



**XV SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GLT/21

**17 à 22 de outubro de 1999
Foz do Iguaçu – Paraná - Brasil**

GRUPO: III

GRUPO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO (GLT)

**MÉTODO DE ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DAS GRANDEZAS ELÉTRICAS ENVOLVIDAS NO
PROCESSO DE CORROSÃO GALVÂNICA EM TORRES DE TRANSMISSÃO**

Hamilton Luiz Sell *
ELETROSUL

Renieri Paulo Salai
ELETROSUL

Francisco Romário Wojcicki
ELETROSUL

RESUMO

Este trabalho pretende relatar a experiência da ELETROSUL com o problema da corrosão das fundações metálicas de torres de transmissão.

Serão abordados alguns dados estatísticos das linhas de transmissão da ELETROSUL, as técnicas de monitoramento que estão sendo utilizadas, os ensaios especiais que foram realizados no campo e as tendências de técnicas a serem adotadas para controle da corrosão.

Através deste trabalho, pretende-se também suscitar uma troca de experiências entre as empresas do setor, visando à adoção de uma solução otimizada para um problema que pode, em pouco tempo, ser a causa de ocorrências muito graves no sistema elétrico do país.

PALAVRAS-CHAVE

Torre - Corrosão - Fundação - Catódica - Galvanizado.

1.0 - INTRODUÇÃO

A confiabilidade de um sistema de potência, fator essencial no mundo moderno, é alvo de especial preocupação das empresas de transmissão de energia elétrica, neste novo ambiente do setor elétrico brasileiro.

O sistema de transmissão da ELETROSUL possui quase 9 mil quilômetros de linhas, com 18,5 mil torres, distribuídas entre tensões de 69, 132, 138, 230 e 525

* Empresa de Transmissão do Sul do Brasil S.A. - ELETROSUL
Departamento de Manutenção do Sistema - DMS
Rod. SC 407, km 4 - Sertão do Maruim
88036-270 - São José - SC

kV, algumas delas com idade superior a 30 anos. Destas 18,5 mil torres de transmissão, 12 mil possuem fundação metálica diretamente enterrada no solo.

Temos observado um desgaste da película de zinco e grandes áreas de aço exposto, inclusive com perda de massa, ocasionada pela corrosão do aço que compõe a estrutura da fundação, na forma alveolar e localizada, principalmente nos circuitos de 525 kV. Estruturas galvanizadas projetadas para suportarem longos períodos em ambiente de serviço, têm apresentado corrosão precoce em suas fundações metálicas.

2.0 - MONITORAÇÃO DO FENÔMENO

A inspeção era feita de forma visual e constatava-se a presença de corrosão na região de afloramento de diversas fundações, porém sua intensidade não poderia ser classificada. A partir de 1997, a ELETROSUL adotou como avaliação do nível de corrosão, a medição sistemática, durante as manutenções preventivas, do Potencial de Corrosão das estruturas, em relação a uma eletrodo padrão de Cobre/Sulfato de Cobre, conforme Relatório SCM 104- Técnica de Medição de Potencial de Corrosão em Estruturas Metálicas Enterradas - Nov/94 [1].

Esta medição gerou grandezas que refletem o atual estado de corrosão da fundação de aço galvanizado e que, desta forma, nos permite priorizar as torres que necessitam manutenção.

Até hoje (30/03/99) temos 924 torres de 525 kV e 1331 de 230 kV monitoradas, cujos resultados são apresentados na Tabela 1 abaixo.

Tel.: (048) 257-1777 Ramal 3142
Fax: (048) 257-0992
e-mail: sell@eletrosul.gov.br

TABELA 1
 POTENCIAL DE CORROSÃO POR CLASSE DE
 TENSÃO DA TORRE

Classe	$E_{\text{corr}} > -0,4 \text{ V}$	$-0,4 \text{ V} < E_{\text{corr}} < -0,5 \text{ V}$
525 kV	12 %	63 %
230 kV	38 %	48 %

Se considerarmos que este método nos fornece um diagnóstico eficiente, os números revelam uma situação preocupante, onde alguma coisa precisa ser feita no sentido de deter o processo de corrosão e, eventualmente, corrigir o problema.

