de teste: trimestralmente.

Em estruturas metálicas protegidas catodicamente as seguintes medidas devem ser tomadas:

- deve-se medir o potencial estrutura-eletrólito em todos pontos de teste ao longo da estrutura, pelo método convencional, com o eletrodo de referência adequado, posicionado próximo à estrutura;
- se a estrutura não tiver revestimento externo os potenciais com relação ao eletrólito devem ser tomados também, posicionando-se o eletrodo de referência afastado da estrutura, caso a proteção catódica seja por meio de anodos afastados da estrutura. Se tiver sido usado um sistema de anodos galvânicos distribuídos ao longo da estrutura, as medidas de potencial estrutura-eletrólito devem ser tomadas sobre a estrutura;
- caso sejam encontrados valores abaixo do potencial de proteção, que depende do tipo de material da estrutura e do eletrodo de referência, devem ser programados registros prolongados de potencial estrutura-eletrólito, para se saber o valor de potencial predominante;
- para estrutura revestida externamente, realizar testes a fim de se calcular a resistência efetiva do revestimento;
- nos retificadores, medir a corrente e tensão impressa, o consumo de energia e a eficiência do retificador;
- medir a resistência de aterramento dos leitos de anodos dos sistemas de corrente impressa;
- medir o potencial estrutura-eletrólito em locais de cruzamento entre a estrutura que está sendo inspecionada e estruturas estranhas. Onde houver interligações

deve-se medir a intensidade de corrente através da conexão de interligação e seu sentido;

- em áreas com estruturas sujeitas a correntes de interferência, verificar se os dispositivos de drenagem de corrente, as conexões de interligação entre estruturas, ou outras medidas corretivas, estão operando adequadamente e proporcionando o grau de proteção necessário à estrutura;
- testar as juntas de isolamento elétrico, medir a resistência dos eletrodos de aterramento elétrico e verificar a calibragem dos pára-raios de proteção dessas juntas;
- devem ser também inspecionados os demais itens peculiares a cada sistema de proteção catódica em particular.

Em estruturas sujeitas a correntes de interferência de elevada intensidade, as inspeções poderão ter necessidade de serem feitas semanalmente ou, até mesmo diárias, como no caso de dispositivos de drenagem de corrente e retificadores.

4.1.1 Revestimento

Apesar de as estruturas metálicas revestidas externamente se encontrarem, na maioria das vezes, em locais inacessíveis, em determinadas condições há possibilidade de se executar serviços a fim de manter esse revestimento com níveis de eficiência aceitáveis.

Os serviços de manutenção limitam-se aos reparos ou troca completa do revestimento. O material utilizado para isso deve possuir qualidades tão boas ou melhores que as do revestimento original.

Uma das formas de se conhecer o desempenho do tipo de revestimento externo utilizado na estrutura é mantendo um registro constante dos dados obtidos nas inspeções de campo.

O relatório de inspeção deve apresentar informações sobre:

- localização exata da estrutura revestida;
- tipo de revestimento em detalhes;
- fabricante;
- grau do material, ou outra informação que identifique como utilizar e aplicar o material;
- temperatura na superfície do revestimento, no local onde a estrutura se encontra;
- condições gerais de revestimento;
- qualidade de aderência;
- evidência de umidade sob o revestimento;
- evidência de efeitos de esforços mecânicos;
- presença de pites na superfície metálica em locais de falhas de revestimento - inclusive quantidade, diâmetro, profundidades média e máxima;
- dados físico-químicos do eletrólito.

Em casos de estruturas enterradas, quando for considerado essencial conseguir dados sobre o desempenho do revestimento, escavações propositais podem ser programadas. Esse processo pode ser estabelecido quando a resistência efetiva do revestimento, em algum trecho específico, tenha mostrado um rápido declínio comparado com o resto da estrutura; o porquê dessa condição deve ser conhecido. Os trechos a serem desenterrados são usualmente selecionados com base nos testes de detecção de falhas do revestimento. Aqueles que tiverem indicações de defeitos mais severos serão reparados. Se o revestimento tiver sido bastante deteriorado, a ponto de desviar grande parte da corrente de proteção catódica, a proteção geral das outras partes da estrutura se perde. O reparo do revestimento dos trechos deteriorados pode restaurar a efetiva proteção a toda estrutura sem precisar alterar o sistema de proteção catódica. Um estudo

de viabilidade econômica, considerando o reparo do revestimento e o simples aumento do nível de proteção catódica no trecho afetado, deve ser feito em tais circunstâncias.

