

# Projeto de um Conector para servir de Massa de Sacrifício durante Curtos-Circuitos nos Pórticos de Saída de Alimentadores de 13,8 kV

R. M. Coutinho, F. Castro Jr., H. L. Paula, E. M. J. Vaz,  
P.R.F.C.Costa CEMIG ( Companhia Energética de Minas Gerais)

## RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de um projeto de pesquisa desenvolvido pela Cemig (Companhia Energética de Minas Gerais), financiado pela ANEEL, no qual foram projetados e testados conectores para servirem de massa de sacrifício na junção entre os barramentos nus e os cabos protegidos instalados nas saídas dos alimentadores de 13,8 kV das subestações. Os ensaios de arcos de potência foram realizados no Cepel ( Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) e comprovaram a eficácia da solução.

## PALAVRAS-CHAVE

Conector, arcos elétricos de potência, curtos-circuitos , subestações.

## I. INTRODUÇÃO

O setor de 13,8kV das subestações de distribuição externas é o que apresenta a maior quantidade de ocorrências, ocasionando desligamentos, algumas vezes prolongados, em virtude de danos em materiais e equipamentos. As causas são os pequenos afastamentos existentes entre os centros de buchas, alturas reduzidas entre estas e carcaça do equipamento e entre isolador de pedestal e estrutura, quando da presença de pássaros e pequenos animais, e ainda, falhas no desempenho de materiais, principalmente dos isoladores de pedestal, ocasionando, em todos os casos, arcos elétricos. A Figura 1 mostra um desses arcos, os quais podem atingir temperaturas muito elevadas e têm um poder de destruição muito grande.

Quando as coberturas protetoras começaram a ser instaladas nas subestações com o objetivo de evitar curtos-circuitos provocados por pássaros e pequenos animais na região das buchas dos equipamentos, um outro problema começou a aparecer. Quando ocorria um arco elétrico no pórtico da subestação, os tubos e cabos eram cortados por estes arcos, justamente na junção entre o cabo nu e a cobertura de buchas. Com a introdução dos cabos protegidos, o ponto de rompimento passou a ser a junção entre os dois cabos. Após uma

longa investigação e ensaios [1,2,3,4], constatou-se que tal fenômeno ocorre porque o arco elétrico não tem capacidade de se propagar através de materiais isolantes, pois a sua tensão é muito pequena. Quando é iniciado o arco, ele propaga-se no sentido oposto ao da fonte. Normalmente não provoca danos no caminho, somente onde ele fica parado. Por isso, fins de barramentos, junção de cabos nus com isolados, protegidos ou coberturas de materiais isolantes são pontos críticos. Nesses pontos, ele transforma a energia eletromagnética em calor, agindo como se fosse uma máquina de solda, permanecendo até que o sistema elétrico seja desligado pela atuação da proteção e dos disjuntores. A Figura 2 ilustra esse fenômeno. No caso da Cemig, esses pontos do sistema são protegidos pelo disjuntor geral da subestação (barra de 13,8 kV), o qual, por necessitar coordenação com os disjuntores e religadores das saídas dos alimentadores, tem tempo mais elevado, da ordem de 1 segundo. Por várias vezes verificou-se esse fenômeno em subestações, muitas delas cortando tubos espessos e até cabos com alma de aço.

A idéia desse projeto é instalar uma massa nesses pontos, exceto fins de barramento, chamada conector de sacrifício, o qual deverá suportar o arco elétrico até que o sistema seja desligado. Ao invés do arco danificar os cabos, rompendo-os, e conseqüentemente desligando o alimentador, ele danificará o conector de sacrifício, evitando assim danos nos cabos, nos equipamentos e reduzindo os tempos de desligamento dos consumidores. Isso, evidentemente acarretará uma melhoria dos índices de DEC e FEC da empresa, além de uma redução nos custos de manutenção.



FIGURA 1 - Arco elétrico

Este trabalho foi apoiado pela ANEEL

R.M. Coutinho trabalha na Companhia Energética de Minas Gerais (e-mail: coutinho@cemig.com.br).

F. Castro Jr. trabalha na Companhia Energética de Minas Gerais (e-mail: fcastro@cemig.com.br).

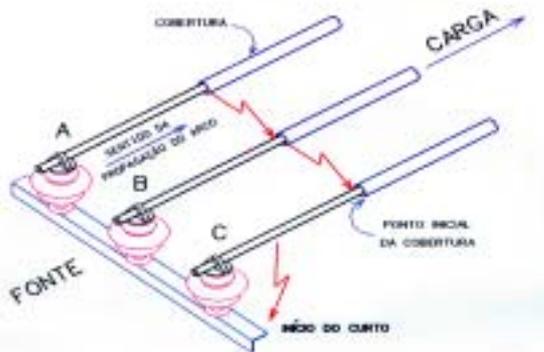


FIGURA 2 - Propagação do arco elétrico

## II. PROJETO DOS CONECTORES

Para a realização dos ensaios, foram desenvolvidos 5 (cinco) protótipos de conectores, pois, por tratar-se de testes experimentais, não se sabia antecipadamente qual a forma ou mesmo o material que cumpriria bem a função. Cada modelo foi fabricado em liga de alumínio comercial (Al 356) e em alumínio puro. A Figura 3 mostra um dos conectores utilizados nos ensaios.

