
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).

Dispositivos alternativos contra surtos de tensão em retificadores utilizados no sistema de proteção catódica

Vitor Hugo R. Souza^a, Alexandre V. Fonseca^b

Abstract

Transportation and distribution pipelines for petroleum and oil derivatives are generally under cathodic protection, whose technique consists of applying an electric current across the rectifiers installed throughout its extension. The present study investigates the constant failures of the rectifiers and burning of its components due to the high incidence of lightning and atmospheric discharges within the region analyzed. This said and seeking not only for a more reliable system but also for a higher operational availability index, tests on rectifier outputs were started in the summer of 2016, aiming at reduce the maintenance cost as well as the time when the rectifier is unavailable. This paper aims to present the results obtained, to prove the benefit of placing circuit breakers in the output of the rectifiers as a way to protect the equipment as a whole and to explain the applicability of this method in other cathodic protection systems.

Keywords: corrosion, cathodic protection, rectifier, maintenance, atmospheric discharge

Resumo

Dutos de transporte e distribuição de petróleo e derivados no geral possuem sistema de proteção catódica por corrente impressa através de retificadores ao longo de todas suas faixas. No caso estudado, inserido numa região com elevada taxa de incidência de raios, principalmente no verão, há muita parada dos retificadores com consequente queima de seus componentes devido à incidência destas descargas atmosféricas. Face ao exposto e buscando não só um sistema mais confiável como também um índice de disponibilidade mais elevado, testes nos disjuntores na saída dos retificadores foram iniciados no verão de 2016, objetivando reduzir os custos de manutenção e tempo de indisponibilidade dos equipamentos. Este trabalho propõe apresentar os resultados obtidos e comprovar o benefício de se colocar disjuntores na saída dos retificadores como proteção ao equipamento e explicar a aplicabilidade em outros sistemas de proteção catódica.

Palavras-chave: corrosão, proteção catódica, retificador, manutenção, descarga atmosférica, disponibilidade operacional

^a Técnico de Inspeção - TRANSPETRO

^b Técnico de Proteção Catódica - HOPE

Introdução

A proteção Catódica “é um método de controle de corrosão que consiste em transformar a estrutura a proteger no catodo de uma célula eletroquímica ou eletrolítica. Proteção catódica é empregada para estruturas enterradas ou submersas. (1)”

“Os sistemas de proteção catódica necessitam de uma constante e permanente inspeção para se verificar se tudo funciona normalmente. A necessidade de inspeção está intimamente relacionada com o fato de que, em se tratando de um sistema de combate à corrosão, ele não deve sair de operação, por menor que seja o período, porque se isto ocorrer, o processo de corrosão poderá ser restabelecido. (2)”

Visto isso, no caso apresentado, o sistema de proteção catódica funciona por corrente impressa, corrente essa que é injetada no sistema através dos retificadores.

“Os retificadores são equipamentos fundamentais em um sistema por corrente impressa. Por isso, sua especificação, instalação, operação e manutenção deve ser a mais criteriosa possível para assegurar-se um bom desempenho da proteção catódica. (3)”

No estudo objeto deste trabalho, foram analisados 111 retificadores operando ao longo de aproximadamente 1768 quilômetros de faixa de dutos que percorrem 81 municípios distribuídos ao longo dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia.

Manter todo esse sistema funcionando torna-se um desafio maior do que em outras regiões do Brasil devido à elevada taxa de incidência de raios por área (índice cerâmico) nas regiões onde as faixas de dutos estão instaladas, pois, devido a esse índice, temos uma taxa de queima de equipamentos e componentes de retificadores elevadas se comparadas com outras regiões do país que contenham sistema de proteção catódica semelhante.

Face ao exposto e na busca por um sistema mais confiável, com alto índice de disponibilidade operacional, desde o verão de 2016/2017 foram instalados disjuntores de forma provisória na saída dos retificadores (4). Com resultados satisfatórios, expandimos para todos os retificadores sob a mesma responsabilidade ao longo das faixas de dutos. Este trabalho propõe apresentar os resultados obtidos no verão 2017/2018 e explicar a aplicabilidade em outros sistemas de proteção catódica.

