



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

GCQ - 02  
16 a 21 Outubro de 2005  
Curitiba - Paraná

**GRUPO XIII  
GRUPO DE ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DE  
ENERGIA – GCQ**

**ATERRAMENTO, PROTEÇÃO E COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA DAS ESTAÇÕES DE  
TELECOMUNICAÇÕES DA TRANSMISSÃO PAULISTA (CTEEP)**

**Antonio Carlos Passos Sartin**

**COMPANHIA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PAULISTA**

**RESUMO**

Este trabalho demonstra como o Departamento de telecomunicações da TRANSMISSÃO PAULISTA - Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista (CTEEP), está se preparando para aterrar, proteger e estabelecer um novo conceito de compatibilidade eletromagnética dos novos Equipamentos de Tecnologia da Informação (ETI). Estes equipamentos serão instalados no mesmo espaço onde se encontram em funcionamento os equipamentos eletrônicos analógicos e eletromecânicos, que atendem às várias estações de telecomunicações. Essas estações estão construídas próximas às subestações do sistema elétrico de potência de 138, 230 e 440 kV, e em áreas isoladas em zonas rurais, servindo como estações de apoio na retransmissão do sinal do sistema de telecomunicações. Os mesmos operam em SHF e/ou UHF e estão sujeitos a descargas atmosféricas, surtos de tensão, efeito corona, transientes, ruídos e interferência eletromagnética.

Nestas instalações estão sendo colocados em prática todos os conceitos que o Grupo de Aterramento (GATER) da empresa incluiu no Manual de Aterramento, Proteção e Compatibilidade Eletromagnética dos Equipamentos de Tecnologia da Informação, tais como:

- Utilização da torre como condutor de descida das descargas atmosféricas em substituição ao cabo de descida do pára-raios;
- Utilização do ponto único de aterramento, criação de barras de aterramento principal e secundária e o uso de cordoalha de cobre isolada como cabo de terra dos equipamentos;
- Proteção do sistema de alimentação AC/DC, usando protetores contra surtos com o conceito de zonas de proteção, além de filtros contra ruídos e transientes;
- Utilização de técnicas adequadas para a obtenção da compatibilidade eletromagnética, tais como: blindagem e roteamento dos cabos, minimização de impedâncias e do efeito antena, etc.

Este trabalho inclui também os diagramas da topologia de aterramento, proteção e o uso de técnicas de compatibilidade eletromagnética com fotos dos serviços executados.

**PALAVRAS-CHAVE**

Aterramento, Proteção, Compatibilidade eletromagnética.

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Em decorrência da expansão da eletrônica, um maior número de equipamentos eletrônicos sensíveis aos surtos de tensão e interferência eletromagnética (EMI) são conectados diretamente às linhas físicas que, por sua natureza, estão expostos a ambientes sujeitos a transientes, surtos, oscilações de tensão e corrente, EMI que conseqüentemente provocam a destruição ou mal funcionamento intermitente e/ou permanente dos mesmos. Assim, atualmente, dispomos de várias tecnologias e procedimentos que devem ser praticados visando a proteção desses equipamentos por um baixo custo sem perder a confiabilidade e disponibilidade dos mesmos.

A instalação de equipamentos de telecomunicações, onde existem subestações de 138, 230, 345 e 440kV, sempre foi motivo de preocupação por parte do Departamento de Telecomunicações da Transmissão Paulista, devido às descargas atmosféricas, surtos de manobras e do efeito corona. Esta preocupação é ainda maior quando a empresa está implantando um projeto de grande dimensão para a modernização de todo o seu sistema de telecomunicações. São mais de 250 estações de telecomunicações cobrindo todo o estado de São Paulo, que deverão receber equipamentos digitais e ópticos de alta tecnologia.

Nas subestações as descargas atmosféricas, curtos-circuitos, efeito corona e manobras (chaveamento), provocam fenômenos de alta frequência no sistema de aterramento, o qual pode desenvolver diferença de potencial entre pontos distantes e mesmo próxima da malha, além da EMI.

A modelagem de um sistema de aterramento, proteção e obtenção da compatibilidade eletromagnética se tornam complexo devido às mais variadas funções necessárias para atender a segurança das pessoas, bem como a proteção dos equipamentos.

## 2.0 - CONSIDERAÇÕES BÁSICAS

A instalação de ETI, em ambientes agressivos como uma subestação, onde ocorrem todos os tipos de tensões, devido aos mais variados motivos, requer sempre uma atenção especial.

Quando se necessita instalar ETI próximo ou no interior da área energizada de uma subestação, depara-se com dois tipos de equipamentos: os que foram desenvolvidos para isso e os que não foram. Dentre os que não foram desenvolvidos para esse tipo de instalação, estão os equipamentos de telecomunicações. Os profissionais que trabalham com esses equipamentos, não estão acostumados com o ambiente agressivo das subestações, portanto, não conhecem os mecanismos necessários para uma boa instalação de ETI.

Para que se possa proceder a proteção dos ETI, com sucesso, no ambiente de uma subestação, é necessário, além de um sistema de aterramento eficiente, a instalação de supressores de surtos na alimentação de corrente alternada do serviço auxiliar e na alimentação DC, além da aplicação de técnicas adequadas de compatibilidade eletromagnética. Segue abaixo algumas técnicas de compatibilidade eletromagnéticas empregadas:

### 2.1 - Minimizando a impedância de terra

Para minimizar a impedância de terra foi encurtado o máximo possível as ligações com o referencial terra. Quanto mais curto for o comprimento do fio de condução a terra, menor será a impedância desse caminho para terra.