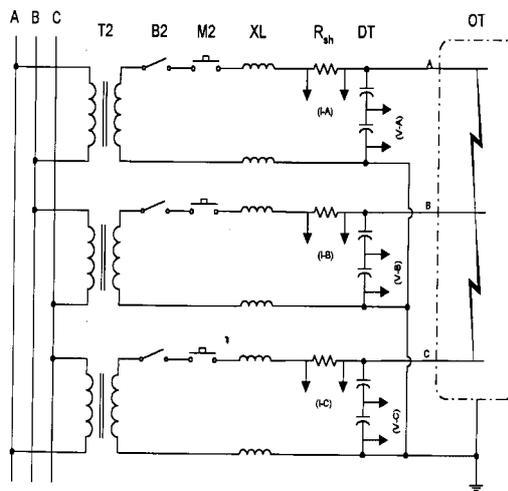


FIGURA 3 - Protótipo do conector utilizado

## III. ENSAIOS

Os ensaios foram realizados no laboratório de alta potência do Cepel, em Adrianópolis, Rio de Janeiro. A Figura 4 mostra o circuito utilizado. Foram provocados curtos-circuitos trifásicos de 10 kA (eficaz) em 13,8 kV, utilizando um pedaço de fio de cobre bastante fino, instalado no barramento de forma a provocar curtos-circuitos com arco elétrico. Quando o sistema era energizado, a corrente fundia o fio e o arco era formado. O valor do curto-circuito corresponde à máxima corrente que existe no sistema da Cemig, nesse nível de tensão. O tempo escolhido de duração do arco foi 1 segundo, que está de acordo com os tempos das proteções da empresa.

A Figura 5 corresponde à estrutura montada para a realização dos ensaios. Nela podem ser vistos os conectores instalados nas três fases, na junção de cabos protegidos e barramentos nus. A estrutura e o espaçamento entre fases são os mesmos dos utilizados nas subestações da Cemig.



### Legenda

ABC	Barramento de 138 kV
T2	Transformadores de curto-circuito
B2	Disjuntores
M2	Chaves de fechamento síncrono
XL	Reatores limitadores de corrente
Rsh	Derivadores de corrente
DT	Divisores de tensão
OT	Objeto sob ensaio

FIGURA 4 - Circuito de ensaio



FIGURA 5 - Estrutura para realização dos ensaios

## IV. RESULTADOS

Dos cinco modelos projetados, quatro realmente foram testados. O outro, por ser muito parecido com um modelo que passou nos ensaios, porém de fabricação mais difícil, foi descartado.

A Figura 6 mostra o resultado do primeiro conector ensaiado. É possível observar o fenômeno do corte dos cabos e obviamente concluir que esse modelo de conector não cumpriu a função a que se destinava.



FIGURA 6 - Resultado do primeiro conector ensaiado

A Figura 7 é o ensaio em dois modelos diferentes ao mesmo tempo. O conector em formato de cone suportou bem o ensaio, mas não foi o escolhido porque tem mais massa que os demais. Os outros dois, em formato de bola, aparentemente protegeram os cabos, mas, na verdade, o desgaste foi muito grande e por muito pouco o cabo não foi atingido. Por isso, esse modelo não foi aprovado.

O conector que será adotado é o das Figuras 3 e 5. A foto tirada após o ensaio, Figura 8, mostra com detalhes como ele protegeu o cabo. O arco veio pelo barramento nu e parou na ponta do conector. Esse ensaio foi repetido outras vezes e o resultado foi o mesmo.

## V. CONCLUSÕES

A principal conclusão desse trabalho é que realmente



FIGURA 7 - Ensaio simultâneo

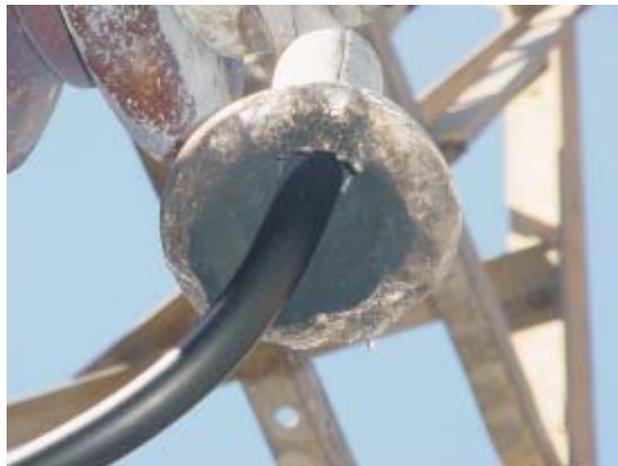


FIGURA 8 - Detalhe do cabo após o ensaio

é possível evitar esse fenômeno com uma solução barata, tanto do ponto de vista de material, quanto de instalação do conector, já que ele pode ser instalado com muita facilidade e rapidez.

O bom desempenho do conector escolhido deveu-se ao fato dele afastar o arco elétrico do cabo.

Tanto os conectores de Alumínio 356, quanto puro, tiveram o mesmo desempenho. Por isso, a tendência é a adoção da liga 356, pois é mais barata e mais fácil de encontrar no mercado.

## VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as contribuições dos colegas da Cemig S. B. Panatieri, L. F. Dias, G. M. Gontijo, C. D. Pessoa, G. M. Brandão, F. A. Ferreira, M. C. Oliveria e a todos os funcionários do laboratório do Cepel que tanto contribuíram para a realização desse trabalho.

## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Baptista, Antônio Oswaldo Santiago e Coutinho, R. M., "Arcos de potência em pórticos de 13,8 kV de subestações de distribuição externas". II Encontro Nacional de Engenharia de Alta Tensão, UFMG
- [2] McGraw, Michael G., "Prevent line burndown with metal-mass clamp", Electrical World, pp. 107-109, December, 1981
- [3] Relatório de ensaio UNIAP- 686/95-R
- [4] Relatório de ensaio UNIAP-1052/96-R
- [5] Relatório de ensaio UNIAP -812/2002-R