

Copyright 2014, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2014, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2014.

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

Dispositivo contínuo de funcionamento de retificador de proteção catódica

João Paulo Klausing Gervásio^a, Daniel Alves Torres Filho^b, Alexandre Vicente da Fonseca^c,
José Luiz de Araújo Silva Filho^d

Abstract

In regions with a high incidence of lightning, as in the South and Southeast of Brazil, burning electrical equipment is quite common. Cathodic protection rectifiers are particularly very vulnerable devices, because they are usually located in rural areas. To increase the reliability of these rectifiers, it was developed an automatic device, connected to a circuit backup, which is triggered immediately in case of burning of some component of the main circuit. It is expected a significant reduction in maintenance costs with these devices, in order of the lower frequency with which technical teams need to move to perform corrective maintenance services. Another advantage, which cannot be measured, is the guarantee that pipelines or other structures will stay cathodically protected without interruptions. A methodology for monitoring the performance of this protective device is required, by means of indicated lights or remote data communication. Any failure in the rectifier can be treated with much more tranquility, knowing that the equipment remains in operation.

Keywords: cathodic protection, rectifier, reliability, lightning

Resumo

Em regiões com alta incidência de descargas atmosféricas, como no Sul e Sudeste do Brasil, a queima de equipamentos elétricos é bastante comum. Retificadores de proteção catódica são, particularmente, dispositivos muito vulneráveis, por estarem localizados geralmente em áreas rurais. Visando aumentar a confiabilidade destes retificadores, foi desenvolvido um dispositivo automático, conectado a um circuito reserva, que é acionado imediatamente em caso de queima de algum componente do circuito principal. Espera-se com isso, uma redução significativa nos gastos de manutenção com estes equipamentos, consequência direta da menor frequência com que as equipes técnicas necessitam se deslocar para realizar serviços de manutenção corretiva. Outra vantagem, que não pode ser mensurada, é a garantia que dutos ou outras estruturas permaneçam protegidas catodicamente sem interrupções. Uma metodologia para acompanhamento da atuação desse dispositivo de proteção é necessária, por meio de indicadores luminosos ou comunicação de dados remota. Eventuais falhas no retificador podem ser tratadas com muito mais tranquilidade, sabendo-se que o equipamento continua em funcionamento.

Palavras-chave: proteção catódica, retificador, confiabilidade, descarga atmosférica

^aEngenheiro - PETROLEO BRASILEIRO SA

^bEngenheiro - PETROBRAS TRANSPORTE SA

^cTécnico - PETROBRAS TRANSPORTE SA

^dTécnico - PETROBRAS TRANSPORTE SA

Introdução

O Brasil ocupa o primeiro lugar no ranking mundial de incidência de descargas atmosféricas, com 57,8 milhões de ocorrências por ano, segundo dados do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. No mapa indicado na Figura 1 (1), é possível ver que essa distribuição de raios não é uniforme ao longo de todo o território brasileiro. Embora na região Sudeste a densidade de descargas atmosféricas não seja a mais alta do Brasil, é nesta área que ocorrem os maiores estragos devido à densidade populacional.

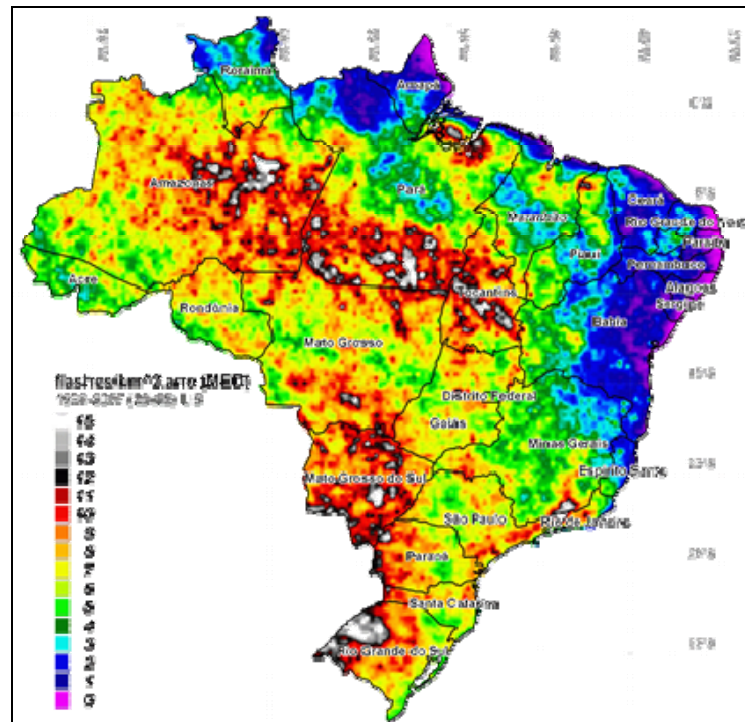


Figura 1 – Densidade média de descargas atmosféricas entre 1998 e 2007 a partir de dados de satélite mostrando as regiões de maior e menor incidência do país.