Metodologia

Buscou-se entender melhor porque os retificadores da região avaliada (RJ, SP, MG, ES e BA) tinham um alto índice de queima quando comparado com sistemas de proteção catódica semelhantes em outras regiões do Brasil. Sabe-se que as queimas são oriundas das descargas atmosféricas e buscou-se entender melhor o fenômeno, bem como mitigar esse problema.

No Brasil caem, em média, 50 milhões de raios por ano. Utilizando esses dados fornecidos pelo Grupo de Eletricidade Atmosféricas (ELAT) e pela NBR 5419 (5), buscou-se entender

melhor o quanto os dutos estavam expostos a descargas atmosféricas. Utilizou-se os dados fornecidos pelo ELAT para ranquear pelo índice cerâmico os municípios nos quais as faixas de dutos de interesse estão instaladas e comparar com o índice de queima dos retificadores.

Na Tabela 1, ranqueou-se, pelo índice cerâmico, os municípios com faixa de duto instalada e que estão entre as 1.000 cidades brasileiras, entre as 5.570 existentes, que mais sofrem descargas atmosférica por ano. Nesses critérios as cidades da tabela recebem entre 12,0 e 6,8 descargas atmosféricas por quilômetro quadrado por ano.

Na Figura 1, tem-se o índice cerâmico representado visualmente em escala de cores na região sudeste, o que confirma o que já era conhecido empiricamente – os locais com faixa de duto instalada no sudeste sofrem mais descargas atmosféricas que outras regiões.

De posse desses dados que comprovam a experiência de campo, buscou-se soluções economicamente viáveis para o problema: descargas atmosféricas que, ao se espalharem no solo, encontram um caminho preferencial para a corrente, duto e leito de anodos, queimando os retificadores.

Buscou-se, então, informações sobre o raio que, após tocar o solo, produz “ um pico de corrente médio de cerca de 30 kA, com variações desde poucos kA até centenas de kA. Medidas de corrente em torres equipadas têm registrado valores máximos de 400 kA. Em geral, a corrente atinge seu pico em alguns microssegundos e decai a metade deste valor em cerca de 50 microssegundos. (6)”

Ou seja, um sistema de proteção convencional contra descargas atmosféricas (SPDA), que visa proteger estruturas, não resolve o problema que é oriundo das descargas atmosféricas após atingir o solo.

Decerto que todas as soluções que o mercado oferece para proteções contra raios são baseadas considerando que se tenha um SPDA ativo e que precisam atuar, no máximo, em decorrência de um pulso eletromagnético devido a descargas atmosféricas (LEMP) e nunca para proteger um equipamento de um raio em si.

Contemplando tudo o que foi previamente exposto e considerando que na maioria das vezes o retificador não recebe toda a corrente oriunda de um raio, passou-se a pensar no raio como um curto circuito vindo pelo duto ou leito em direção ao retificador. Por isso, instalou-se disjuntores na saída do retificador, cabos positivo e negativo, de forma a protegê-lo deste “curto circuito”.

Como os disjuntores são projetados para suportar determinada corrente elétrica e desarmar automaticamente em caso de curto circuito, disjuntores com capacidade de corrente acima da corrente nominal dos retificadores foram instalados, visto que qualquer surto vindo do duto ou do leito terá uma amperagem consideravelmente superior à corrente nominal do retificador.

A instalação dos disjuntores foi feita de forma que eles possam ser rearmados por qualquer pessoa que identificar o desligamento, sem que haja risco de toque em alguma parte viva do circuito elétrico ou conhecimento técnico em elétrica.

Feito isso, passou-se a contabilizar cada intervenção em retificador necessária devido à descarga atmosférica, contabilizando as atuações do disjuntor em duas situações: 1) retificador voltou a operar apenas rearmando o disjuntor; 2) retificador voltou a operar após uma manutenção corretiva.