Essa condição é indicativa de que o revestimento aplicado não era o adequado para as condições do eletrólito, ou então não foi bem utilizado. O material que for utilizado nos reparos deve ser especialmente selecionado a fim de perdurar sob as condições particulares do eletrólito.

4.1.2 Anodos galvânicos

Além dos testes elétricos de rotina executados durante as inspeções periódicas, a manutenção das instalações de anodos galvânicos está restrita primariamente à determinação de que os cabos dos anodos ou cabos principais não tenham sido expostos ou danificados por acidente, durante limpeza ou construção no local onde estão instalados. Onde forem encontrados cabos expostos ou danificados, os reparos devem ser prontamente executados. Nas instalações com pontos de teste, deve ser dada atenção especial para a manutenção de conexão entre o cabo dos anodos e o cabo soldado na estrutura. Devido à baixa diferença de potencial própria dos anodos galvânicos, a resistência elétrica na conexão pode causar acentuado decréscimo na corrente de proteção. Periodicamente, essas conexões devem ser limpas e protegidas. À medida que os anodos se aproximam do fim de sua vida útil, a corrente liberada diminuirá. A sua substituição será necessária quando estes não mais puderem fornecer a corrente suficiente para manter potenciais de proteção na estrutura. A corrente drenada pelos anodos pode ser medida, durante as inspeções periódicas, nas instalações com pontos de testes instalados para esse propósito. A determinação aproximada da vida útil dessas instalações pode ser prevista através da relação da quantidade de material do anodo com a intensidade de corrente média drenada, desde a instalação dos anodos.

Se ocorrer um acentuado decréscimo na corrente drenada pela instalação de anodos galvânicos e não houver razão para se acreditar que sua vida está chegando ao fim, a causa talvez seja o cabo principal ou um cabo do anodo degolado.

4.1.3 Sistema de proteção por corrente impressa

4.1.3.1 Retificadores

As inspeções nas unidades retificadoras (ou outras fontes de impressão de corrente) devem ser estabelecidas com base nos procedimentos adotados para o sistema. Raramente é preciso inspecionar as unidades mais que uma vez por semana. Normalmente uma inspeção quinzenal é satisfatória, e em caso extremo uma inspeção mensal.

A rotina de inspeção dos retificadores normalmente consiste na leitura da tensão e corrente de saída, e, existindo medidor de energia em corrente alternada, o consumo dessa energia. A leitura do consumo de energia possibilita estimar, com boa aproximação, o tempo que o retificador ficou parado, caso tenha sido encontrado nessa condição e o retificador não disponha de um contador de tempo. Os dados obtidos devem ser comparados com as leituras anteriores a fim de se observar as variações incomuns. Se um retificador é encontrado parado, deve-se verificar inicialmente se isto foi causado por fusível queimado ou disjuntor de circuito desligado. Nessas condições basta substituir o(s) fusível(is) ou rearmar o disjuntor. Se os motivos da parada forem outros, uma investigação mais profunda deve ser realizada, e uma vez determinadas as causas, estas devem ser corrigidas.

A deterioração da coluna retificadora (ponte retificadora) deve ser considerada, principalmente nos retificadores mais antigos. Para pequenas unidades, operando a um consumo mínimo de energia, isso não se torna importante, a menos que a ineficiência se torne tão grande que não se consiga obter nível de proteção para a estrutura.

A eficiência tem maior importância em retificadores de maior porte. A ponte retificadora nessas unidades deve ser substituída quando se tornar tão ineficiente, a ponto de se ter um aumento do custo anual do consumo de energia que torne compensativo o investimento necessário para fazer a substituição da coluna retificadora.

