
Copyright 2018, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2018, em São Paulo, no mês de maio de 2018.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Considerações gerais sobre proteção catódica por corrente impressa em navios

Aldo Cordeiro Dutra^a, Laerce de Paula Nunes^b

Abstract

The proposed paper comments will be made on various aspects related to the use of cathodic protection by impressed current in ships. Considering that ships are, generally, large structures under water, specially sea water, it is adequate to use impressed current cathodic protection. Among other matters, some consideration is made to the position to locate permanent reference electrodes on the hull of the ships, to be used associated to rectifiers with potential control. Another problem is related to the position of anodes along the ship hull. Finally, considerations are made to the depth of the reference electrode used in the potential survey along the ship hull.

Keywords: corrosion control, corrosion by sea water, ship hull, cathodic protection

Resumo

No trabalho proposto serão feitos comentários sobre vários aspectos relacionados com a utilização de proteção catódica por corrente impressa em navios. Considerando que os navios são estruturas de porte, portanto justificando plenamente o uso da corrente impressa. Dentre os assuntos a serem tratados incluímos o estudo da melhor localização dos anodos e, em particular, a posição mais adequada à localização dos eletrodos de referência para uso com retificadores de controle de potencial. Levantamento do potencial em função da profundidade, além da análise da situação da popa do navio.

Palavras-chave: controle de corrosão, corrosão pela água do mar, navios, proteção catódica.

Introdução

Como é bem conhecido desde o início do século XIX e de amplo domínio da comunidade tecnológica da área de corrosão, a técnica de proteção catódica é importantíssima para o controle de corrosão de navios e embarcações, tendo em vista as descobertas de Sir Humphrey Davy conforme registrado nas “Philosophical Transactions of the Royal Society, on the Preservation of Metals by Electro-chemical Means”, (1,4).

Apresenta-se neste trabalho um conjunto de observações de caráter geral referentes à proteção catódica por corrente impressa usada em navios. Inclui considerações sobre a posição dos

^a Engenheiro Consultor da ABRACO

^b Engenheiro Consultor da IEC - Instalações e Engenharia de Corrosão Ltda.

anodos bem como sobre a localização dos eletrodos de referência permanentes instalados no casco com o objetivo de enviar dados ao retificador de controle de potencial e, com isso, aumentar ou diminuir a corrente injetada nos anodos e manter os potenciais adequados à proteção do casco. Considera-se também a importância de ter um sistema de corrente impressa para a proteção do corpo do navio e outro sistema, também de proteção catódica por corrente impressa, para a proteção das áreas da zona de popa. Uma referência especial é feita sobre a importância do levantamento de potencial ao longo do navio.

Nota: As considerações feitas se aplicam a navios com casco de aço-carbono, em contato com a água do mar normal.

Posição e número dos anodos de corrente impressa

Com relação à localização mais adequada para a posicionamento dos anodos do sistema de corrente impressa, considerando a grande variedade de formato dos navios, em geral, não há uma diretriz que se aplique a todos os casos. Isto requer um estudo específico de cada caso, utilizando a tecnologia de simulações matemáticas, porém envolve um custo adicional, que pode não ser desprezível. Até o presente são conhecidas poucas experiências nesse sentido, embora seja perfeitamente viável, do ponto de vista técnico (2,3).

As formas da seção transversal do navio, a meia nau, pode ser conforme visto no esquema da figura 1 seguinte.

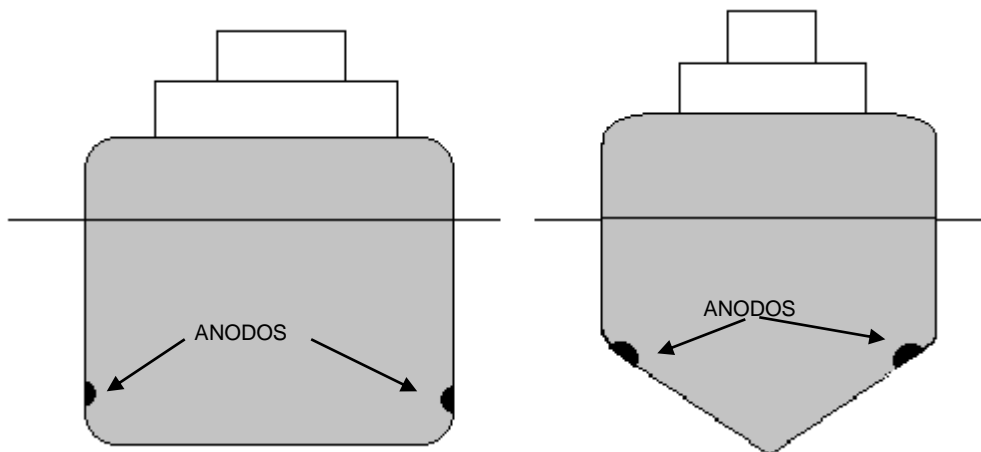


Fig. 1 – Esquemas de perfil transversal de navios

Um fato importante a considerar é que a demanda de corrente para a polarização nas proximidades do nível da água pode ser maior do que o requerido para a polarização na linha de centro do fundo do navio. Isto se deve ao fato de se ter uma concentração de oxigênio maior nas proximidades da superfície da água do que na linha de centro do fundo do navio.

