Copyright 2008, ABRACO
Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2008, em Recife/PE, no mês de maio de 2008.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

LEITOS DE ÂNODOS COM ALTÍSSIMA RESISTÊNCIA DE CONTATO AO SOLO

Francisco Müller Filho[1]

Abstract

This paper present practical application of many shallow groundbeds where the final resistance this groundbeds obtained results in a very high level, in many cases in order of 530 ohms or higher, and although this fact is possible obtain a good polarization in structures where this groundbed are installed. These parameters been detailed described in any of the specific cases. Through this paper is possible present the efficiency of this kinds of groundbeds with it practical application.

Resumo

Este trabalho terá por base apresentar a viabilidade técnica de implantação de sistemas de proteção catódica por corrente impressa com alta resistência de contato ao solo de seus leitos de ânodos, da ordem de até 530 ohms ou superiores, através da avaliação de medições efetuadas nas estruturas protegidas, comprovando a sua total proteção e eficiência na implantação destes leitos. Estas avaliações levarão principalmente em conta a resistência ôhmica obtida por estes leitos ao longo do tempo, sendo estes parâmetros detalhados em cada caso específico. Através destas avaliações é possível definirmos o grau de eficiência em função dos dados obtidos objetivando uma conclusão única que nos permita avaliar a praticabilidade deste tipo de leito de ânodos.

Palavras-chave: Leito de Ânodos, Alta Resistência, Proteção Catódica.

Introdução

Para um leito de ânodos a implantação de seus diversos ânodos é efetuada sempre objetivando um número de ânodos tal que nos permita obter um valor final de sua resistência final da ordem

1 Diretor Técnico, KATÓDICA PROJETOS ELETRÔNICOS & SERVIÇOS LTDA.

de 10 ohms, ou de preferência com valores até menores, se possível. Esta determinação, apesar de não constar em normas de uma forma clara, tem sido utilizada de maneira geral em sistemas de proteção catódica, mesmo porque em sistemas de proteção catódica para grandes estruturas tal determinação é necessária.

Apesar desta determinação, é possível, em situações especificas, utilizar leitos de ânodos com resistências de contato ao solo em muito superiores a este valor, isto com a mesma eficiência de proteção nas estruturas onde for empregada, desmistificando assim a necessidade de sempre utilizarmos leitos de ânodos com uma baixa resistência de contato ao solo.

Casos Avaliados

A seguir serão apresentados 06 casos práticos de instalação de sistemas de proteção catódica em diversas localidades do País, onde a resistência final do leito possui valores elevados, da ordem de até 760 ohms, e onde demonstramos a eficiência destas instalações através de medições do potencial eletrolítico das estruturas a proteger.

- **CASO 1 - Referência [1]**

Cidade: Senador Canedo - GO

Data da Implantação: 2007

Características da Implantação: conjunto de retificador/leito composto por ânodo em titânio MMO em tiras, sendo duas peças em um único furo com 4,5 metros de profundidade.

Resistência Final de Contato ao Solo do Leito = 760 ohms

Estrutura a proteger: Duas tubulações com extensão aproximada de 870 metros cada uma, em um total de 1.940 metros, ambas com diâmetro de 6 polegadas, ambas com revestimento externo em polietileno extrudado em tripla camada, sendo uma utilizada para transporte de gasolina e outra para transporte de óleo diesel. Estas tubulações possuem duas interligações elétricas com dutos da Transpetro.

Medições de Campo: Medições dos potenciais das tubulações com estas desinterligadas eletricamente da Transpetro.

Ponto Teste	Potencial Mínimo	Potencial Predominante	Potencial Máximo
MI 01	-1,5	-1,97	-2,44
MI 02	-1,48	-1,98	-2,5

Leituras no Retificador

Abaixo são apresentadas as avaliações efetuadas para as diversas etapas de saída do retificador.

G1	V	A	G2	V	A
F1G1	4,3 V	3 mA	**F1G2**	28,2 V	35 mA
F2G1	8,0 V	9 mA	**F2G2**	32 V	40,5 mA
F3G1	13,0 V	15,1 mA	**F3G2**	37,0 V	47,8 mA
F4G1	18,1 V	22,2 mA	**F4G2**	42,0 V	55,0 mA
F5G1	22,0 V	28,3 mA	**F5G2**	46,0 V	62,0 mA
G3	**V**	**A**	**G4**	**V**	**A**
F1G3	49,0 V	62,0 mA	**F1G4**	71,0 V	95,0 mA
F2G3	52,0 V	66,9 mA	**F2G4**	75,0 V	96,9 mA
F3G3	56,0 V	75,0 mA	**F3G4**	79,0 V	107,0 mA
F4G3	62,0 V	81,3 mA	**F4G4**	85,0 V	112,0 mA
F5G3	66,0 V	87,5 mA	**F5G4**	90,0 V	120,0 mA
G5	**V**	**A**			
F1G5	93,0 V	126,5 mA			
F2G5	97,0 V	132,0 mA			
F3G5	101,0 V	133,2 mA			
F4G5	106,0 V	142,0 mA			
F5G5	115,0 V	152,0 mA			

- **NOTAS:**
  - **I.** O leito de ânodos apresenta uma resistência de contato ao solo com média de 756 ohms.
  - **II.** As medições de potencial acima foram efetuadas com o retificador em F1G1.
  - **III.** Apesar da resistência do leito de ânodos do retificador ser considerada extremamente elevada para um sistema de proteção, este retificador tem plenas condições de prover a total proteção dos dutos mesmo em sua etapa mínima de potência, e com estes dutos desinterligados eletricamente dos dutos da Transpetro.