O procedimento para a manutenção preventiva dos retificadores do sistema de proteção catódica é apresentado a seguir. Esta manutenção pode ser mensal e trimestral, de acordo com o tipo de equipamento. O procedimento de manutenção trimestral engloba todas as tarefas previstas no procedimento de manutenção mensal, acrescido de outros itens que só são verificados de três em três meses.

a) Procedimento para manutenção mensal (parcial):

- efetuar medições em todas as caixas do local inspecionado;
- verificar se há aquecimento na fiação e no transformador;
- verificar e testar a operação das chaves *micro-switch*;
- limpar os contatos e apertar os parafusos;
- testar a operação do religador automático;
- executar serviços de limpeza e manutenção do equipamento.

b) Procedimento para manutenção trimestral (total):

- procedimento para manutenção mensal, inclusive;
- inspecionar o movimento e os contatos das chaves tipo "Pacco";
- aferir os instrumentos de medição (amperímetros e voltímetros);
- limpar o equipamento com ar comprimido;
- limpar todas as aletas de ventilação nas unidades ventiladas a ar, a fim de que o fluxo de ar circule sem obstrução;
- substituir a fiação que esteja com a isolação comprometida;
- nas unidades imersas em óleo, verificar o nível e a limpeza do óleo;
- verificar todos os dispositivos de proteção (fusíveis, disjuntores, pára-raios e outros) a fim de se certificar que estejam em perfeitas condições de operação.

4.1.3.2 Leito de anodos

Geralmente, a manutenção do leito de anodos consiste de verificações periódicas a fim de se certificar que não houve nenhuma alteração no solo que cobre o cabo elétrico principal e os cabos dos anodos, no caso de um leito de anodos convencional. Se alguma parte do leito de anodos tiver sido exposta por erosão do solo devido a chuvas, e em especial o cabo elétrico, estes devem ser novamente reaterrados.

Isto deve ser feito depois de se ter certeza que os isolamentos das conexões elétricas não foram danificados, devendo-se separá-los antes do reaterro dos cabos. Caso seja necessário, deve-se reinstalar os cabos em eletrodutos para evitar que sejam novamente expostos. Se for notada atividade de construção, que possa vir a causar danos, próximo do local onde se encontra o leito de anodos, esta deve ter seu traçado estaqueado de forma a servir de advertência, e os danos evitados.

Se a nova construção envolver estruturas metálicas enterradas, devem ser realizados testes a fim de determinar se a estrutura está sujeita à influência de correntes de fuga.

Se os testes de rotina mostrarem um aumento acentuado na resistência do leito de anodos (ou o circuito aberto), serão necessárias medidas para localizar os pontos onde os cabos foram seccionados. Onde um aumento de resistência é notado, mas o circuito não está completamente aberto, a descontinuidade do cabo pode ser localizada através de um aparelho localizador de defeitos de cabos.

Se esse procedimento indicar que há continuidade elétrica em todo o comprimento do cabo principal do leito de anodos, o defeito deve ser um ou mais anodos desconectados do cabo principal.

Onde se chegar à conclusão que há anodos fora do circuito, estes podem ser localizados por um perfil de potenciais tomados sobre a diretriz dos anodos com o retificador energizado. Os potenciais são medidos com dois eletrodos de referência (Cu-CuSO₄), um deles sobre a diretriz dos anodos e o outro distante (aproximadamente 100 metros), sendo que o primeiro deslocado em intervalos de 0,50 a 1,0 metro ao longo dos anodos. O perfil de potencial mostrará picos positivos de potencial para os anodos que estiverem drenando corrente, portanto sem falhas. Onde não acontecer picos positivos, encontrar-se-ão os anodos que necessitam de reparos. A quantidade e o espaçamento entre anodos devem ser conhecidos.

Para leitos de anodos profundos deverá ser consultada a literatura especializada.