Grande parte das linhas de dutos terrestres está localizada entre as regiões urbanizadas e os centros produtores de gás e petróleo. Essa concentração ocorre principalmente na região Sudeste do Brasil.

A proteção catódica de dutos terrestres, geralmente através de técnicas de corrente impressa, depende do funcionamento de retificadores para cumprir o objetivo de evitar a corrosão. Empresas operadoras de dutos têm enfrentado danos frequentes em equipamentos elétricos deste tipo, em função da incidência de descargas atmosféricas.

Esta grande quantidade de casos de falhas de equipamentos elétricos se deve à exposição destes equipamentos, que geralmente ficam localizados em áreas remotas, com infraestrutura de proteção precária, agravado pelo fato dos mesmos estarem ligados a dutos e leitos de anodos, que eventualmente funcionam como “para-raios”, conduzindo surtos de tensão. A Figura 2 ilustra uma situação comum em que um retificador se encontra no campo



Figura 2 – Retificador instalado em região remota

As principais consequências da queima de um retificador são:

- Ausência temporária de proteção catódica, cuja gravidade pode ser maior ou menor, dependendo das características do duto onde o equipamento está conectado;
- Necessidade de deslocamento de uma equipe de manutenção ao local de instalação, muitas vezes localizado em locais de difícil acesso.

Descargas Atmosféricas, Surtos Elétricos e Retificadores de Proteção Catódica

As descargas atmosféricas originam-se principalmente de nuvens de tempestade cúmulos nimbos. Cargas positivas são induzidas na superfície do solo devido à concentração de cargas negativas na base da nuvem. Resumidamente, quando há rompimento da rigidez dielétrica do ar, canais ionizados ascendentes e descendentes se encontram, criando um canal condutor que conduz uma corrente de alta intensidade (2), ilustrado na Figura 3. O fluxo de cargas elétricas pelo canal ionizado gera os fenômenos do relâmpago (visual) e do trovão (sonoro).

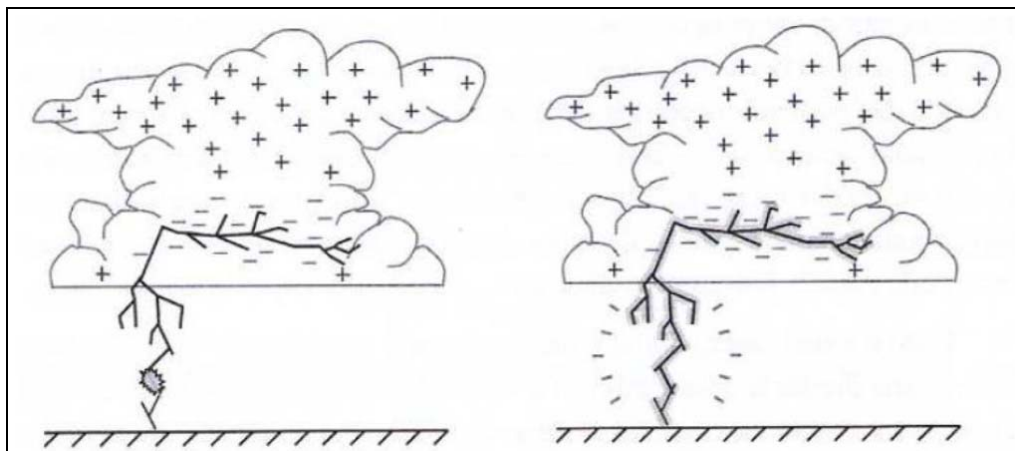


Figura 3 – Formação da descarga atmosférica

O fluxo de cargas elétricas geradas pelo raio gera um surto, ou seja, uma onda transitória de tensão ou corrente. Esta onda se propaga ao longo de um sistema elétrico e possui elevada taxa de variação.

O surto gerado por descargas atmosféricas pode surgir de duas formas: através de incidência direta ou indireta do raio (3). A incidência direta gera altíssimos valores de sobretensão ao atingir diretamente um circuito elétrico. Já na incidência indireta, parte da energia do raio é transferida para as instalações ou para a rede elétrica gerando sobretensões por meio de acoplamentos elétricos (resistivo, indutivo ou capacitivo).