❖ **<u>CASO 2</u> - Referência [2]**

Cidade: Blumenau - SC

Data da Implantação: 2000

Características da Implantação: conjunto de célula fotovoltaica/leito composto por ânodos em titânio MMO em tiras, sendo seis peças em posição perpendicular a torre, com potência de saída em 9W.

Resistência Final de Contato ao Solo do Leito = 140 ohms

Estrutura a Proteger: torre de transmissão, do tipo estaiada, em aço galvanizado, para linha de alta tensão em 530kV, mais precisamente a Torre 307 da Linha Curitiba-Blumenau.

Medições de Campo:-

- **Medições na Bateria**
  Tensão com painel fotovoltaico conectado = 14,8V, com corrente de 105mA e resistência do leito de ânodos da ordem de 140 ohms.

- **Medições de potencial dos pés da torre**
  Pé A da torre = -1,35V,
  Pé B da torre = -1,08V,
  Pé C da torre = -1,015V, e
  Pé D da torre = -1,0V

❖ **<u>CASO 3</u> - Referência [3]**

Cidade: Ribeirão Preto - SP

Data da Implantação: 2007

Características da Implantação: conjunto de célula fotovoltaica/leito composto por um único ânodo em titânio MMO em tira, com potência de saída em 48W.

Resistência Final de Contato ao Solo do Leito = 105 ohms

Estrutura a Proteger: gasoduto para transporte de gás natural com 6 polegadas de diâmetro e extensão de 2750 metros, com revestimento externo em tripla camada de polietileno extrudado.

Medições de Campo:

- **Medições na Bateria**
  Tensão com painel fotovoltaico conectado = 24,5V, com corrente de 235mA e resistência do leito de ânodos da ordem de 105 ohms.

- **Medições de potencial no gasoduto:**
  -1,24 a -1,19V.

❖ **<u>CASO 4</u> – Referência [4]**

Cidade: Paulínia - SP

Data da Implantação: 2003

Características da Implantação: conjunto de retificador/leito composto por ânodo em titânio MMO em tiras, sendo duas peças em um único furo com 4,5 metros de profundidade.

Resistência Final de Contato ao Solo do Leito = 517 ohms

Estrutura a proteger: tubulação de aço para transporte de gás natural, com diâmetro de 8 polegadas e aproximadamente 700 metros de extensão.

Medições de Campo: Medições dos potenciais da tubulação.

Ponto de Teste	Potencial Máximo	Potencial Mínimo
PT 01	-1,33	-1,31
PT 02	-1,58	-1,53

Leituras no Retificador

Abaixo são apresentadas as avaliações efetuadas para as diversas etapas de saída do retificador:

G1	V	A	G2	V	A
F1G1	3,1 V	6 mA	**F1G2**	26,7V	51,6mA
F2G1	8,2 V	16mA	**F2G2**	30,8V	59,5mA
F3G1	12,2V	23,5mA	**F3G2**	35,2V	68mA
F4G1	17,3V	33,4mA	**F4G2**	39,2V	78,3mA
F5G1	21,3V	40,5mA	**F5G2**	42,3V	82,9mA
G3	**V**	**A**	**G4**	**V**	**A**
F1G3	48,7V	94mA	**F1G4**	71,5V	138,2mA
F2G3	53,2V	102,9mA	**F2G4**	76,8V	148,5mA
F3G3	58,3V	112,7mA	**F3G4**	80,9V	156,4mA
F4G3	62,7V	121,2mA	**F4G4**	85,4V	165,1mA
F5G3	67,5V	130,5mA	**F5G4**	90V	174mA
G5	**V**	**A**			
F1G5	93,4V	180,6mA			
F2G5	98,5V	190,5mA			
F3G5	103,2V	199,6mA			
F4G5	107,5V	207,9mA			
F5G5	112,6V	217,7mA			

Observa-se que a resistência média do leito de anodos é de 517 ohms enquanto a resistência teórica deste leito de anodos era de 523 ohms, fato que comprova a veracidade dos cálculos efetuados, sendo as medições de campo efetuadas no estagio de 3,2 V com 6,2 mA.

- **<u>CASO 5</u> – Referência [5]**

Cidade: Rio Claro - SP

Data da Implantação: 2006

Características da Implantação: conjunto de retificador/leito composto por 02 ânodos em titânio MMO em tiras.