- verificar o estado de conservação dos cabos do anodo e do catodo;
- verificar o estado do leito de anodos em relação ao retificador. Esta verificação é feita através do acompanhamento dos gráficos de controle. Se for verificado um aumento na resistência à passagem de corrente, deve-se checar se o cabo não está com problemas ou se os anodos não estão excessivamente desgastados.

4.1.4 Caixas de drenagem

A manutenção preventiva das caixas de drenagem será mensal e deve seguir o seguinte procedimento:

- efetuar medições de potencial tubo/trilho, trilho/solo e tubo/solo em todas as caixas do ponto inspecionado;
- limpar os contatos e apertar os parafusos;
- testar a continuidade do diodo;
- identificar a necessidade de registros, justificando o motivo;
- executar serviços de limpeza e manutenção do equipamento.

Durante a inspeção às caixas de drenagem instaladas junto a trilhos de linhas férreas, se forem verificados picos de corrente (da ordem de 200A a 300A) com persistência, solicitar à empresa ferroviária responsável que tome as medidas necessárias para aumentar a isolação elétrica de seu sistema.

4.1.5 Caixa M.I.

A manutenção preventiva das caixas de medição e interligação (caixa M.I.) será trimestral e deve seguir o seguinte procedimento:

- efetuar medições tubo/solo com o sistema ligado e desligado, nas adutoras e nas demais conexões do local inspecionado;
- identificar a necessidade de registros, justificando o motivo;
- executar serviços de limpeza e manutenção do equipamento;
- identificar as condições interligado e não-interligado;
- medir a corrente circulante entre as estruturas.

4.1.6 Pontos de teste

O ponto de teste constitui o meio principal através do qual é possível avaliar o nível de proteção na maioria dos sistemas de estruturas enterradas ou submersas.

Após a instalação dos pontos de teste, ocasionalmente, pode ser necessária a reposição de tampas de algumas caixas, de alguma parte dessas caixas, ou ainda de toda a caixa, devido à quebra ou perda causadas por acidentes ou atos de vandalismo. Quando as

caixas possuírem parafusos ou partes roscadas, estes devem ser mantidos lubrificados para permitirem fácil operação, e as superfícies de contato no circuito elétrico devem ser mantidas limpas e protegidas para assegurar baixa resistência de contato.

Os cabos degolados nos pontos de teste podem ser de difícil reparo, dependendo do acesso ao local danificado. Isto ocorre onde as instalações de pontos de teste em tubulações são feitas diretamente sobre a adutora, os cabos são envolvidos em eletrodutos envelopados em concreto, e o terreno é compactado nas instalações.

Ocasionalmente uma conexão mal executada entre o cabo e a estrutura pode provocar a abertura do circuito. Quando se tem o local exato do ponto de teste e o mesmo perfeitamente cadastrado, a escavação necessária para encontrar o cabo é facilitada a menos que a estrutura esteja profunda.

Como resultado de especificações de instalação incompletas ou por falta de inspeção durante as montagens, pode-se encontrar os cabos dos pontos de teste curto-circuitados com o eletroduto por onde passam. Isso ocorre comumente devido à existência de rebarbas no eletroduto.

A manutenção preventiva dos pontos de teste, a ser realizada trimestralmente, deve seguir o seguinte procedimento:

- efetuar medições em todas as caixas do local inspecionado;
- identificar a necessidade de registros, justificando o motivo;
- identificar a necessidade de reparos, justificando o motivo.

4.2 Controle da corrosão

O controle da corrosão pode ser feito em vários níveis, dependendo das condições ambientais. Entretanto, na ausência de dados específicos, serão descritas a seguir algumas condições mínimas necessárias para a correta operação do sistema:

4.2.1 A maneira mais comum de se fazer o controle da corrosão é através de medidas do potencial existente entre a estrutura a ser protegida e o eletrólito, em relação a um eletrodo de referência^(*) (potencial estrutura/eletrólito). O potencial negativo mínimo de proteção adotado para o aço é de -850mV , em relação à semicélula de Cu/CuSO_4 .

