

PROTEÇÃO CATÓDICA DE INSTALAÇÕES PREDIAIS

Eng.º EDUARDO GOMES DOS REIS (*)

Entende-se por instalação predial de água, o trecho de tubulação, geralmente em cano galvanizado $\varnothing 3/4"$, que, partindo do «cavalete», vai abastecer as diversas partes de um edifício.

Em geral, a parte da instalação compreendida entre o «cavalete» e as paredes do prédio, encontra-se enterrada, sob pavimentação ou jardins

É bastante comum, após alguns anos de serviço, aparecerem vasamentos na parte enterrada da instalação, devido ao ataque dos tubos galvanizados, pelos elementos agressivos contidos no solo que os envolve.

É evidente que outros fatores poderão ainda dar origem à corrosão, como o aterramento elétrico, a formação de pares elétricos, a pilha geológica etc., cujo resultado final é a corrosão, e o conseqüente «vasamento» de água.

A sua conservação é normalmente responsabilidade do proprietário ou do usuário do prédio, tal seja o caso. Quando fôr pequena a profundidade na qual estiver enterrada a canalização, os vasamentos serão facilmente identificados; mas a maiores profundidades, os vasamentos tornam-se ocultos, ocasionando grandes consumos de água, e expondo até a certo perigo os alicerces do edifício.

É nossa intenção neste trabalho, apenas expor algumas idéias sobre o modo de combater a corrosão da instalação predial, por meio da proteção catódica. Empregaremos as fórmulas e conceitos apresentados no trabalho denominado «Proteção Catódica», publicado no n.º 77 da Revista DAE, do mês de Setembro de 1970.

Vamos assim supor uma canalização enterrada em solo agressivo, com uma extensão de 20 m entre o cavalete e a parede do prédio. Vamos supô-la ainda constituída por tubos galva-

nizados $\varnothing 3/4"$, do tipo pesado, com 4 mm de espessura aproximadamente.

A corrente a ser injetada, para proteger o aço nú em solo agressivo, varia de 1 a 10 mA por metro quadrado. Admitiremos a situação mais desfavorável, isto é, aquela que exija uma corrente de proteção de 10 mA/m². Nessas condições, temos:

Área externa da tubulação

$$S = 0,027 \times \pi \times 20,00 = 1,70 \text{ m}^2$$

Corrente de proteção

$$I = 1,70 \times 0,010 = 0,017 \text{ ampères}$$

Essa corrente de proteção poderá ser fornecida por uma fonte geradora, ou por ânodos de zinco ou magnésio. Nessas condições, como se sabe, denomina-se «proteção catódica», quando o fornecimento de corrente for feito por uma fonte, e proteção galvânica, quando fornecida por ânodos daqueles metais.

Assim sendo, faremos o estudo da proteção desse trecho da instalação predial, de acordo com cada um desses processos.

I — PROTEÇÃO CATÓDICA

Admitiremos como fonte de energia a corrente alternada de 110 volts, de abastecimento do prédio, abaixado para 1,10 volts, por meio de um transformador de pequena capacidade. Nessas condições não haverá perigo para os moradores, e será pequeno o alcance da corrente.

Esta poderá ser retificada por um semi condutor simples em série com o «secundário» do transformador, havendo portanto a perda de meio ciclo.

A ligação da corrente protetora deverá ser feita na extremidade da tubulação, junto à parede do prédio, ou mesmo numa torneira inter-

(*) Engenheiro Assessor da Diretoria de Obras da SAEC.

na, por exemplo; havendo portanto um trecho mínimo de 20 m a ser protegido. O outro polo da fonte retificada deverá ser ligado ao ânodo.

Sendo E_s a diferença de potencial no ponto de ligação, na outra extremidade do trecho haverá uma queda de tensão, e o seu potencial será dada pela fórmula

$$E = E_s e^{-x} \sqrt{\frac{r}{t}}$$

Admitindo-se $E_s = 1,10$ volts, e $x = 20$ m por exemplo, necessitaremos ainda achar o valor de r (resistência ôhmica por metro de canalização) e t (resistência ôhmica do revestimento também por metro de canalização).

O tubo galvanizado $\varnothing 3/4''$, do tipo pesado, com 4 mm de espessura da parede, tem a seguinte seção

$$S = \frac{\pi}{4} (2,7^2 - 1,9^2) = 2,89 \text{ cm}^2$$

A sua resistência ôhmica será

$$r = \frac{0,17}{289} = 5,88 \times 10^{-4} \text{ ohms/m}$$

Havendo contato direto do tubo com o solo, calcularemos a resistência t do revestimento, que não existe, pela fórmula da resistência do ânodo.

