



**XXII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GSE/20  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO –VIII**

**GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE**

**AValiação DA INTEGRIDADE DAS CONEXÕES ENTRE EQUIPAMENTOS DE SUBESTAÇÕES E A MALHA DE TERRA EM INSTALAÇÕES ENERGIZADAS**

**Adriana Siqueira Silva(\*)  
CHESF**

**Marco Antônio Leite Porto  
CHESF**

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia para avaliação da integridade das conexões entre equipamentos de subestações e a malha de terra, fruto dos ensaios efetuados em diversas subestações do sistema Chesf. A referida metodologia apresentando-se como uma importante ferramenta na detecção de conexões defeituosas ou equipamentos não conectados com a malha de terra.

**PALAVRAS-CHAVE**

Manutenção, Subestações, Aterramento, Conexões

**1.0 - INTRODUÇÃO**

As avaliações de malha de terra são realizadas, na maioria das vezes, no comissionamento da malha original, por estar o sistema desenergizado. No caso de subestações já energizadas, é necessário a avaliação periódica e manutenção da malha de aterramento, pois estas se degeneram com o tempo causando corrosão ou até mesmo a desconexão de pontos que deveriam estar aterrados. Essas falhas em conexões, roubo de cabo de cobre, solda mal feita ou desconexão, podem causar potenciais elevados por acoplamento capacitivo com o barramento energizado em regime.

Somente verificar o valor da resistência de aterramento não é suficiente para analisar a eficiência do sistema de aterramento de uma subestação e, por isso, é necessário verificar e avaliar o estado dos cabos da malha e dos pontos de conexão dos equipamentos com a mesma.

Diante da necessidade de cumprir a Norma Regulamentadora NR-10 no sentido de manter em cada estabelecimento o "Prontuário de Instalações Elétricas" (documentação de inspeções e medições do aterramento elétrico) a Chesf solicitou a Eletrosul, uma vez que esta empresa já estava com método prático de medição da resistência de aterramento com subestações energizadas, uma parceria para desenvolver a técnica na Chesf.

Em conjunto com a medição de resistência de aterramento também foram realizadas medições de tensão de passo e toque e a integridade de conexões, que é o objeto deste trabalho.

**2.0 - METODOLOGIA**

O método utilizado tem origem na tecnologia repassada pelo Eletrosul para medição de resistência de malha de terra e integridade de conexões.

(\*) Rua Delmiro Gouveia, Nº 333, Ed. André Falcão - DOMM - Bloco C - Sala 330 - Bongí - CEP: 50761-901 - Recife - PE - Brasil - Tel.: (+55 81) 3229-3534 - Fax: (+55 81) 3229-3242 - Email: adriasq@chesf.gov.br

Consiste em utilizar uma fonte de corrente DC conectada a dois pontos distintos da malha de terra da subestação, sendo importante utilizar um mesmo ponto de referência para ser mais rápida a medição. Em seguida, aplica-se 100 A e com o amperímetro alicate mede-se a corrente que flui para a malha de terra e a corrente que sobe da malha para a estrutura do equipamento medido. Quando acessíveis também são verificados os painéis da sala de comando utilizando uma referência na malha da subestação. O método também permite avaliar a interligação entre as malhas de diversos setores da mesma subestação. Quando toda a corrente injetada é medida na direção do equipamento, o ponto em questão torna-se suspeito e deve ser investigado. Se não for encontrado o problema visualmente, uma escavação próxima ao ponto será solicitada para confirmar a integridade da ligação. Para demais valores encontrados outras medições serão realizadas em pontos do mesmo equipamento, na Chesf alguns equipamentos tem mais de um aterramento podendo uma grande parte da corrente estar fluindo pelos mesmos.

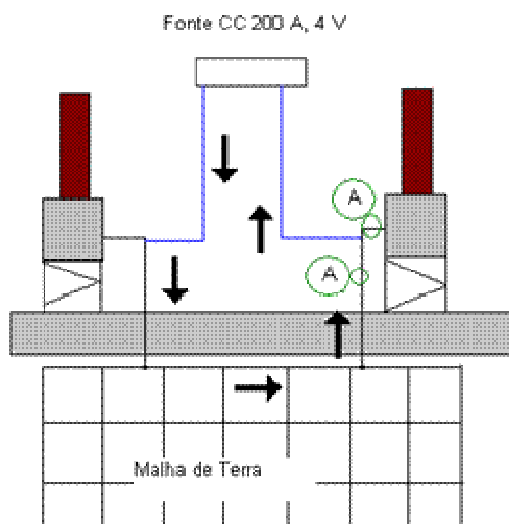


FIGURA 1 – Esquema de medições de conexões

## 2.1 Instrumental Utilizado

Tabela 1 – Instrumentos utilizados

Instrumento	Modelo	fabricante
Alicate Amperímetro	337	FLUKE
Fonte de Corrente DC	XFR 6 - 200	XANTREX

A fonte de corrente DC utilizada foi XFR 6 – 200 de fabricação XANTREX mostrada na Figura 2 e suas características são citadas no item 2.1.1.



FIGURA 2 - Fonte de Corrente Utilizada para verificação de conexões Xantrex XFR6-200

O Alicate amperímetro tem o design da série 330 da FLUKE (Figura 3) e características conforme item 2.1.2.



