

PROJETO PARA UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA

ALMIR MARIANO DE SOUSA JUNIOR *, NAYARA DE FREITAS PAIVA ²,
MANOEL MARIANO NETO DA SILVA ³

¹ Doutorando em Engenharia de Petróleo, Professor, UFERSA/UFRN, Pau dos Ferros-RN. Fone: (84) 3317-8525, almir.mariano@ufersa.edu.br

² Engenheira Mecânica e Especialista em Engenharia de Petróleo e Gás Natural, UFERSA/UNP, Mossoró-RN. Fone: (84) 3317-8525, nalapaiva2006@hotmail.com

³ Graduando do Bacharelado em Ciência e Tecnologia, UFERSA, Pau dos Ferros-RN. Fone: (84) 3317-8525, mariano.paiva@ufersa.edu.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: Os problemas resultantes da corrosão atingem as mais diversas atividades do setor industrial, caracterizando-se como um agravante no que se refere aos aspectos econômicos, uma vez que os gastos e a quantidade de insumos necessários para substituir ou repor as instalações industriais e equipamentos atingidos são muito elevados. Nesse contexto, este trabalho tem por finalidade projetar de um sistema de proteção catódica para uma instalação de tubulações, utilizado para o transporte de fluidos de petróleo provenientes de campos submarinos. Para a elaboração do projeto, admitiu-se uma tubulação de aço carbono com diâmetro de 06 polegadas e comprimento de 300 metros revestida por um protetor convencional com eficiência inicial de 95% e final de 90%, enterrada em solo com resistividade média em torno de 1.200 ohm×cm. A partir dos parâmetros e características, foi possível montar o sistema de proteção catódica, no qual foi definido os valores referentes à corrente elétrica a ser empregada, área total a ser revestida, massa de zinco necessária e o número de ânodos. Mediante aos estudos, verificou-se que a proteção catódica é uma técnica eficiente no combate à corrosão, em instalações de tubulações de aço carbono enterradas, apresenta fatores consideráveis para o projeto. Porém não é um método satisfatório para projetos de pequeno porte e baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Corrosão, sistema de proteção catódica, aço carbono, zinco.

DESIGN FOR A CATHODIC PROTECTION SYSTEM: ENDPOINTS

ABSTRACT: Problems resulting from corrosion are frequent and strike the various activities in the industrial sector, characterized thereby obtaining an aggravating with regard to the economic aspects, since the costs and the amount of inputs necessary to replace or replenish the facilities and attained industrial equipment are very high. In this context, this study aims to design a cathodic protection system for installation of pipes, used to transport petroleum fluids from subsea fields. For the preparation of the project, a pipe carbon steel with 06 inches in diameter and length of 300 meters covered by a conventional protective of initial efficiency of 95% and final 90% was assumed, buried in soil with average resistivity around 1,200 ohms × cm. From the parameters and characteristics, it was possible to mount the cathodic protection system in which defined the values for the electrical current to be employed, total area to be covered, necessary zinc mass and the number of anodes. Through the studies, it was found that the cathodic protection is an effective technique to combat corrosion on carbon steel pipes buried facilities, presents considerable factors for design. But it is not a satisfactory method for small projects and low cost.

Keywords: Corrosion, cathodic protection system, carbon steel, zinc.

INTRODUÇÃO

Os problemas resultantes da corrosão são frequentes e atingem as mais diversas atividades vinculadas aos setores industriais, caracterizando-se desse modo como um agravante no que se refere

aos aspectos econômicos e ambientais, uma vez que os gastos e a quantidade de insumos necessários para substituir ou repor as instalações industriais e equipamentos atingidos são muito elevados. Assim, o termo corrosão está associado a um processo espontâneo resultante da ação do meio sobre diversos materiais, propiciando a deterioração e a redução da vida útil de um material. Esta por sua vez, pode se apresentar como um desgaste total ou parcial de origem química, eletroquímica ou eletrolítica.

No âmbito econômico, este processo desencadeia prejuízos elevados em decorrência das perdas de investimentos. Mello (2011), destaca que 30% do material metálico produzido é direcionado à reposição ou reparos provenientes da corrosão. Além disso, tal fenômeno é responsável por ocasionar contaminações, induzir a exploração de matéria não renovável e assim, contribui também para uma série de perdas sociais devido aos acidentes propiciados pelo processo corrosivo.

Para a escolha de um sistema de proteção catódica, devem ser considerados tanto aspectos técnicos quanto econômicos. Assim, as características da estrutura metálica a proteger e o meio onde esta será utilizada são os fatores que mais influenciam na tomada de decisão. Desse modo, este trabalho tem por objetivo elaborar um projeto de um sistema de proteção catódica para uma instalação de tubulação de aço carbono de geometria cilíndrica, utilizada para o transporte de fluidos de petróleo e derivados proveniente de campos submarinos.