Por outro lado, ao longo da vida da embarcação, a região próxima à linha d'água sofre maior quantidade de danos mecânicos, quer seja por choque com objetos flutuantes, quer seja fricção nas defensas dos cais de atracação.

Em buscas recentes constatou-se apenas um estudo com simulação matemática da distribuição de corrente dos anodos, em função de sua posição no costado do navio realizado pela empresa ECOVIX, para as FPSO P 66 a P 73 (“Floting Production Storage Offloading”). Entende-se que seria um bom projeto a ser desenvolvido pelo grupo de estudos da COPPE, na UFRJ, extensivo a outros casos, para definir a melhor posição dos anodos de corrente impressa no costado dos navios, em função, também, de seu perfil transversal, conforme ilustrado na figura acima, para várias situações mais comuns.

Da mesma forma, estes estudos indicariam o melhor número de anodos que permitam uma boa distribuição de corrente, evitando-se concentração e o conseqüente excesso de polarização em regiões próximas aos anodos.

Posição dos eletrodos de referência permanente no costado

Considerando que, em navios, é comum o emprego de retificadores automáticos, de controle de potencial, isto requer o emprego de eletrodo de referência permanente localizado no costado, com o objetivo de detectar quedas de potencial casco/água, ou aumento do potencial, no campo negativo. Nessa ocasião o potencial medido com o eletrodo de referência é comparado com o valor ajustado no controlador que emite um sinal de ajuste do potencial do retificador, de modo que, quando há queda de potencial, ele permite ao retificador enviar mais corrente para os anodos e, desse modo, corrigir o potencial para o valor desejado. O mesmo acontece quando ocorre aumento do potencial, neste caso o controlador envia um sinal em sentido inverso e, com isso, o retificador diminui a corrente enviada aos anodos, corrigindo também o potencial para o valor desejado.

Para que a proteção catódica possa ser eficiente em toda a área mergulhada do casco do navio é preciso que seja estabelecida uma correlação entre o potencial mínimo de proteção que terá de ser atingido no ponto mais desfavorável de toda a área molhada, e o potencial definido no eletrodo de referência para que a corrente adicional adequada seja injetada no sistema. Isto no caso do referido eletrodo estar localizado fora do ponto crítico, já que é comum encontrar-se esse eletrodo entre dois anodos consecutivos, no costado do navio.

Em face dessas considerações, é importante que se meça, nos navios, os potenciais nos pontos mais críticos, como na popa e na linha de centro do fundo do casco, ou na quilha, para se ter a certeza de que a proteção nesses locais seja efetivamente atingida. Portanto, é nesses locais que devem ser localizados os eletrodos de referência.

Neste sentido, a simulação proposta anteriormente pode ajudar a localizar melhor os eletrodos de referência permanentes.

Situação na popa dos navios

Outra questão importante se refere à situação das estruturas na popa do navio. Nessa região ocorrem os seguintes fatos:

- a) a geometria das estruturas é completamente diferente da situação no corpo do navio;

- b) os materiais são diferentes – hélice de liga de cobre em contato com o casco do navio em aço, formando uma ativa pilha galvânica onde o aço é o anodo e sofre corrosão;
- c) o nível da turbulência é completamente diferente do que ocorre no costado do navio, quando em movimento. A diferença é tanto maior quanto maior for a velocidade do mesmo;
- d) em consequência da turbulência diferente, também é diferente o grau de aeração da água; é por isso que, quando o navio está em velocidade, percebe-se na sua traseira uma longa esteira de espuma branca devida ao excesso de ar;
- e) disso tudo resulta que a demanda de corrente para a adequada proteção dessa área é maior do que o requerido para a proteção do corpo do navio.

Diante desses fatos, o recomendável é usar um sistema de proteção catódica específico para a popa do navio e outro, independente, para a proteção do corpo e da proa do navio. Esta é também a conclusão de J. Φ . JENSEN (4,5).

Destaca-se como inconveniente de um sistema único de proteção catódica que, para prover toda a corrente necessária para a proteção das áreas da popa, ter-se-á no corpo do navio, potenciais muito altos (no campo negativo) podendo entrar na faixa de potenciais que favorecem o descolamento catódico da pintura.

Medição de potencial casco/água

As medições do potencial casco/água do mar, em relação ao eletrodo de Ag/AgCl, são feitas em toda a volta do navio, comumente colocando o eletrodo a uma profundidade aproximadamente a meio calado. Esta é uma prática tradicional, mas tem ocorrido casos em que esses potenciais estão acima do mínimo de proteção, ou seja, $>-0,80$ V, no entanto, em áreas da popa tem-se registrado problemas de corrosão.