FIGURA 3 – Alicate amperímetro FLUKE 337

#### 2.1.1 Características da Fonte de Corrente DC

- Tensão de entrada – 85-130 VAC ou 190-264 VAC
- Tensão de saída – 0-6 V
- Corrente de saída – 0-200 A
- Potência de saída – 1200W
- Interface RS-232
- Peso – 8,2 kg

#### 2.1.2 Características do FLUKE 337

- Tensão CA – 0 - 600 V
- Corrente CC – 0 - 999,9 A
- Corrente CA – 0 - 999,9 A
- Resistência – 0 - 600  $\Omega$
- Frequência – 5 - 400 Hz
- Continuidade  $\leq 30 \Omega$
- Peso – 310 g

### 3.0 - MEDIÇÕES

As medições foram realizadas em todos os equipamentos das subestações, exceto locais de difícil acesso, citadas abaixo (ver TABELA 2) em paralelo com a medição da resistência da malha de terra.

Para as medições das conexões é necessário uma equipe de, no mínimo, duas pessoas. O tempo utilizado para as medições depende do tamanho da subestação, do espaçamento entre os equipamentos, das dificuldades em encontrar pontos de alimentação disponíveis, das condições climáticas, etc.

Tabela 2 – Subestações Medidas

Gerência	Serviço	Subestação	Período
Norte	SNMM	Taua II	06/12/2007
			05/03 a 06/03/2008
Leste	SLMG	Natal II	08/12 a 09/12/2007
	SLMG	Coteminas	08/03 a 09/03/2008
Centro	SPMS	Modelo Reduzido	09/11 a 11/11/2009
Centro	SPMS	Moxotó	25/05/2010
Sul	SSSS	Cotegipe	26/05/2010
	SSSS	Matatu	29/06 a 30/06/2011
Sudoeste	SBMS	Irecê	28/07 a 29/07/2011
Sudoeste	SBMS	Sobradinho	22/09/2011
			06/10 a 08/10/2011
			05/12/2011 a 09/12/2011

Gerência	Serviço	Subestação	Período
Leste	SLSR	Bongi	21/03 a 23/03/2012
			23/04 a 27/04/2012
Leste	SLSR	Joairam	26/06 a 29/06/2012
Leste	SLSR	Mirueira	15/08 a 17/08/2012
Leste	SLSR	Pirapama II	18/09 a 21/09/2012
Sul	SSSC	Camaçari IV	10/12 a 12/12/2012

### 3.1 Problemas Encontrados

Em todas as medições foi testada a continuidade entre as malhas dos pátios e entre a malha e os painéis da sala de comando. Como principais problemas encontrados temos os pontos a seguir:

- Chave 34T1-4 da subestação de Irecê – Chave desconectada da malha de terra e sem nenhum outro ponto de aterramento;
- Chave 35T5-5B da subestação Sobradinho e transformador de corrente 95T5-C;
- Transformador de corrente 92J4-A, disjuntor 12J3 e transformador de potencial 82BP-2 da subestação de Cotegipe;
- Pararraios 72J7-C da subestação Bongi;
- Reator 04E2 da subestação Natal II onde foi realizado o trabalho de escavação para comprovar a medição.



FIGURA 4 – Reator 04E2 de Natal II sob suspeita após medições



FIGURA 5 – Escavação e Comprovação de desconexão do reator 04E2 de Natal II

Após a escavação foi comprovada a desconexão do reator 04E2 da subestação de Natal II, onde foi identificado que o aterramento do reator estava sendo executado apenas por uma haste e a mesma não estava conectada a malha de terra da subestação conforme observado na Figura 5.

O reparo foi realizado lançando-se um novo cabo de aterramento, inserida uma nova haste de terra e refeita a conexão à malha de terra através da interligação de todo o conjunto usando solda exotérmica (Figura 6).



FIGURA 6 – Reparo da conexão do reator 04E2

#### 4.0 - CONCLUSÃO

A medição de conexões tem sido utilizada para identificação de pontos suspeitos, auxiliando a manutenção da Chesf a se antecipar e evitar problemas de aterramento de equipamentos, bem como a falta de conexão da sala de comando com o pátio da subestação, evitando danos aos sistemas de comunicação e proteção. A norma de manutenção para essa atividade está em processo de minuta a fim de padronizar a medição para todos os serviços regionais de manutenção da Chesf.

#### 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Galvani, L.V.; Maguerroski, D.; Besen C. et al. Avaliação de malhas de terra em subestações energizadas através de medições seletivas em frequência diferente de 60 Hz. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PROTEÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 18, 2005, Curitiba. Anais, GSE-06;
- (2) SCM 115 – Procedimentos, técnicas e critérios para recepção e manutenção de malhas de aterramento de subestações – 1997;

- (3) Norma ANSI/IEEE 80 – “Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE Inc, 1986;
- (4) Relatório de Avaliações de Malha de Terra em Subestações da Chesf; 2007-2012.

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Adriana Siqueira e Silva, natural de Paulo Afonso, Bahia. Mestranda em Engenharia Elétrica, pela UFCG na Área de Processamento de Energia, Pós-graduada em Gestão da Manutenção pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (2005-2006), Formada em Engenharia Elétrica, pela UFPB em 1999. Trabalhou na Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia onde atuou na área de Consumidores Grupo A e Horo-sazonais. Desde 2003 trabalha na Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf) onde atua na área de manutenção de subestações. Entre suas áreas de interesse estão sistemas de aterramento, chaveamento controlado de linhas de transmissão, novas concepções de subestação, disjuntores e seccionadores.

Marco Antonio Leite Porto, natural de Brejo Santo, Ceará, Brasil. Pós-graduado em Gestão da Manutenção pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (2005-2006), graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Fortaleza – Unifor - CE (1993-1998) e Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Federal do Ceará (1990 - 1992). Ocupa o cargo de Engenheiro Eletricista de manutenção de subestações nível II, na Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF. Atuando no laboratório de ensaios do sistema de transmissão.