Tabela 1 – Ranking Municípios com descargas atmosféricas na faixa de dutos

Município	Densidade de Descargas (Km²/Ano)	Ranking Densidade Nacional
Volta Redonda - RJ	12,04778953	439
Barra Mansa - RJ	11,66167184	462
Pinheiral - RJ	11,14979117	503
Paracambi - RJ	10,38954071	572
Piraí - RJ	9,884347395	616
Resende - RJ	9,863137822	619
Nova Iguaçu - RJ	9,708614562	639
Duque de Caxias - RJ	9,357992352	684
Barra do Piraí - RJ	9,07578423	710
Japeri - RJ	8,96975041	722
Arapeí - SP	8,532554719	767
Queimados - RJ	8,249721211	801
Rio das Flores - RJ	8,228725232	802
Congonhas - MG	8,063592233	815
Guapimirim - RJ	8,052111276	817
Oliveira Fortes - MG	8,035040099	819
Cachoeiras de Macacu - RJ	7,911077862	837
Silveiras - SP	7,726580913	863
Lorena - SP	7,608988367	873
Juiz de Fora - MG	7,602867694	874
Areias - SP	7,562608105	880
Canas - SP	7,529978612	884
Santos Dumont - MG	7,481995641	892
Bananal - SP	7,467223767	895
São Brás do Suaçuí - MG	7,393841465	900
Ewbank da Câmara - MG	7,289219271	914
Vassouras - RJ	7,264029732	916
Queluzito - MG	7,173430973	926
Cachoeira Paulista - SP	7,164594753	928
Magé - RJ	7,039870883	939
São José do Barreiro – SP	6,946050577	953
Moeda - MG	6,887511077	959
Seropédica - RJ	6,878296592	960
Belmiro Braga - MG	6,831145788	972