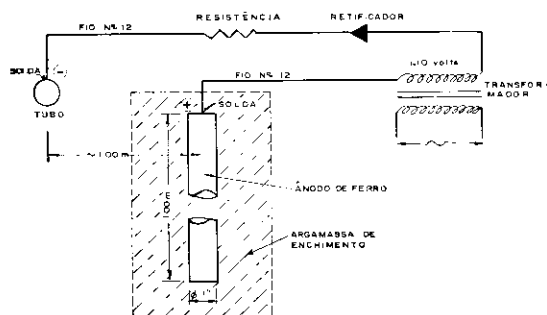
$$t = \frac{P}{2\pi L} \left(\ln \frac{8L}{D} - 1 \right)$$

sendo P a resistividade do solo, ou 1000 ohms/cm³ (muito agressivo), L o comprimento do ânodo, e D o seu diâmetro externo. Temos assim

$$t = \frac{1000}{2\pi \times 100} \left(\ln \frac{8 \times 100}{2,7} - 1 \right) = 7,465 \text{ ohms/m}$$

E a diferença de potencial na extremidade do trecho de 20 m, será

ESQUEMA DE PROTEÇÃO CATÓDICA



$$E = 1,10 e^{-20} \sqrt{\frac{5,88 \times 10^{-4}}{7,465}} = 0,915 \text{ volts}$$

Como vemos, é pequena a queda do potencial até às extremidade, e a tubulação continuará protegida.

A diferença de potencial eficaz no trecho de 20 m, seria

$$E_{\text{eficaz}} = \frac{1,10}{20} \int_0^{20} e^{-0,008755 x} dx = 1,052 \text{ volts}$$

A corrente mínima a ser injetada por metro de tubo será

$$I = 0,027 \times \pi \times 0,010 = 0,000848 \text{ ampères/m}$$

Sendo essa a corrente necessária na extremidade do trecho de 20 m, no ponto da ligação será

$$I = I_s e^{-x} \sqrt{\frac{r}{t}}$$

ou

$$0,000848 = I_s e^{-20} \sqrt{\frac{5,88 \times 10^{-4}}{7,465}}$$

ou

$$I_s = \frac{0,000848}{0,8342} = 0,001016 \text{ ampères/m}$$

A corrente eficaz no trecho de 20 m será

$$I_{\text{eficaz}} = \frac{0,001016}{20} \int_0^{20} e^{-0,008755 x} dx = 0,0009719 \text{ ampères/m}$$

E a corrente necessária à proteção deverá ser

$$I_{\text{eficaz}} \cdot L = 0,0009719 \times 20 = 0,01944 \text{ ampères}$$

Temos ainda

$$R = \frac{V}{I} = \frac{E_{\text{eficaz}}}{I_{\text{eficaz}}} = \frac{1,052}{0,01944} = 54,115 \text{ ohms}$$

Se usarmos um ânodo constituído por uma barra de ferro $\varnothing 1''$, com 1 m de comprimento, a sua resistência nesse solo de resistividade igual a 1000 ohms/cm³, será

$$R = \frac{1000}{2\pi \times 100} \left(\ln \frac{8 \times 100}{2,54} - 1 \right) = 7,564 \text{ ohms}$$

A ligação das saídas do transformador ao ânodo e à canalização, poderá ser feita por fio de cobre n.º 12, isolado, cuja resistência é da ordem de 0,0052 ohms/m. Se usarmos 15 m de fio, a sua resistência total será igual a 0,088 ohms.

Portanto, a resistência total do circuito será

1 — ânodo	7,564 ohms
2 — fio n.º 12	0,088 ohms
3 — tubulação $\frac{7,465}{20}$	0,373 ohms
Total	8,025 ohms

Ve-se daí, que a resistência do ânodo representa a quasi totalidade da resistência do circuito.

Como vimos, a resistência total do «secundário» deveria ser igual a 54,115 ohms. Já existindo uma resistência de 8,025 ohms, será necessário acrescentar outra igual a

$$54,115 - 8,025 = 46,090 \text{ ohms}$$

Mas perdendo-se a metade da corrente na retificação simples, será necessário duplicar a amperagem. Então

$$R = \frac{1,052}{0,01944 \times 2} = 27,057 \text{ ohms}$$

e

$$R' = 27,057 - 8,025 = 19,032 \text{ ohms}$$

Portanto, introduzindo-se no circuito de saída do transformador uma resistência de 20 ohms, tem-se a proteção catódica do trecho enterrado da instalação predial de água, como mostra a figura.