MATERIAL E MÉTODOS

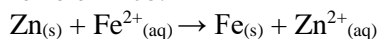
A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo qualitativo, no qual foi empregado o método dedutivo para formular as hipóteses que posteriormente tornaram-se base para os estudos. Conforme Gil (1999), o raciocínio dedutivo busca explicar o conteúdo das premissas por intermédio de uma cadeia de raciocínio em ordem descendente, de uma análise do geral para o particular. Nesse método, a partir das premissas já existentes são formulados novos argumentos, denominados de conclusões.

Para a elaboração do projeto, admitiu-se inicialmente uma tubulação de aço carbono com diâmetro de 06 polegadas e comprimento de 300 metros revestida por um protetor convencional, à base de piche de carvão, o qual tem eficiência inicial de 95% e final de 90%, tendo como finalidade formar uma barreira isolante entre o material metálico e o eletrólito em atuação. A eficiência do protetor é medida através de testes de injeção de corrente e a estrutura encontra-se enterrada em solo com resistividade média em torno de 1.200 ohm×cm.

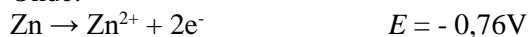
Admitiu-se ainda que a estrutura a ser protegida, é uma instalação metálica de pequeno porte, a qual exige uma aplicação rápida, de baixo custo de instalação, e sem movimento relativo entre a estrutura e o meio. Adotou-se a proteção por ânodos galvânicos e o zinco foi utilizado como material de fabricação para os ânodos galvânicos implementados no sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escolha por esse material para o ânodo decorre das propriedades características do zinco em relação ao solo além de sua ampla utilização como ânodo devido ao seu potencial de redução, que de acordo com a tabela de redução pode ser descrito da seguinte forma, quando se trata de reações entre ferro e zinco:



Onde:



$$E_t = -0,44 - (-0,76) = 0,32 \text{ V}$$

Sendo E , o potencial de redução de cada semirreação e E_t , a voltagem total a voltagem total de oxirredução.

Como o zinco é mais eletronegativo que o ferro, este irá atuar na formação de uma pilha galvânica ao reagir com o ferro, reduzindo a possibilidade da tubulação sofrer deteriorações pelo processo corrosivo. Considerou-se também que o ânodo de zinco deste sistema faz uso de um enchimento condutor de gesso hidratado e bentonita sem adição de sulfato de sódio à mistura, visando evitar o contato direto do ânodo com o solo.

A partir dos parâmetros já definidos, foi possível determinar as características do sistema de proteção catódica. As informações referentes às características estão dispostas na Tabela 1:

Tabela 1. Características do Sistema

Capacidade da Corrente	740 h/Kg
Potencial medido em relação ao eletrodo de Cu	- 1,10 Volts
Eficiência do ânodo	Inicial – 95% Final – 90%
Resistividade elétrica do enchimento condutor	250 Ohm.cm

Fonte: Autoria própria (2015).

Com as características, é possível montar o sistema de proteção catódica mediante a definição dos valores referentes à corrente elétrica, área total a ser revestida e massa de zinco necessária.

A corrente necessária à proteção catódica é determinada pela equação 01:

$$I = A \times Dc \times F \times (1 - E) \quad (1)$$

Considerando um tubo de geometria cilíndrica ao longo de 300 m e seu diâmetro externo de aproximadamente 6,625" (168,2 mm = 0,1682 m), a área a ser revestida é dada pela equação 03:

$$A = 2\pi rL \quad (2)$$

Onde r equivale ao raio da circunferência e L está associado à altura da tubulação. Ambos os valores são apresentados em metros.

$$A = 2 \times \pi \times (0,08412) \times (300) \\ A = 158,58 \text{ m}^2$$

A densidade de corrente, para resistividade do solo admitida em $\rho = 1200 \text{ ohm.cm}$, e a partir da equação 03 é possível obtê-la:

$$Dc = 73,73 - 13,35 \times \log(\rho) \quad (3) \\ Dc = 32,6229 \text{ mA.m}^2$$

Como a eficiência final do revestimento equivale a $e = 90\%$; e o fator de correção da velocidade (F), admitindo que não exista movimento relativo entre a estrutura e o eletrólito, $F = 1$, a corrente é calculada a partir da equação 04:

$$I = 158,58 \times Dc \times F \times (1 - e) \quad (4) \\ I = 517,33 \text{ A}$$

O segundo passo é calcular a massa necessária de ânodo para uma determinada vida, admitindo que a capacidade da corrente, de acordo com a tabela de propriedades dos ânodos galvânicos, é 740 A. h/Kg, um fator de utilização do ânodo igual ao convencional e desejando uma vida útil de 15 anos para o ânodo, pode-se obter o valor da massa através da equação 05:

$$M = (8.760 \times V \times I) / (C \times F) \quad (5) \\ M = 108073,77 \text{ Kg}$$

Desconsiderando o formato achatado, aplica-se o ânodo de zinco considerando as características do produto produzido pela Zincoliga, fabricante dos ânodos referido ao longo do trabalho, e seus padrões para o ânodo do tipo ZL 490 apresenta uma massa líquida unitária, $m = 48,5 \text{ Kg}$. Dessa forma, tem-se que, o número de ânodos, dado pela razão entre a Massa M total e a Massa líquida unitária é, aproximadamente, 2228 ânodos.