(*) normalmente, utiliza-se um eletrodo de cobre/sulfato de cobre.

4.2.2 Outra condição que pode vir a ser aceita é a verificação, quando da injeção de corrente de proteção (sistema energizado), de uma elevação mínima de 100mV no valor do potencial natural da estrutura/eletrólito (medido antes da energização do sistema de proteção). Esse critério é válido qualquer que seja o eletrodo de referência utilizado.

Quando a estrutura a ser protegida está encapsulada em concreto ou enterrada em solo seco ou aerado de alta resistividade, valores menos negativos que os apresentados no item 4.2.1 podem ser suficientes.

O uso de potenciais de polarização excessivos deve ser evitado em estruturas revestidas de modo a evitar o descolamento catódico do revestimento.

Potenciais de polarização que resultem em excessiva geração de hidrogênio devem ser evitados em todos os metais, particularmente em metais tais como aços de alta resistência, titânio, ligas de alumínio e certos aços inoxidáveis.

Outros eletrodos de referência podem ser utilizados, ao invés do eletrodo de cobre/sulfato de cobre. Dois eletrodos de referência comumente utilizados estão listados abaixo, com suas voltagens equivalentes a -850mV a 25°C :

- eletrodo de referência de calomelano saturado (-780mV);
- eletrodo de referência de prata/cloreto de prata, usado em água do mar a 25ohm.cm (-800mV).

4.3 Controle de correntes de interferência

A seguir, estão apresentadas as recomendações a serem seguidas para a detecção e o controle de correntes de interferência. O seu mecanismo e seus efeitos prejudiciais também estão descritos.

- a) O mecanismo de corrosão pela ação de correntes de interferência em estruturas metálicas imersas ou enterradas difere de outras causas de danos por corrosão, pois a corrente responsável pela corrosão provém de uma fonte estranha à estrutura afetada. Normalmente a corrente de interferência é coletada no eletrólito pela estrutura afetada diretamente de uma fonte de corrente não conectada metalicamente à estrutura.
- b) Os efeitos prejudiciais das correntes de interferência normalmente ocorrem em locais onde há saída de corrente da estrutura para o eletrólito.
- c) Pode ocorrer o descolamento de revestimentos em áreas onde o gradiente de potencial no eletrólito force a entrada de corrente na estrutura afetada. Entretanto, como o revestimento externo começa a se descolar, uma grande área de metal pode ser exposta, o que pode aumentar a demanda por corrente de proteção catódica.
- d) A severidade da corrosão externa resultante da ação de correntes de interferência depende de vários fatores, a saber:
 - localização da fonte de energia que está gerando as interferências;
 - magnitude e densidade da corrente de interferência;
 - qualidade do revestimento externo (ou ausência de revestimento nas estruturas envolvidas);
 - presença e localização de juntas mecânicas com alta resistência elétrica.
- e) As fontes típicas de corrente de interferência são:
 - corrente contínua: retificadores de proteção catódica, geradores termelétricos, trilhos eletrificados de trem, trólebus e metrô, equipamentos de soldagem e outras fontes de corrente contínua;
 - corrente alternada: sistemas de corrente alternada e linhas férreas eletrificadas com corrente alternada;
 - correntes telúricas.
- f) Visando a detecção da ação de correntes de interferência, os responsáveis pelo controle devem ficar atentos a alterações físicas ou elétricas que podem indicar a interferência de uma fonte externa de corrente. Entre estas alterações, destacam-se:
 - mudanças no potencial medido entre o eletrólito e a estrutura, causadas por uma fonte de corrente externa;
 - mudanças na magnitude da linha de corrente ou em sua direção, causadas por uma fonte de corrente externa;
 - ocorrência de corrosão localizada (pites) em áreas próximas ou imediatamente adjacentes a estruturas estranhas ao sistema;
 - danos em revestimentos externos em áreas localizadas nas proximidades de leitos de anodos ou próximas a outra fonte de corrente contínua de interferência.
- g) Em áreas onde haja a suspeita de que possa estar havendo ação de correntes de interferência, recomenda-se a condução de testes apropriados. Para a realização dos testes, recomenda-se que sejam utilizados um ou mais dos seguintes métodos:
 - medidas de potencial estrutura/eletrólito. O procedimento para a realização destas medidas está apresentado no Anexo A;
 - medidas de corrente na estrutura;
 - medidas de variação de corrente na fonte externa suspeita de interferência.