A potência consumida será

$$W = \frac{1,052 \times 0,01944}{0,8} = 0,025 \text{ watts}$$

Não levamos em conta a resistência interna do transformador, por considerá-la muito pequena, e que poderá ser construído para uma potência de 10 watts, por exemplo.

Se houver nas proximidades outras tubulações metálicas enterradas, como canos de gás combustível, e mesmo instalações prediais vizinhas muito próximas, serão necessárias precauções para que não venham a ser danificadas. O exemplo que apresentamos é puramente teórico e cada caso deverá ser examinado em particular.

Como regra geral, deve-se usar tensões muito baixas, 1,10 volts por exemplo, para que seja pequeno o alcance da corrente de proteção, com relação às instalações vizinhas.

Conhecida a superfície externa da canalização a ser protegida (água, gás e outros) contra a corrosão, e estabelecida a corrente protetora (geralmente 10 mA/m²), pode-se determinar a resistência a ser introduzida no «secundário» do transformador, de modo bastante aproximado, pela fórmula seguinte, com retificador simples

$$R = \frac{V}{2 I} = 8 \text{ ohms}$$

O polo «positivo» da corrente retificada deverá sempre ser ligado ao ânodo de ferro, e o «negativo», às tubulações que se quer proteger.

Para se obter um bom contacto do ânodo com o solo, aquele poderá ser envolvido por uma mistura constituída por três partes de betonita, uma parte de gesso hidratado e uma parte de sulfato de sódio.

São materiais, de baixo preço e fácil aquisição, que também impedirão a polarização do ânodo.

Este deverá ser enterrado aproximadamente a um metro de distância da tubulação a ser protegida, e se possível, na metade da sua extensão.

II — PROTEÇÃO GALVANICA

Consiste na colocação de ânodos de zinco ou de magnésio, ao lado da tubulação a ser protegida, e ligados eletricamente a ela. Já vimos no artigo anteriormente publicado na Revista DAE, que o ferro fica protegido contra a corrosão, desde que o seu potencial seja abaixado a —0,85 volts em relação ao eletrodo do sulfato de cobre. Nessas condições verificaremos o alcance da corrente protetora fornecida pelo ânodo, na tubulação do exemplo anterior. Vimos que:

$$E = E_s e^{-x} \sqrt{\frac{r}{t}}$$

Sendo $E_s = 0,85$ volts, $x = 5$ metros, $r = 5,88 \times 10^{-4}$ ohms/m, $t = 7,4655$ ohms/m, e E o potencial em cada extremidade do trecho protegido, temos

$$E = 0,85 e^{-5} \sqrt{\frac{5,88 \times 10^{-4}}{7,465}} = 0,813 \text{ volts}$$

Como se vê, a queda do potencial na extremidade do trecho de 5 m é pequeno e a tubulação ainda poderá ser considerada protegida pelo ânodo.

Passaremos a seguir ao cálculo do peso de ânodo de zinco necessário à proteção durante o período de 20 anos. Vimos que a corrente total de proteção no exemplo dado, era igual a 17 mA. Portanto a energia total necessária durante 20 ano, será

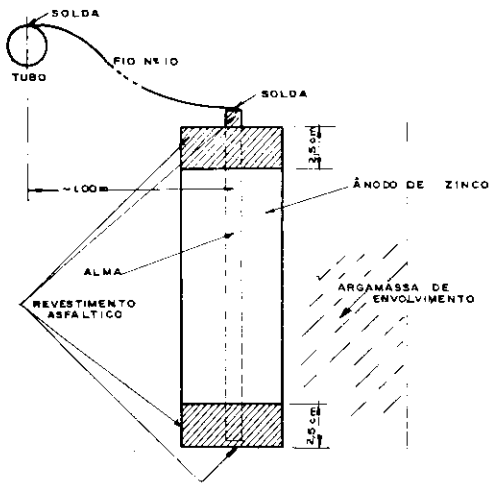
$$E = 0,017 \times 24 \times 365 \times 20 = 2978 \text{ ampères-hora.}$$

Sabemos que 1 kg de zinco fornece teoricamente 820 ampères-hora, mas, no solo, esse valor ficará reduzido a 400 ampères-hora aproximadamente.

