

ANEXO F-III

PROJETO DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO CATÓDICA

SUMÁRIO

- 1. OBJETIVO**
- 2. CAMPO DE APLICAÇÃO**
- 3. REFERÊNCIAS NORMATIVAS**
- 4. DEFINIÇÕES**
- 5. PROJETO DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO CATÓDICA**
 - 5.1. Princípios básicos**
 - 5.2. Especificação do projeto**
- 6. APRESENTAÇÃO**

1. OBJETIVO

O presente instrumento visa orientar e padronizar os requisitos e procedimentos a serem observados no projeto dos sistemas de proteção catódica.

2. CAMPO DE APLICAÇÃO

Este anexo estabelece procedimentos visando o controle da corrosão, pela implantação de sistemas de proteção catódica, nos seguintes locais:

- **Estruturas e equipamentos novos:** o controle da corrosão por proteção catódica deve ser previsto no projeto inicial e mantido durante todo o tempo de vida útil, a menos que estudos indiquem que a implantação de um sistema de proteção catódica não é necessária;
- **Sistemas já em operação:** a proteção catódica deve ser providenciada e mantida, a menos que estudos indiquem que a implantação do sistema de proteção catódica não é necessária.

Este anexo não inclui métodos de controle da corrosão baseados no controle químico do ambiente ou no uso de revestimentos eletricamente condutores.

3. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

- | | |
|-----------------------|---|
| • ABNT NBR 6315:2016 | Lingotes, barras, anodos e verguinhas de estanho — Especificação |
| • ABNT NBR 9240:2016 | Anodos de liga de ferro-silício-cromo para proteção catódica |
| • ABNT NBR 9241:2016 | Anodos de grafite para proteção catódica |
| • ABNT NBR 16265:2014 | Inspeção de anodos para proteção catódica |
| • ABNT NBR 9358:2016 | Anodos de liga de zinco para proteção catódica |
| • ABNT NBR 16265:2014 | Inspeção de anodos para proteção catódica |
| • NACE SP 0169:2013 | Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems |

4. DEFINIÇÕES

ANODO GALVÂNICO: um metal que, devido a sua posição na série galvânica, protege o metal ou metais mais nobres na mesma série, quando formam um par imerso em um eletrólito.

ANODO INERTE: eletrodo altamente resistente à corrosão, utilizado nos sistemas de proteção por corrente impressa para dispersão de corrente no eletrólito.

ENCHIMENTO (BACKFILL): material utilizado no preenchimento da vala, após a instalação dos anodos.

CORROSÃO METÁLICA: transformação de um material (metal) pela sua interação química ou eletroquímica com o meio em que se encontra.

DIODO: semicondutor bipolar, que tem uma baixa resistência à passagem de corrente elétrica em um sentido e uma alta resistência no sentido oposto.

ELETRODO DE REFERÊNCIA: eletrodo utilizado nas medidas de potencial entre o equipamento ou estrutura a ser protegida e o eletrólito, com o objetivo de controlar automaticamente, em função dos potenciais alcançados no equipamento ou estrutura a ser protegida, a quantidade de corrente fornecida pelo retificador através dos anodos.

ELETROLITO: substância química contendo íons que migram em um campo elétrico. No caso deste anexo, o eletrólito se refere ao solo ou ao líquido adjacente ou em contato com o equipamento ou estrutura a ser protegida.

PAINEL OU UNIDADE DE CONTROLE (ESTAÇÃO REMOTA DE CONTROLE): compõe-se de elementos de medição, supervisão e aquisição de dados integrados a cada retificador que permitem observar e controlar de um ponto remoto as condições de todos os retificadores e, conseqüentemente, do sistema de proteção.

POTENCIAL DE CORROSÃO: potencial misto de uma superfície metálica corroendo em referência a um eletrodo em contato com o eletrólito.

POTENCIAL NATURAL: valor que é obtido na medição do potencial entre uma estrutura e um eletrólito, com auxílio de um eletrodo de referência, na ausência de correntes de interferência.

POTENCIAL MISTO: potencial resultante da somatória das reações eletroquímicas que ocorrem simultaneamente na superfície do metal.

PROTEÇÃO CATÓDICA POR CORRENTE IMPRESSA: processo de controle da corrosão que utiliza a introdução de corrente contínua por meio de uma ou mais fontes externas, empregando-se anodos inertes.

PROTEÇÃO CATÓDICA POR ANODOS DE SACRIFÍCIO: processo de controle da corrosão baseado no uso de anodos de sacrifício. A quantidade de corrente fornecida

por estes anodos é limitada pela resistividade do eletrólito e pelo potencial existente entre a estrutura a ser protegida e o anodo.