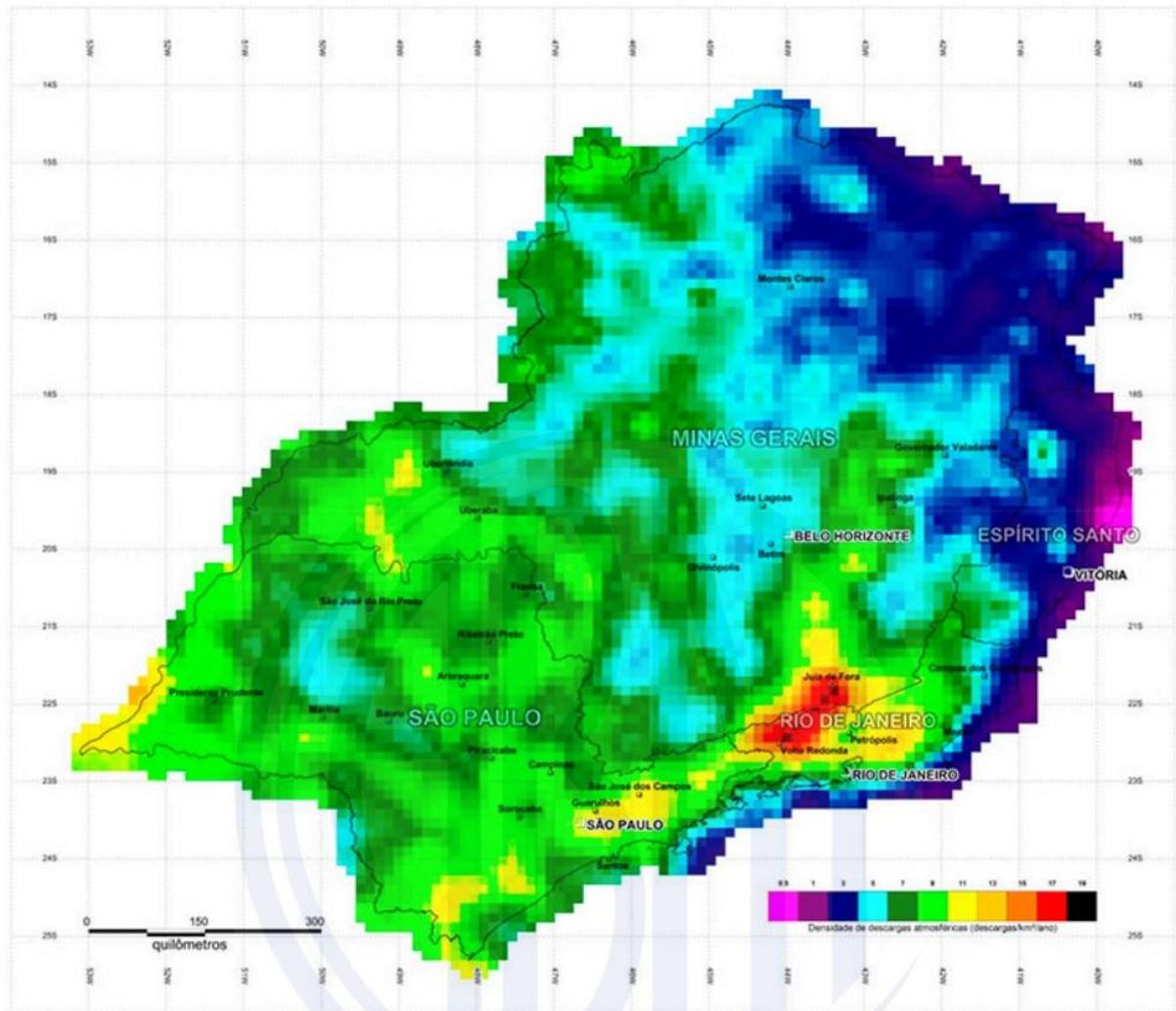


Figura 1 - Densidade de descargas atmosféricas – Mapa da região Sudeste (descargas atmosféricas/km²/ano). Fonte: NBR 5419-1.

Resultados e discussão

Como podemos ver na Tabela 2, que apresenta os dados de intervenção nos retificadores entre os meses de novembro de 2017 e janeiro de 2018, teve-se um total de 76 paradas nos retificadores devido a descargas atmosféricas, sendo que 42 por atuação do disjuntor e 34 com necessidade de manutenção no retificador.

Ou seja, em 55% dos casos apenas rearmar o disjuntor foi o suficiente para religar o retificador. Em 45% dos casos o disjuntor não foi efetivo para interromper a corrente antes que componentes do retificador queimassem, necessitando realizar manutenção no retificador mesmo com os disjuntores desarmados.

Os dados mostram que, em locais com histórico de queima dos retificadores por descarga atmosférica, a instalação de disjuntores em seus cabos positivo e negativo é uma boa prática. Mesmo não sendo efetivo em todos os casos, a economia que esses disjuntores trazem torna-se inquestionável com os dados levantados.

Sabendo que o disjuntor ao desarmar e proteger o equipamento evita a queima de seus componentes elétricos como fusíveis, diodos, voltímetros, amperímetros, entre outros, tem-se uma garantia de economia por não ser necessária a troca desses componentes para reestabelecer o retificador.

Outra vantagem é a rapidez com que os retificadores são reestabelecidos. Geralmente, quando há uma queima comum de retificador, precisa-se deslocar uma equipe técnica até o local para realizar uma manutenção corretiva. Estes retificadores, porém, estão normalmente a quilômetros de distância da equipe mais próxima. Com os disjuntores instalados, as equipes de faixa, que estão sempre transitando próximo aos retificadores mas não têm conhecimento técnico em elétrica e/ou proteção catódica, podem religar os disjuntores desarmados, tornando o retificador operacional.

Nas Figuras 2 e 3 pode-se verificar como os disjuntores foram instalados de forma a manter as partes vivas do retificador isoladas, ou seja, sem que haja risco de choque na necessidade de religamento.

Com isso, economiza-se diretamente na proteção dos componentes elétricos e indiretamente no homem-hora necessário para reparar o equipamento, o que se acredita ser a maior economia, pois muitas vezes interrompem-se inspeções para poder realizar manutenção em retificadores.