Portanto, o peso de zinco necessário será:

$$P = \frac{2978}{400} = 7,466 \text{ kg}$$

ESQUEMA DE PROTEÇÃO GALVÂNICA



Como admitimos como sendo de 5 m o alcance máximo para o ânodo de zinco, no exemplo dado, necessitaremos de dois ânodos, cobrindo cada um uma extensão de 10 m. O peso de cada ânodo será:

$$P' = \frac{7,466}{2} = 3,723 \text{ kg}$$

Sendo $7,15 \text{ kg/dm}^3$ o peso específico do zinco, o volume de cada ânodo será:

$$V = \frac{3,723}{7,15} = 0,521 \text{ dm}^3$$

Adotando-se a forma cilíndrica para o ânodo, para um diâmetro de 6 cm, a altura será:

$$H = \frac{521}{28,26} = 18,50 \text{ cm}$$

A densidade da corrente emitida terá

$$d = \frac{17}{\pi \times 0,6 \times 1,85 \times 2} = 2,437 \text{ mA/dm}^2$$

Cada ânodo deverá ser ligado eletricamente à tubulação por um fio de cobre isolado n.º 10, e a ligação se fará por meio de solda branca. A distância entre os ânodos e a tubulação poderá também ser igual a 1 m aproximadamente. As extremidades dos ânodos, numa extensão de 2,5 cm, deverão ser mergulhadas em asfalto aquecido, a fim de protegê-las e diminuir a superfície de emissão de corrente. A alma do ânodo poderá ser constituída por uma barra de ferro galvanizado $\varnothing 3/8"$. Os pontos de solda, tanto na tubulação como nos ânodos, deverão ser isolados por tinta asfáltica, ou outro isolante. Em terrenos muito agressivos, com resistividade até 3000 ohms/cm^3 , como no exemplo dado, os ânodos

deverão ser envolvidos por uma argamassa constituída por três partes de betonita e uma parte de gesso hidratado. Para resistividades compreendidas entre 3.000 a 5.000 ohms/cm^3 , será acrescentada à argamassa, uma parte de sulfato de sódio. Em solos cuja resistividade for superior a 5.000 ohms/cm^3 , não haverá necessidade de proteção.

Como se sabe, a finalidade da argamassa de envolvimento é proteger o ânodo, tanto contra o seu excessivo ataque pelo solo de baixa resistividade, como ainda contra a sua polarização, em solos menos condutores.

Após três meses de aplicação dos ânodos, a tubulação deverá estar polarizada a $-0,85$ volts, aproximadamente, com relação ao eletrodo de sulfato de cobre.

A proteção galvânica não acarreta nenhum perigo às tubulações vizinhas.

Fizemos este estudo com o emprego de ânodos de zinco, por ser este mais barato que o magnésio, isto é, um mesmo número de ampêres-hora é fornecido a menor preço pelo ânodo de zinco.

De um modo mais prático a proteção galvânica de uma instalação predial de água, enterrada, poderia ser feita da seguinte maneira.

Determina-se a superfície externa total da canalização a ser protegida, e calcula-se a corrente necessária para a proteção por um determinado número de anos, admitindo-se a necessidade de 10 mA/m^2 .

Acha-se o peso total de zinco (400 ampêres-hora por kg) necessário à proteção de toda a tubulação enterrada, peso esse, que deverá ser dividido pelo número de ânodos.

Estes, de preferência de forma cilíndrica, serão distribuídos com intervalos máximos de 5 metros, enterrados a um metro de profundidade, e à distância de um metro da tubulação aproximadamente. Se esta estiver mais profunda, os ânodos deverão acompanhá-la.

Usar sempre que possível a argamassa de enchimento, embora não seja condição essencial. A distância máxima entre o primeiro ânodo e o início do trecho enterrado, não deverá ser superior a 2,5 m. O mesmo deverá acontecer com o último ânodo.

O fio de ligação dos ânodos à tubulação deverá ser de cobre n.º 10, isolado, ou de maior diâmetro. Os ânodos e as soldas receberão o tratamento anteriormente citado.

Deverá ser feita uma limpeza de toda graxa ou gordura existente sobre os ânodos, antes da sua colocação no solo. A barra de ferro $\varnothing 1"$ que servirá de ânodo para a proteção catódica, também deverá ser limpa de toda a ferrugem, graxa e gordura. De preferência deverá ser galvanizada.