Paralelamente a este trabalho de medição, a ELETROSUL está desenvolvendo juntamente com o CEPEL, um projeto denominado PROCOR, com o objetivo de estudar diversas técnicas de monitoração e de proteção anticorrosiva. O Representante do Projeto, na ELETROSUL é o Químico José Augusto do Nascimento.

3.0 - ENSAIOS ESPECIAIS

3.1 - Modelo adotado

O modelo adotado foi o proposto por Burnett [2].

De acordo com este modelo e referindo-se à Figura 1, com a LT energizada, existe circulação de corrente nos cabos pára-raios, devido à indução provocada pelas correntes das fases. Estas correntes, denominadas I_x e I_y , possuem uma componente que circula entre os cabos pára-raios e as torres (I_{circ}) e outra que circula através da terra (I_g).

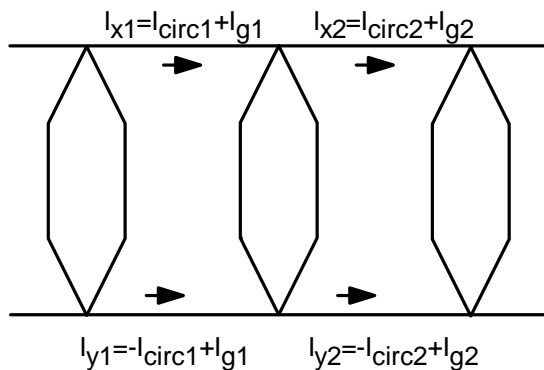


FIGURA 1

MODELO DE BURNETT

Os ensaios especiais objetivaram a determinação destas correntes e a verificação possíveis componentes contínuas, o que seria mais grave em termos de corrosão eletrolítica.

3.2 – Local dos ensaios

Os ensaios foram realizados nas torres 260, 306 e 307 da LT Curitiba-Blumenau, de 525 kV. Trata-se de uma linha da transmissão com 136,6 km de extensão, 309 estruturas, com quatro condutores por fase, tipo alumínio com alma de aço CCA Grosbeak, bitola 636 Kcmil. As distâncias das torres até as subestações são:

Torre 260 → 113,3 km da SE Curitiba
 → 22,4 km da SE Blumenau

Torre 306 → 134,5 km da SE Curitiba
 → 1,2 km da SE Blumenau

Torre 307 → 134,9 km da SE Curitiba
 → 0,78 km da SE Blumenau

3.3 – Método de ensaio

Os cabos pára-raios, em cada uma das torres estudadas, foram isolados das estruturas através de isoladores temporários e conectados a cabos blindados que desciam até o pé da torre, onde foram montados os circuitos de ensaio. Tais circuitos consistiram em ligar os cabos pára-raios à torre, por intermédio dos cabos blindados, passando por transformadores de corrente e shunts.

Foram monitoradas nos TC's e shunts, com oscilógrafo portátil, as correntes I_{x1} , I_{x2} , I_{y1} e I_{y2} (Figura 2).

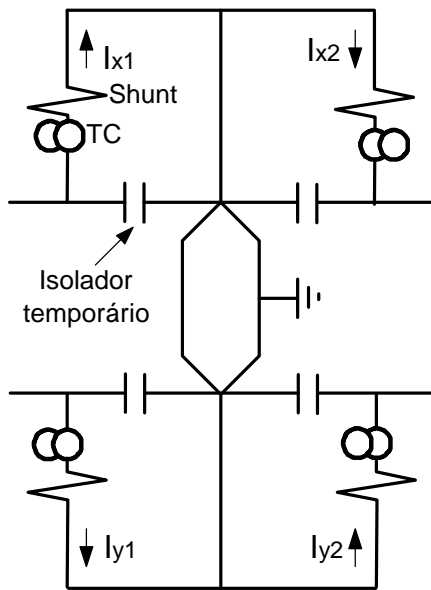


FIGURA 2
CIRCUITO DE ENSAIO

Assim, aplicando a Lei de Kirchoff no nó formado pela torre, podemos determinar a corrente que circula para a terra, I_t .