Há ainda uma terceira economia, mais difícil de mensurar, que é a redução do tempo em que a estrutura (duto) fica desprotegida catodicamente em função da reativação do retificador em menor tempo, ou seja, do aumento da disponibilidade operacional do retificador.

Essa solução, aparentemente óbvia, trouxe significativa economia no último ano. Por isso, pretende-se mantê-la no sistema, realizando-se as gestões de mudança necessárias e torna-la normativa, exigindo que os disjuntores sejam levados em consideração nos futuros projetos do sistema de proteção catódica em locais com altas incidências de descarga atmosférica.

Tabela 2 – Quantidade de acionamentos dos disjuntores e manutenções

TAG / ER	MUNICÍPIO	UF	DISJUNTOR	MANUTENÇÃO
1	NOVA IGUAÇU	RJ	0	2
2	NOVA IGUAÇU	RJ	0	2
3	MIGUEL PEREIRA	RJ	2	1
4	MIGUEL PEREIRA	RJ	1	0
5	MIGUEL PEREIRA	RJ	1	2
6	PATY DO ALFERES	RJ	2	0
7	PATY DO ALFERES	RJ	1	0
8	VASSOURAS	RJ	1	0
9	VASSOURAS	RJ	0	1

10	RIO DAS FLORES	RJ	0	1
11	RIO DAS FLORES	RJ	0	1
12	BELMIRO BRAGA	RJ	0	1
13	BELMIRO BRAGA	MG	0	3
14	JUIZ DE FORA	MG	0	2
15	JUIZ DE FORA	MG	3	0
16	EWBANK DA CÂMARA	MG	1	0
17	EWBANK DA CÂMARA	MG	1	1
18	SANTOS DUMONT	MG	2	0
19	SANTOS DUMONT	MG	1	1
20	SANTOS DUMONT	MG	1	1
21	ALFREDO VASCONCELOS	MG	3	1
22	QUELUZITO	MG	2	1
23	S. BRAZ DO SUAÇUÍ	MG	3	0
24	MOEDA	MG	2	0
25	BRUMADINHO	MG	1	0
26	SARZEDO	MG	1	0
27	RIO DE JANEIRO	RJ	2	1
28	NOVA IGUAÇU	RJ	0	4
29	NOVA IGUAÇU	RJ	1	0
30	PARACAMBI	RJ	1	0
31	PARACAMBI	RJ	2	1
32	PIRAÍ	RJ	1	0
33	PINHEIRAL	RJ	0	2
34	PINHERAL	RJ	1	0
35	S. JOSÉ DO BARREIRO	SP	2	0
36	DUQUE DE CAXIAS	RJ	0	1
37	CACH. DE MACACU	RJ	1	0
38	SILVA JARDIM	RJ	0	2
39	SILVA JARDIM	RJ	0	2
40	NOVA IGUAÇU	RJ	2	0