- h) Se for constatada a ação de correntes de interferência, devem ser tomadas providências no sentido de eliminar os problemas verificados. A solução a ser adotada deve ser satisfatória para todas as partes envolvidas.
- i) Uma vez constatada a ação de correntes de interferência, pode-se fazer o desenvolvimento de curvas beta (β) para a determinação dos pontos de máxima descarga de corrente na estrutura afetada. Para determinação de β , faz-se várias medições de potencial V_1 (estrutura interferida – estrutura interferente) e V_2 (estrutura interferida – eletrodo de referência), num dado ponto de teste, lançando-se os valores encontrados num gráfico ($V_2 \times V_1$). Em seguida, ajusta-se uma reta ao conjunto de pontos determinados, cujo coeficiente angular é o valor de β para este ponto. Repete-se a operação nos demais pontos do trecho considerado. Os valores de β encontrados são lançados em outro gráfico, relacionando-os com os pontos de medição. Caso a curva β apresente um máximo, esta região corresponderá à máxima de corrente para o solo.
- j) A conexão elétrica entre as estruturas interferente e interferida é uma técnica comum para o controle de correntes de interferência. A ligação conduz eletricamente a corrente de interferência da estrutura afetada para a estrutura que está causando a interferência ou para a fonte de corrente.
- k) Aparelhos de controle unidirecionais, tais como diodos ou chaves de corrente reversa, podem ser necessários em conjunto com ligações elétricas se for verificada a flutuação de corrente. Estes aparelhos impedem a reversão do sentido de corrente.
- l) Um resistor pode ser necessário na ligação elétrica, para controlar o fluxo de corrente da estrutura afetada para a estrutura que está causando a interferência.
- m) A conexão elétrica entre as estruturas interferente e interferida pode causar uma queda no nível de proteção catódica da estrutura que está causando a interferência. Neste caso, pode ser necessária a aplicação de uma proteção catódica adicional na estrutura que está causando a interferência para compensar este efeito.
- n) A conexão elétrica entre as estruturas interferente e interferida pode não ser suficiente para eliminar o problema de interferência, no caso de uma estrutura não revestida em contato com uma estrutura revestida externamente.
- o) Outra possibilidade é a aplicação de uma corrente de proteção catódica na estrutura afetada, nos locais onde a corrente de interferência está sendo descarregada. A fonte de corrente pode ser anodos galvânicos ou de corrente impressa.
- p) Um ajuste da saída de corrente da fonte de interferência pode resolver o problema.
- q) A mudança dos pontos de instalação dos retificadores pode reduzir ou eliminar a fonte da corrente de interferência em estruturas próximas.
- r) A instalação de isolamento adequado em pontos da estrutura pode reduzir ou eliminar o efeito das correntes de interferência.
- s) Instalação de drenagem de corrente polarizada nos pontos de descarga de corrente, ligada à malha de aterramento composta por anodos ou sucata ferrosa.
- t) Indicações de que a ação das correntes de interferência foi detida podem ser obtidas de uma das seguintes maneiras:
- se o potencial estrutura/eletrolito voltar aos valores observados antes da ação das correntes de interferência;
 - se medidas das linhas de corrente na estrutura afetada mostrarem que a corrente de interferência não está sendo descarregada no eletrolito;
 - ajustando a inclinação da curva beta para mostrar que a descarga de corrente foi eliminada no local de máxima exposição.

Onde forem instalados resistores, ou simples ligações metálicas, entre as estruturas para corrigir a interferência de sistemas, é necessária verificação periódica. Aqueles por onde circula intensidade de corrente elevada devem ser inspecionados mais freqüentemente.