Retificadores de proteção catódica são equipamentos elétricos que protegem estruturas metálicas contra corrosão, fornecendo corrente contínua em intensidade suficiente para que a estrutura a ser protegida se comporte como um catodo de uma pilha eletroquímica. Para esse fim, são necessários anodos, que são os elementos de sacrifício do sistema de proteção catódica, ou seja, se corroem. A Figura 4 mostra o esquema básico de ligação de um retificador (Fonte CC) a um duto.

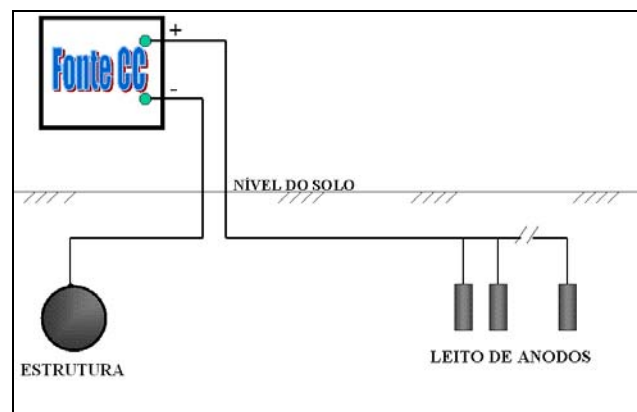


Figura 4 – Esquema básico de ligação de um retificador de proteção catódica

Retificadores eventualmente são afetados por descargas atmosféricas diretas ou indiretas, porém estas instalações são particularmente muito suscetíveis a descargas indiretas. Isso porque o surto pode ser proveniente de três frentes: da alimentação elétrica do equipamento, do leito de anodos ou da estrutura protegida, geralmente um ou mais dutos enterrados.

A medida mais eficaz para reduzir os riscos de incêndio, explosão e choques elétricos é a equipotencialização de potencial. Ou seja, interligar eletricamente o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), armaduras metálicas, instalações metálicas, massas e condutores dos sistemas elétricos de potência e de sinal, dentro do volume a proteger (4).

É comum aliar essa medida à instalação de Dispositivos de Proteção de Surtos (DPS). São dispositivos capazes de evitar danos ao descarregar para a terra surtos de tensão e corrente. Usualmente esses equipamentos são utilizados na alimentação elétrica de equipamentos, pois não é possível aterrar os cabos diretamente energizados. A Figura 5 mostra um exemplo típico de utilização de DPS (5), onde L1, L2 e L3 são as fases, PE é o condutor de proteção, N é o neutro e o BEP é o barramento de equipotencialização.

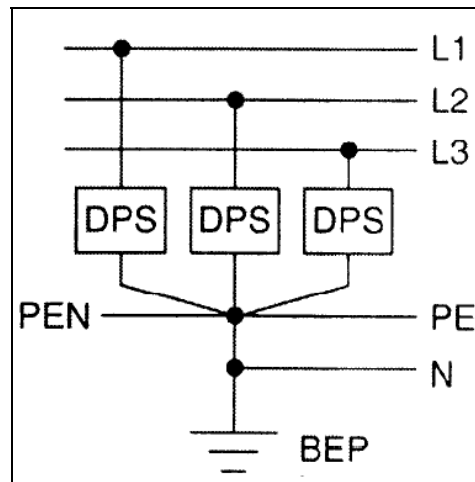


Figura 5 – Exemplo de utilização do DPS

No caso dos retificadores, além da proteção na alimentação, é necessário evitar também os surtos vindos do leito de anodos e da estrutura a proteger, como na Figura 6:

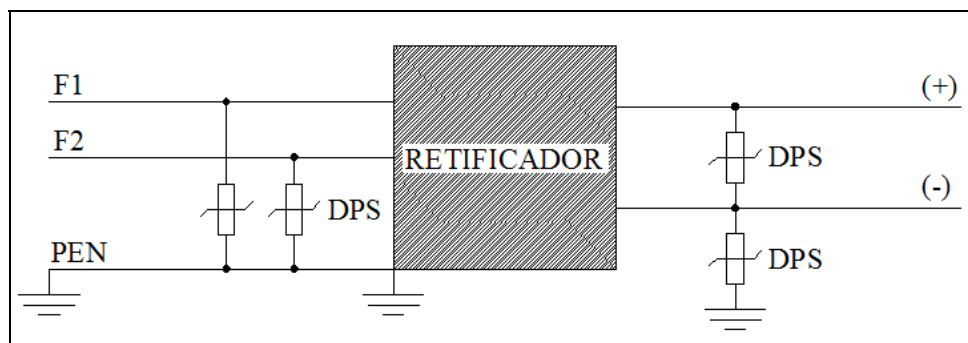


Figura 6 – DPS adicionais na saída do retificador

Dispositivo contínuo de funcionamento de retificador de proteção catódica

Infelizmente mesmo com todas essas proteções, em regiões com altas densidades de descargas atmosféricas, o índice de equipamentos danificados é alto. A mobilização de equipes de manutenção para solucionar o problema é a grande dificuldade, em função da localização dos equipamentos. Retificadores que não possuem monitoração remota têm um problema extra: depende da frequência de inspeção para se descobrir se o mesmo está ou não operacional.