Em vista dessa indesejável situação, é recomendado medir-se também potenciais em vários pontos, na popa, de modo a se ter uma visão global da área, e também em alguns pontos na linha de centro do casco, desde a popa até a proa, mostrando os reais valores do potencial e, conseqüentemente, qual o grau de proteção nesses pontos. Obviamente para essas medições é imprescindível a colaboração de mergulhadores que conduzirão o eletrodo de Ag/AgCl a cada ponto desejado.

De posse desses dados pode-se ajustar a saída de corrente do retificador de modo a se ter a adequada proteção, em toda a extensão da área molhada.

Para os casos existentes, providências adicionais poderão ser empregadas com sucesso, por exemplo a complementação da proteção dessas áreas mediante uso de anodos galvânicos, adequadamente distribuídos, em função dos potenciais realmente encontrados. É importante continuar com a medição dos potenciais nessas áreas para se ter a confirmação da sua eficiência, ou sua melhoria a ser realizada na docagem seguinte.

Outra providência que pode ser adotada é tecnicamente mais complexa, porém tecnicamente viável: será o revestimento do hélice, cobrindo toda a área exposta da liga de cobre. Esta é a recomendação tradicional feita para minimizar, ou mesmo eliminar, a ação de uma pilha galvânica, que é isolar o catodo, embora seja mantido o revestimento da área anódica (aço).

Inspeção e acompanhamento

Considerando a importância das estruturas de um navio, é indispensável a manutenção do sistema de proteção catódica em operação contínua, adequadamente. Para isto é necessária uma inspeção geral periódica, quando o retificador é inspecionado minuciosamente para checar a sua operacionalização, inclusive com a verificação das indicações de tensão e corrente (CA) de alimentação, bem como de saída, em CC, para assegurar a sua confiabilidade. A seguir será feito o levantamento de potencial casco/água do mar, em volta do navio e ainda com a medição desses potenciais na popa e na linha central do fundo casco (ou quilha), com o apoio de mergulhadores para posicionar o eletrodo nos pontos desejados.

O recomendável, em princípio, é que esta inspeção geral deva ser realizada a cada seis meses, porém uma delas deve ser realizada poucos dias antes do navio entrar no dique, a qual será complementada com uma inspeção visual de todo o casco, tão logo o dique esteja seco, portanto, antes de qualquer manutenção nessa área.

Além da inspeção geral periódica é também indispensável o acompanhamento diário da operação do sistema, por pessoa qualificada da tripulação do navio, registrando diariamente a tensão e a corrente de saída, em CC, de cada anodo e no total, registrando ainda o potencial casco/água, indicado pelos eletrodos de referência permanente.

Qualquer anormalidade encontrada no acompanhamento diário da operação do sistema, esta situação deve ser comunicada imediatamente ao Comandante do navio, que as comunicará também à respectiva gerencia de manutenção do navio, a fim de providenciar uma solução, ou imediata, ou se for fato menos importante, por ocasião da docagem.

Conclusão

Em face de todas as considerações apresentadas acima, conclui-se que um sistema de proteção catódica por corrente impressa, adequadamente projetado, corretamente instalado e funcionando continuamente de forma efetiva, acompanhado diariamente e inspecionado periodicamente, achando-o conforme, ele assegurará a integridade de toda a estrutura molhada do navio.

Conclui-se também que as premissas de projeto devem contemplar as peculiaridades das diversas regiões do navio e que se proceda à execução de estudos de simulação matemática para avaliar o posicionamento mais adequado dos anodos e dos eletrodos de referência. Conclui-se finalmente pela necessidade de muita atenção com as rotinas de inspeção que devem considerar nas medições de potencial as peculiaridades das diversas regiões do casco dos navios.

Referências bibliográficas

- (1) “The Beginnings of CATHODIC PROTECTION - Original Papers by Sir Humphrey Davy on the Preservation of Metals by Electro-chemical Means from Philosophical Transactions of the Royal Society - London 1824-1825”, Folheto publicado pela National Association of Corrosion Engineers – Houston – Texas” cerca de 1980 – p. 1-20.
- (2) Dutra, Aldo C.; Nunes, Laerce, P. – Proteção Catódica- Técnica de Combate à Corrosão, Editora Interciência, Rio de Janeiro , 5ª Edição – 2011 – p. 173-178.
- (3) Gentil, Vicente – Corrosão, 6ªed. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora, 2012 – p.303-304.
- (4) Morgan, J. H.- Cathodic Protection – NACE – 2ª Edition – p. 4-6 e p. 291-329
- (5) J. Ø. JENSEN - Capítulo 7 - Ships and Semi-submersibles - no livro CATHODIC PROTECTION: Theory and Practice. INSTITUTION OF CORROSION SCIENCE AND TECHNOLOGY – Birmingham – UK – p. 128-142 - 1986.