Portanto, $I_t = -(I_{x1} + I_{x2} + I_{y1} + I_{y2})$

As medições foram feitas com os cabos pára-raios conectados e desconectados da torre, utilizando-se TC's e shunts para confirmar se havia uma componente contínua sobreposta à componente alternada da corrente de circulação pela terra. Naturalmente, com os cabos pára-raios desconectados da torre, esta corrente resultou nula.

Além da monitoração das correntes com oscilógrafo, em cada caso foi medido o potencial de corrosão da torre para um eletrodo padrão de Cobre-Sulfato de Cobre, a 1,5 m da torre, e a corrente impressa necessária para manter este potencial acima de -850 mV, considerado suficiente para a proteção catódica da torre.

3.4 – Medições na Torre 260

As correntes medidas foram

$$I_{x1} = 41,9 \angle 359,8^\circ \text{ A}$$

$$I_{x2} = 35,6 \angle 181,2^\circ \text{ A}$$

$$I_{y1} = 45,2 \angle 162,6^\circ \text{ A}$$

$$I_{y2} = 38,5 \angle 338,7^\circ \text{ A}$$

Portanto, $I_t = -1,66 \angle -125^\circ$.

Não havia componente contínua nas correntes medidas.

O Potencial de Corrosão medido foi de $-0,612$ mV com os cabos pára-raios desconectados e $-0,610$ mV com os cabos pára-raios conectados à torre. Com uma corrente impressa de 100 mA, este potencial subiu para $-0,902$ mV e $-0,865$ mV, respectivamente.

3.5 – Medições na Torre 306

As correntes medidas foram

$$I_{x1} = 52,9 \angle 359,5^\circ \text{ A}$$

$$I_{x2} = 50,3 \angle 179,4^\circ \text{ A}$$

$$I_{y1} = 51,4 \angle 198,9^\circ \text{ A}$$

$$I_{y2} = 48,7 \angle 19,6^\circ \text{ A}$$

Portanto, $I_t = -0,29 \angle -121,2^\circ$.

Não havia componente contínua nas correntes medidas.

O Potencial de Corrosão medido foi de $-0,650$ mV com os cabos pára-raios desconectados e $-0,643$ mV com os cabos pára-raios conectados à torre. Com uma corrente impressa de 236 mA, este potencial subiu para $-0,799$ mV e $-0,782$ mV, respectivamente.

3.6 - Medições na torre 307

Nesta torre foram feitas medições com a finalidade de verificar o comportamento do potencial de corrosão, com a presença de corrente impressa para proteção catódica, oriunda de um sistema de painel fotovoltaico e bateria, da Siemens, instalado há quatro meses.

Observamos que houve uma melhora do potencial de corrosão, desde a ocasião da instalação do painel fotovoltaico até o momento desta medição, de $-0,520$ mV para $-0,664$ mV. Isto devido à compactação do solo em torno do anodo, diminuindo a resistência e, conseqüentemente, aumentando a corrente.

Com o intuito de aumentar o potencial de corrosão, diminuimos ainda mais a resistência de anodo, inserindo mais três eletrodos e conseguindo, assim, um potencial de $-1,132$ mV, conseqüência de uma corrente impressa de 134 mA.

Estes valores foram conseguidos com os cabos pára-raios isolados da torre. Quando conectados, o potencial reduziu para $-0,940$ mV, o que consideramos satisfatório, em termos de proteção catódica.