Um dos principais índices de controle da eficiência do sistema de proteção catódica é a disponibilidade operacional (D) de um retificador, que considerando as horas de operação efetiva e o tempo decorrido entre inspeções, conforme a fórmula abaixo:

$$D = \frac{\text{Horas de operação}}{\text{Tempo decorrido}} \times 100 \quad (1)$$

Normativamente existe uma recomendação que a disponibilidade operacional dos equipamentos fique acima de 80% (6). A frequência da inspeção e a mobilização da equipe de manutenção são os maiores empecilhos para obtenção desse índice.

Em função da alta frequência de queima de retificadores e dificuldades de manutenção, foi desenvolvida uma ideia simples e eficiente de manter o equipamento funcionando, mesmo em casos de falha de componentes internos: um sistema de dupla redundância que entra em atuação quando o problema é detectado.

Esse sistema foi nominado Dispositivo Contínuo de Funcionamento de Retificador ou “DCFR”. O sistema é constituído por circuitos auxiliares, um deles é acionado automaticamente após a queima do retificador, sem que o mesmo fique fora de operação. Caso um novo surto danifique o primeiro sistema auxiliar, existe outro, que é acionado manualmente pelo Inspetor de Faixa, que necessita apenas de um treinamento básico para efetuar essa atividade. Para isso, o dispositivo possui um sistema Indicador Luminoso Operacional (ILO), que informa a qualquer um o estado atual do equipamento (7).

A Figura 7 mostra o DCFR instalado e a Figura 8 é um detalhe do dispositivo, onde é possível ver os indicadores luminosos. A luz verde significa Retificador OK; luz azul, retificador operando com o sistema automático, luz amarela, retificador operando com o sistema manual; luz vermelha, equipamento fora de operação.



Figuras 7 e 8 – DCFR instalado e detalhe do dispositivo

Os números da manutenção na regional Sudeste da TRANSPETRO comprovam a eficiência do dispositivo. Foi implantado em 2013 o sistema DCFR em oito retificadores com alto índice de falhas, a título de experiência.

Na Tabela 1 é possível perceber a redução do número de equipamentos fora de operação está diretamente ligada ao número de acionamentos do DCFR. Isso significa que os oito retificadores que tinham o dispositivo não ficaram indisponíveis após queimarem. Desse modo é possível otimizar os recursos de manutenção e programar eventuais serviços com a certeza de que o retificador defeituoso continua funcionando.

Tabela 1 – Informações operacionais dos retificadores da regional Sudeste da TRANSPETRO

Ano	Número de Retificadores (com DCFR)	Equipamentos fora de operação	Acionamentos do DCFR
2009	154 (0)	72	-
2010	154 (0)	74	-
2011	153 (0)	78	-
2012	153 (0)	80	-
2013	152 (8)	52	35

Conclusões

O dispositivo contínuo de funcionamento de retificador de proteção catódica é uma técnica simples e barata de aumentar significativamente a disponibilidade operacional dos retificadores de proteção catódica.

É indicado para regiões de histórico de falhas nos equipamentos em função de surtos de tensão provenientes de descargas atmosféricas.

Referências bibliográficas

- (1) NACCARATO, K. P.; PINTO JR, O.; HOLZWORTH, R. H.; BLAKESLEE, R. Cloud-to-ground lightning activity over Brazil using VLF, LF and Lightning Imaging Sensor combined data. Proceedings of the 29th International Conference on Lightning Protection. Uppsala: Universidade de Uppsala, 2008.
- (2) VISACRO, S., Descargas Atmosféricas: uma abordagem de engenharia, Artliber Editora, Belo Horizonte, MG, 2005, 268 páginas.
- (3) CLAMPER. Apostila do Encontro de Inovação Tecnológica.
- (4) ABNT NBR 5419. Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, 2005.
- (5) ABNT NBR 5410. Instalações elétricas de baixa tensão, 2004.
- (6) PETROBRAS N-2298. Proteção catódica de dutos terrestres, 2013.
- (7) KLAUSING G., J. P.; TORRES FILHO, D. A.; FONSECA, A. V. Indicador luminoso de operação (ILO) de proteção catódica. 12ª Conferência Sobre Tecnologia de Equipamentos, Ipojuca-PE, 2013.