RETIFICADOR DE PROTEÇÃO CATÓDICA: fonte externa de força eletromotriz constituída de um transformador-retificador alimentado por intermédio de um circuito de corrente alternada.

TAXA DE CORROSÃO: é a quantidade de material consumido num determinado período de tempo. Pode ser expressa na forma de perda de massa ou perda de espessura por unidade de tempo (gramas/ano ou microns/ano, por exemplo).

5. PROJETO DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO CATÓDICA

5.1. Princípios básicos

O principal objetivo de um projeto de sistemas de proteção catódica é fornecer proteção contra corrosão aos equipamentos ou estruturas, observando as seguintes considerações:

- Projetar um sistema de anodos compatível com a vida útil do equipamento ou estrutura prevendo sua manutenção ou troca periódica destes anodos;
- Minimizar a interferência de corrente do sistema nas estruturas enterradas situadas em sua vizinhança;
- Projetar um sistema que possibilite a alteração na intensidade de corrente requerida pelo sistema manual (em inspeções) ou automática (em função do monitoramento contínuo mediante sensores locais);
- Instalar os anodos de forma a minimizar a possibilidade de que estes venham a ser movidos ou danificados pela ação de terceiros;
- Prever a instalação de pontos de teste de tal forma que o monitoramento do sistema seja feito da maneira mais fácil e rápida possível;
- Reconhecer as condições de riscos dos locais e selecionar/especificar materiais e procedimentos de instalação que garantam condições seguras de instalação e operação;
- Selecionar e especificar materiais e procedimentos de instalação que garantam uma operação adequada e economicamente viável durante toda a vida útil do sistema;
- Selecionar locais para a instalação que minimizem gradientes de corrente ou de potencial, os quais podem causar danos a estruturas enterradas ou imersas;
- Especial atenção deve ser dada à presença de sulfetos, bactérias, revestimentos não-convencionais, elevadas temperaturas, solos ácidos e metais dissimilares;
- Verificar a disponibilidade de energia elétrica no local de instalação do sistema;
- Avaliar a capacidade de isolar eletricamente outras estruturas já existentes no local de instalação do sistema;

- Evitar níveis excessivos de proteção catódica que podem causar o descolamento do revestimento, assim como possíveis danos a aços de alta resistência devido à evolução de hidrogênio.

5.2. Especificação do projeto

Todo projeto de sistema de proteção catódica deve ser enviado à Contratante para análise e aprovação. Devem constar, no mínimo, as seguintes informações:

- Descrição sucinta e análise dos dados obtidos nos trabalhos de levantamento de campo;
- Memorial de cálculo e especificações do sistema implementado;
- Memorial descritivo;
- Desenhos, mapas e planilhas com a localização exata de todos os equipamentos e estruturas previstos no projeto, assim como pontos de referência;
- Lista de materiais utilizados, relacionando quantidades, características e especificações técnicas dos materiais/equipamentos utilizados;
- No caso de adutoras, identificação dos pontos de cruzamento com outras canalizações, trilhos de trem ou estruturas já existentes ou propostas, verificando se possuem sistema de proteção catódica;
- Localização de todos os pontos de teste do sistema;
- Identificação da localização e do tipo das conexões elétricas existentes, com suas respectivas especificações;
- Identificação de outras possíveis fontes de corrente de interferência;
- Identificação da presença de particularidades ambientais (plantas químicas, lagoas de tratamento de água e esgoto, torres de transmissão elétrica, etc.) nas proximidades dos locais previstos para a instalação do sistema;
- Corrente de proteção a ser aplicada;
- Resistividade elétrica do eletrólito;
- Continuidade elétrica do sistema;
- Isolação elétrica do sistema;
- Integridade do revestimento (se existente);
- Correntes de interferência;
- Mudanças no projeto original;
- Outros dados de manutenção e operação importantes.

5.3. Tipos de sistemas de proteção catódica

a) Existem dois sistemas básicos de proteção catódica: a proteção através de um sistema de corrente impressa e através do uso de anodos de sacrifício. A seguir, estão apresentados estes dois sistemas:

- **Proteção catódica por anodos galvânicos (ou de sacrifício):** neste tipo de sistema, os anodos são conectados à estrutura a ser protegida,

individualmente ou em grupos. A quantidade de corrente fornecida por estes anodos é limitada pela resistividade do eletrólito e pelo potencial existente entre a estrutura a ser protegida e o anodo. Estes anodos são confeccionados, de maneira geral, em ligas de magnésio, zinco ou alumínio.