3.6 - Instrumentos utilizados

Para a realização dos ensaios, foram utilizados os seguintes instrumentos:

- Oscilógrafo portátil Hioki 8825
- Multímetro Engro 820
- Multímetro Tektronix DMM252
- Fonte de corrente contínua ESUL30-02
- TC's passantes 1A/100mV
- Shunts de 1mΩ e 100 mΩ

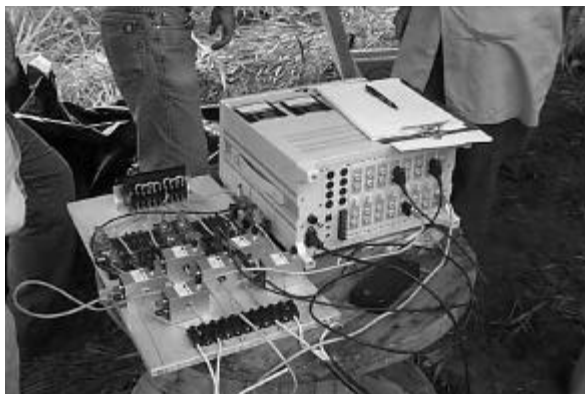


FIGURA 3
INSTRUMENTAÇÃO DE ENSAIO

4.0 - CONCLUSÕES

- Os valores de potencial de corrosão obtidos com corrente impressa pelo sistema de painel fotovoltaico e bateria, são satisfatórios. Entretanto, ainda não possuímos a experiência do tempo de operação, para verificar a eficiência do sistema, pelo menos no que se refere ao regime de carga da bateria.
- Não há componente contínua nas correntes que circulam pelas torres.
- A corrente de circulação pela terra é exclusivamente alternada e possui valor muito abaixo das correntes que circulam nos cabos pára-raios. Acreditamos que esta corrente de terra seja resultado de um desequilíbrio entre as correntes dos cabos pára-raios, devido a diferenças nas distâncias entre estes e as fases da LT.

Os valores de potencial de corrosão não são significativamente alterados com a desconexão dos cabos pára-raios da torre, porém há uma queda efetiva da polarização, com a conexão dos cabos pára-raios, quando a torre está sob a influência de um sistema de

proteção catódica.

5.0 - COMENTÁRIO

Estudos realizados por diversos pesquisadores, sugerem que a corrente alternada é um fator de aceleração do processo de corrosão galvânica.

Recentemente, Serra [3] concluiu, em um trabalho experimental, que “para o aço galvanizado há uma alteração no comportamento anódico e catódico do material, o que acarretará em um aumento da taxa de corrosão”, quando introduzimos um fluxo de corrente alternada entre o metal e o eletrólito. Afirma ainda que cada caso há de ser analisado em função das características do meio e da amplitude do sinal alternado.

Julgamos de grande importância os estudos que serão levados a efeito pelo CEPTEL, através do Projeto PROCOR citado no Item 2.0 acima, como balizamento para o direcionamento das ações a serem tomadas pela ELETROSUL, visando à proteção, manutenção e monitoramento das suas torres de transmissão, no que se refere à corrosão das fundações.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SCM 104 - Técnica de Medição de Potencial de Corrosão em Estruturas Metálicas Enterradas, Aprov. 57ª R.O. SCM-Nov/94.
- [2] L. E. Burnett - Safety Considerations of Joints in Towers Utilizing Corrosion-Resistant Alloy Steels, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1978.
- [3] Eduardo Torres Serra - Efeito da Corrente Alternada no Processo de Corrosão de Fundações de Torres de Transmissão: Considerações Teóricas e Práticas, 1999
- [4] Francisco Romário Wojcicki - Análise da Corrosão e a Influência da Stray Current Advindas dos Cabos nas Fundações das Linhas de Transmissão que Utilizam Grelha Dimensionada, 1998.

7.0 - AGRADECIMENTOS

Aos profissionais da ELETROSUL Adenilson Aurino Lapa, Mário Ademir Vitório, Adolar Warmeling, Francisco Romário Wojcicki e Equipes de Manutenção de LT's, agradecemos a imprescindível cooperação na realização dos ensaios, que possibilitaram a elaboração deste trabalho.