Os resistores, ou ligações metálicas, que estão sujeitos à queima ocasional, quando da passagem de correntes elevadas devidas a descargas atmosféricas, devem ser prontamente substituídos.

Provavelmente o item mais importante do programa de manutenção preventiva seja a aquisição de informações sobre as mudanças nos sistemas de controle de corrosão existentes nas estruturas que possam cruzar ou se aproximar em demasia da estrutura considerada. Obtendo-se todas as informações antecipadamente, é possível traçar planos para a realização de testes de interferência em comum acordo entre as partes envolvidas e assim projetar os resistores, ou ligações metálicas, de correção ou outras medidas necessárias, quando danos de interferência podem ser causados por uma ou outra parte.

Com relação à interferência provocada por linhas de trólebus eletrificadas, informações antecipadas sobre os itens abaixo mencionados serão muito importantes:

- mudança nos programas de operação;
- descontinuidade na operação ou mudança de subestação de trólebus próximas do local onde está a estrutura;
- planos para a construção de novas subestações.

ANEXO A**Procedimento para a realização de medidas de potencial estrutura/eletrólito**

Para a realização de medidas do potencial estrutura/eletrólito são necessários os seguintes equipamentos:

- multímetro digital;
- semicélula ou eletrodo de referência;
- cabos conectores;
- equipamentos auxiliares (chaves de fenda, alicates, fusível e outros).

Os potenciais de proteção, em referência a diferentes tipos de eletrodos, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Potenciais de proteção referentes a diferentes tipos de eletrodos

Elemento de referência	Potencial de proteção (mV)
Ag/AgCl	< - 800
Cu/CuSO ₄	< - 850
Zinco	< - 250

O procedimento para a obtenção da medida é:

- Colocar o eletrodo de referência em contato direto com o eletrólito. No caso do solo, enterrar parcialmente o eletrodo de referência, de modo a garantir o contato da semicélula com o solo;
- Conectar a saída positiva do multímetro digital à estrutura;
- Caso a estrutura possua algum tipo de revestimento, é necessário que na região de contato este seja retirado. No caso de equipamentos onde o sistema de proteção catódica já esteja instalado, a conexão deve ser feita no ponto de teste;
- Realizar a medida de potencial e anotar o valor obtido.

Observação: se for utilizado um multímetro analógico, deve-se conectar a saída positiva do multímetro ao eletrodo e a saída negativa à estrutura. O valor obtido deve ser multiplicado por -1.

Página em branco

Sistemas de proteção catódica – operação e manutenção

Considerações finais:

- 1) Esta norma técnica, como qualquer outra, é um documento dinâmico, podendo ser alterada ou ampliada sempre que for necessário. Sugestões e comentários devem ser enviados ao Departamento de Tecnologia – TTT.
- 2) Tomaram parte na elaboração desta Norma:

ÁREA	UNIDADE DE TRABALHO	NOME
AA	AANA	Wagner Rigó
AG	AGOE	Zacharias Elias Filho
AM	AME	Antônio Marco Parlângelo
IV	IVOM	Luiz Antônio Varela
IV	IVOM	Tony Yossif Teixeira Darido
LB	LBSM	Renato da Cruz Silva
ME	MEE	Antônio Jun Ito
ME	MEE	Sérgio Yoshima
MN	MNNA	Agustin Gonzalez Garcia
T	TTT	Marco Aurélio Lima Barbosa
T	TTT	Maria Célia Goulart
CS	CSQQ	Carlos Alberto Guia Pereira
CS	CSQQ	Eduardo de Meneses

Sabesp - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
Diretoria de Produção e Tecnologia - T
Superintendência Técnica - TT
Departamento de Tecnologia - TTT

Rua Costa Carvalho, 300 - CEP 05429-900
São Paulo - SP - Brasil
Telefone: (0xx11) 3388-8839 / FAX: (0xx11) 3814-6323
E-MAIL : marcoabarbosa@sabesp.com.br

Palavras-chave: proteção catódica, manutenção, operação

__11__ páginas