- **Proteção catódica por corrente impressa:** neste tipo de sistema, os anodos são conectados, individualmente ou em grupos, a uma fonte de corrente contínua que é normalmente um retificador de corrente. A estrutura a ser protegida é, por sua vez, conectada ao polo negativo do retificador. Os anodos de corrente impressa são feitos, em geral, de materiais tais como grafite, ferro fundido com alto teor de silício, liga chumbo-prata, titânio, metais preciosos ou aço.

b) A seleção do sistema de proteção catódica a ser utilizado deve levar em conta, principalmente, a resistividade elétrica do meio (eletrólito). Outros aspectos a serem considerados são:

- Intensidade da corrente de proteção requerida;
- Correntes parasitas causando flutuações no potencial estrutura/solo que podem inviabilizar o uso de anodos galvânicos;
- Efeito de correntes de interferência oriundas do sistema de proteção catódica em estruturas adjacentes, que podem limitar o uso de sistema de proteção por corrente impressa;
- Disponibilidade de fontes de energia elétrica no local;
- Projetos futuros de expansão do sistema e;
- Custos de instalação e manutenção.

c) Os fatores que devem ser levados em conta no projeto de um sistema de proteção catódica são:

- Os materiais utilizados nos anodos possuem diferentes taxas de deterioração, de acordo com o eletrólito onde está instalado. Assim, a vida útil do anodo vai depender do material de que é feito, do eletrólito onde está instalado, da massa dos anodos e do número de anodos instalados para uma determinada estrutura a ser protegida. Dados já existentes sobre o desempenho de anodos podem ser utilizados para se obter uma provável taxa de deterioração;
- Dados de dimensão, profundidade de instalação e configuração de anodos, combinados com a resistividade do eletrólito podem ser utilizados para cálculo da resistência existente entre o eletrólito e o leito de anodos. Fórmulas e gráficos relativos a estes fatores podem ser encontrados na literatura e no catálogo dos fabricantes;
- O projeto de sistemas de proteção por anodos galvânicos deve considerar o potencial solo/estrutura, a resistividade do eletrólito, a saída de corrente e, em alguns casos, a resistência do fio de contato do anodo;

- O desempenho de anodos galvânicos, em muitos casos, pode ser melhorado pelo uso de um material de preenchimento (backfill) adequado. Gesso, bentonita e sulfato de sódio anidro são materiais normalmente utilizados;
 - O número de anodos para um sistema de proteção por corrente impressa pode ser diminuído e sua vida útil aumentada pelo uso de material de preenchimento (backfill) adequado. Moinha de coque metalúrgico e moinha de petróleo calcinado, em conformidade com as especificações técnicas de granulometria e resistividade elétrica, são os materiais de preenchimento normalmente utilizados;
 - Em um sistema de corrente impressa com anodos instalados a grandes distâncias, deve-se considerar as quedas de corrente e potencial ao longo do cabo de conexão do anodo. Em alguns casos, o objetivo do projeto é otimizar o comprimento, espaçamento e tamanho dos anodos assim como o tamanho do cabo, de forma a obter uma proteção catódica eficiente também nas extremidades da estrutura.
- d) Em relação às planilhas e especificações referentes ao projeto de proteção catódica devem ser levados em conta os seguintes aspectos:
- Plantas adequadas devem ser preparadas, de forma a apresentar toda a estrutura a ser protegida, assim como a localização de todos os itens significativos da estrutura tais como: pontos de teste, ligações elétricas, equipamentos de isolamento elétrica e estruturas metálicas enterradas ou imersas;
 - Um layout adequado deve ser preparado para cada sistema de proteção catódica por corrente impressa instalado, mostrando os detalhes de localização dos componentes do sistema de proteção catódica em função da estrutura a ser protegida, incluindo neste layout os principais pontos de referência do local de instalação. Este layout deve incluir informações sobre rodovias, vias férreas e similares;
 - A localização dos pontos de instalação dos anodos galvânicos deve ser apresentada em planta, com notas apropriadas apresentando o tipo de anodo, peso, espaçamento, profundidade e backfill;
 - Devem ser preparadas especificações para todos os materiais e técnicas de instalação a serem utilizadas na construção do sistema de proteção catódica.

6. APRESENTAÇÃO

O produto **Projeto de Sistemas de Proteção Catódica** deverá ser entregue na Fase 2: Projeto Hidráulico e Civil.

Todos os relatórios e produtos apresentados deverão obedecer ao estabelecido no Termo de Referência.