Resistência Final de Contato ao Solo do Leito = 50,8 ohms

Estrutura a proteger: gasoduto para transporte de oxigênio construído em tubos de aço com diâmetro de 4 polegadas e comprimento aproximado de 2.500 metros, com revestimento externo a base de coaltar-enamel.

Medições de Campo: Medições do potencial da tubulação

Ponto de Teste	Potencial Máximo	Potencial Mínimo
IE 01	-2,2	-2,1
MI 02	-2,2	-2,1
MI 03	- 2,1	- 2,0
PT 04	-2,2	-2,15
IE / PT 05	-2,2	-2,1

Leitura no Retificador
Abaixo são apresentadas as leituras obtidas no retificador em suas diversas etapas de saída.

G1	V	A	G2	V	A
F1G1	3,2	0,06	**F1G2**	25	0,5
F2G1	5	0,2	**F2G2**	30	0,6
F3G1	10	0,3	**F3G2**	35	0,6
F4G1	15	0,3	**F4G2**	38	0,8
F5G1	20	0,4	**F5G2**	45	0,8
G3	**V**	**A**	**G4**	**V**	**A**
F1G3	45	1	**F1G4**	69	1,4
F2G3	50	1	**F2G4**	72	1,4
F3G3	55	1	**F3G4**	75	1,4
F4G3	60	1,2	**F4G4**	80	1,6
F5G3	65	1,3	**F5G4**	85	1,7
G5	**V**	**A**			
F1G5	90	1,8			
F2G5	95	1,8			
F3G5	98	1,8			
F4G5	103	2			
F5G5	110	2,2			

- **NOTAS:**
  I. A resistência média do leito de ânodos no Retificador é de 50,8 ohms.
  II. As medições de potencial foram efetuadas com o retificador em sua etapa de saída em F1G1

❖ <u>CASO 6</u> – Referência [6]

Cidade: Barão de Cocais - MG

Data da Implantação: 2007

Características da Implantação: conjunto de retificador/leito composto por um único ânodo em titânio MMO em tira.

Resistência Final de Contato ao Solo do Leito = 49,3 ohms

Estrutura a proteger: gasodutos construídos em aço para distribuição de gás oxigênio e nitrogênio, com diâmetros de 4 e 6 polegadas e comprimento de 5.087 metros no total, sendo seu revestimento externo o polietileno extrudado em tripla camada.

Medições de Campo: Medições do potencial da tubulação

Ponto de Teste	Potencial Máximo	Potencial Mínimo
PT01	-3,51	-3,51
PT02	-3,31	-3,3

Leituras do Retificador
Abaixo são apresentadas as leituras obtidas no retificador em suas diversas etapas de saída.

G1	V	A	G2	V	A
F1G1	5	0,032	F1G2	30	0,549
F2G1	10	0,118	F2G2	35	0,661
F3G1	15	0,22	F3G2	40	0,772
F4G1	20	0,325	F4G2	45	0,908
F5G1	25	0,436	F5G2	50	1,004
G3	V	A	G4	V	A
F1G3	50	1,028	F1G4	75	1,573
F2G3	55	1,138	F2G4	80	1,692
F3G3	60	1,271	F3G4	85	1,807
F4G3	65	1,38	F4G4	90	1,905
F5G3	70	1,49	F5G4	95	2,027

G5	V	A
F1G5	95	2,076
F2G5	100	2,201
F3G5	105	2,337
F4G5	110	2,418
F5G5	115	2,528

- **NOTAS:**
  - I. A resistência média de contato ao solo do leito de ânodos é de 49,3 ohms.
  - II. As medições de potencial foram efetuadas com o retificador em sua etapa de saída em F1G1.

Conclusões

Com base nas diversas medições aqui apresentadas, podemos concluir que um leito de ânodos com alta resistência final de contato ao solo pode substituir com a mesma eficiência, um leito de ânodos convencional, sendo assim indicado para regiões rochosas que apresentem um alto valor de resistividade elétrica do solo. Por outro lado a economia final resultante na pequena necessidade de abertura de valas e o mínimo espaço ocupado para a implantação de um leito de ânodos com alta resistência de contato ao solo final, isto em função do pequeno número de ânodos necessária para sua operação, suplanta em muito um leito do tipo convencional, tornando esta instalação atrativa comercialmente, podendo ser assim também um tipo ideal de leito a ser implantado em alguns casos.

Referências Bibliográficas

[1] *Baseado em fatos reais – Autoria Própria*
Fato ocorrido na cidade de Senador Canedo – GO – 2007

[2] *Baseado em fatos reais – Autoria Própria*
Fato ocorrido na cidade de Blumenau – SC - 2000

[3] *Baseado em fatos reais – Autoria Própria*
Fato ocorrido na cidade de Ribeirão Preto – SP - 2007

[4] *Baseado em fatos reais - Autoria Própria*
Fato ocorrido na cidade de Paulínia – SP - 2003

[5] *Baseado em fatos reais – Autoria Própria*
Fato ocorrido na cidade de Rio Claro – SP - 2006

[6] *Baseado em fatos reais – Autoria Própria*
Fato ocorrido na cidade de Barão de Cocais – MG - 2007