Portanto, independentemente de qualquer avaliação que seja feita, percebe-se que o número de ânodos é muito alto e, de certa forma, ultrapassa a quantidade desejada para um sistema de proteção de baixo custo quando se necessita proteger apenas 300 m de linha de tubulação. Seguindo relatos de experiência em sistemas de proteção catódica, a indicação seria a utilização de uma quantidade de um ânodo para cada 30/60 m² de estrutura, número que não atende aos padrões do projeto analisado neste trabalho.

Segundo as considerações do fabricante, a corrente liberada pelos ânodos equivale a 1,97 A. Logo, por este método, o número de ânodos é dado pela equação 06:

$$I/i \quad (6) \\ (517,33 \text{ A}) / (1,97 \text{ A}) = 262$$

No entanto, admitindo que o ânodo com referida massa não foi ensacado com o enchimento condutor apropriado, o qual consiste de uma mistura de gesso hidratado e bentonita com ou sem a adição de sulfato de sódio necessário para aplicação da proteção galvânica em instalações enterradas, sugere-se seguir o projeto com o cálculo do número de ânodos individuais. Esse cálculo decorre da equação 07 e pode ser feito dividindo-se a corrente total necessária pela corrente liberada por cada ânodo individual.

$$i = \Delta V / R \quad (7)$$

Onde ΔV é diferença de potencial disponível entre o anodo e a estrutura polarizada, em V, ele, geralmente assume valores com $\Delta V = 0,70$ V, para ânodos de magnésio e $\Delta V = 0,25$ V. para ânodos de zinco e alumínio; no entanto, admitiremos $\Delta V = 0,32$ V, que corresponde ao valor determinado anteriormente de acordo com a tabela de potencial de oxirredução.

Seja R a resistência de contato anodo/eletrolito (ohm), calculada por:

$$R = (\rho / 2\pi L) \times [\ln (4L/r-1)] \quad (8)$$

$$R = 39,18172$$

Logo, a corrente liberada por cada anodo individual é dada pela equação 09:

$$i = \Delta V / R \quad (9)$$

$$i = 0,008167 \times A$$

Utilizando a equação 10 obtêm-se o número total de ânodos:

$$M/m \quad (10)$$

$$\text{Número de Ânodos} = 63343,9$$

Esse valor se encontra fora do padrão admitido inicialmente para o projeto. Pois para serem eficientes, os sistemas de proteção catódica precisam, geralmente, ser trocados, inspecionados e reparados sempre que necessário, de modo a manter as tubulações ou estruturas permanentemente energizadas, com potenciais suficientemente negativos em relação ao solo dentro dos limites de proteção catódica. Fatores que incluem um custo elevado e só seria viável para uma instalação de grande porte.

CONCLUSÕES

Mediante aos estudos realizados, verifica-se que a proteção catódica é uma técnica eficiente à proteção contra corrosão e em instalações de tubulações de aço carbono enterradas, apresenta fatores consideráveis para projeto quando bem dimensionados e decorrentes de um estudo das informações de campo e levantamento de dados de medição e ocorrência. Entretanto, não são satisfatórios para projetos de pequeno porte e baixo custo.

A massa encontrada reserva uma vida útil suficiente e muito superior à desejada no início do projeto. O que implica dizer que seria uma aplicação eficiente, no entanto, representa uma grande desvantagem considerando o custo de inspeção e manutenção no sistema.

REFERÊNCIAS

- Gil, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999.
- Gomes, L. P. Sistemas de Proteção Catódica para Postos de Serviço. Anais: I Encontro Técnico sobre Questões Ambientais em Postos de Serviço. CETESB – São Paulo, 1993.
- Henriques, C. C. D. 2008, Desafios na seleção de materiais na indústria do petróleo, Palestra apresentada no IX Seminário Brasileiro do Aço Inoxidável. Disponível em: <<http://www.nucleoinox.org.br/downloads.pdf>>. Acesso em: 21 de julho de 2013.
- Mello, Livia da Silva. Estudo de corrosão localizada dos aços inoxidáveis em sistemas de resfriamento industrial. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2011.