Figura 2 – Disjuntores instalados no retificador – visão interna



Figura 3 – Disjuntores instalados no retificador – visão externa inferior

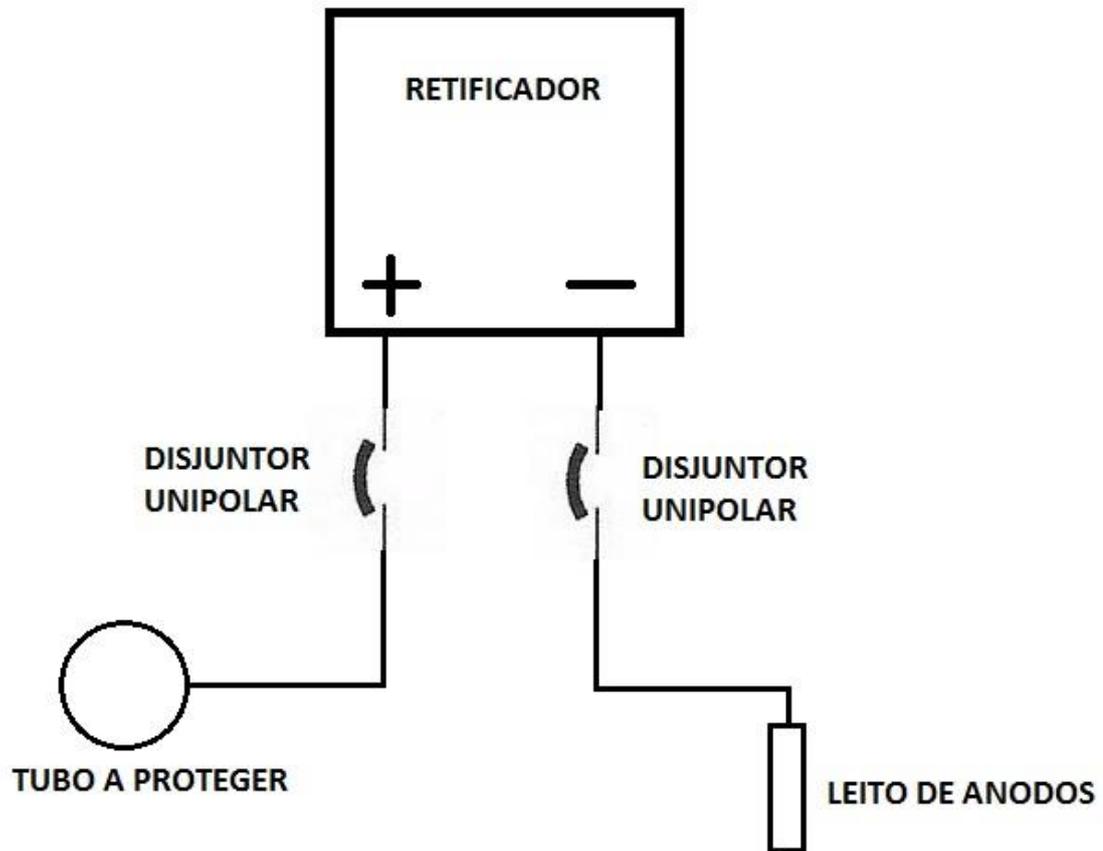


Figura 4 – Esquemático da instalação dos disjuntores no retificador

Conclusões

Os disjuntores instalados na saída dos retificadores, cabos positivo e negativo, se mostraram eficientes para proteção dos retificadores do sistema de proteção catódica expostos a queima devido a descargas atmosféricas. A seguir é relacionado os prós e contras que embasam essa conclusão:

PRÓS:

- Proteção contra queima dos componentes elétricos dos retificadores;
- Retorno operacional do retificador com a mão de obra local, sem a necessidade de deslocamento de uma equipe especializada;
- Elevada atuação nos casos de descarga atmosférica (mais da metade dos eventos ocorridos);
- Aumento do índice de disponibilidade operacional do retificador devido à diminuição do tempo médio para reparo.

CONTRAS:

- Não funciona em 100% dos casos.

Referências bibliográficas

- (1) DUTRA, A. C.; NUNES, L. P. **Proteção Catódica** – técnica de combate a corrosão. Rio de Janeiro: McKlausen, 1991. p. 40
- (2) DUTRA, A. C.; NUNES, L. P. **Proteção Catódica** – técnica de combate a corrosão. Rio de Janeiro: McKlausen, 1991. p. 159
- (3) DUTRA, A. C.; NUNES, L. P. **Proteção Catódica** – técnica de combate a corrosão. Rio de Janeiro: McKlausen, 1991. p. 166
- (4) DESMARAIS, M. A. LAGOAS. **Estudo de técnicas aplicadas em campo para aumento da confiabilidade operacional nos retificadores usados em sistemas de proteção catódica** 2015. 137 p. (Dissertação de Mestrado) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- (5) ABNT NBR 5419-1. **Proteção contra descargas atmosféricas – Parte 1: Princípios gerais**, 2015.
- (6) Grupo de Eletricidade Atmosférica – ELAT. (n.d.). Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. 2018 Fev [citado em 22 fev, 2018]. Disponível no portal ELAT em <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/caracteristicas.da.corrente.eletrica.php>