A cordoalha chata de cobre foi usada para esta ligação, pois apresenta uma baixa impedância para altas frequências.

### 2.2 - Adicionando blindagens

A blindagem é empregada para minimizar interferências eletromagnéticas produzidas no ambiente externo da instalação, como descargas atmosféricas e manobras de chaveamento, devendo ser efetiva na faixa de 10kHz até 1GHz (para o nosso caso).

Dependendo da faixa de frequência envolvida, pode-se adotar blindagem simples ou dupla e, em casos especiais, cabos coaxiais equipados com conectores blindados.

Cabe ressaltar que é sempre importante usar cabos de par trançado e com blindagem para que se evite ruídos de baixa frequência (60Hz). Em todas os circuitos de telecomunicações, dados, etc, foram usados cabos blindados.

### 2.3 - Balanceando e/ou desacoplando os caminhos do sinal de transferência

Para balancear e/ou desacoplar os caminhos do sinal de interferência foi utilizada a técnica do par de fios torcidos, transformadores de isolamento, acopladores ópticos, filtros de linha adequado, anel de ferrite, ou mesmo capacitores de desacoplamento.

A seleção dos filtros de linha dependem de vários fatores (tensão, corrente, número de fases, etc). Filtros para linha de sinal devem ser selecionados de acordo com o tipo de sinal a ser filtrado (analogico, digital, clock).





FIGURA 3 – Aterramento da torre



FIGURA 4 – Aterramento do esteiramento

As placas metálicas de passagem dos cabos oriundos das antenas, que estão instaladas nos edifícios das estações de telecomunicações, normalmente compostos por várias peças, foram vinculadas entre si por meio de cordoalha chata de cobre estanhada e isolada, como mostra a Figura 5.

A placa toda foi vinculada a um único ponto do esteiramento horizontal, utilizando cordoalha chata de cobre estanhado e isolada.

Os cabos que adentram a sala de telecomunicações pela esteira de cabos têm suas blindagens aterradas na chapa de passagem, através da cordoalha de cobre, perfil retangular e isolada.



FIGURA 5 – Aterramento da placa de passagem

No interior do quadro de medição (entrada de energia) foi instalado um BAS-qm (Barramento de Aterramento Secundário – quadro de medição).

Junto ao quadro de medição localizado na área externa, foi instalada uma haste de aterramento. Esta haste foi ligada ao BAS-qm e ao anel do sistema de eletrodo de terra existente, por meio de cabo de cobre nu de 50mm<sup>2</sup> de diâmetro. Ao longo deste cabo foram instaladas hastes do tipo copperweld de 1,00m de comprimento. Todas as conexões entre BAS-qm, cabos e hastes foram executadas com solda exotérmica.

Quando existia haste da concessionária junto ao quadro de medição, a mesma foi vinculada à haste que foi instalada (ponto B).

Na união entre o cabo de cobre nu, oriundo do quadro de medição, e o anel do sistema de eletrodo de terra existente, foi instalada uma haste de aterramento, tipo copperweld de 2,40m de comprimento (ponto C).

No interior do poço de inspeção dos cabos de alimentação AC, localizado no lado externo das estações de telecomunicações, foi instalado na posição vertical, uma BAP-ac (Barramento de Aterramento Principal – alimentação AC). Junto à parede externa do poço de inspeção dos cabos de alimentação AC foi instalada uma haste do tipo copperweld de 2,40m de comprimento.

O cabo de cobre nu do sistema de eletrodo de terra existente, que passa pelo interior do poço de inspeção dos cabos de alimentação AC, foi vinculado ao BAP instalado no interior do poço. Esta vinculação foi executada com solda exotérmica. A Figura 6 ilustra o descrito acima.

No BAP-ac também foram vinculadas as cordoalhas de cobre estanhadas e isoladas, oriundas dos BAS-qi e BAS-uscc (interior da estação de telecomunicações).



FIGURA 6 – Aterramento no poço de inspeção da alimentação AC

#### 4.0 - ATERRAMENTO INTERNO

A Figura 7 mostra a disposição do conjunto de equipamentos que compõem a estação de telecomunicações. O BAP-1 (Barramento de Aterramento Principal 1), foi instalado próximo à parede da sala de equipamentos e isolado da parede da canaleta.

Nessa barra foram conectadas as cordoalhas de cobre isoladas provenientes dos aterramentos dos equipamentos de telecomunicações, rádio, multiplex, central telefônica e a barra de aterramento do DG. A Figura 8 ilustra a topologia usada.

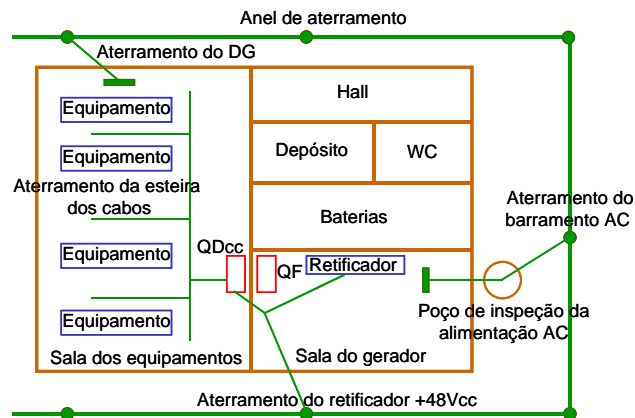


FIGURA 7 – Layout da estação de telecomunicações

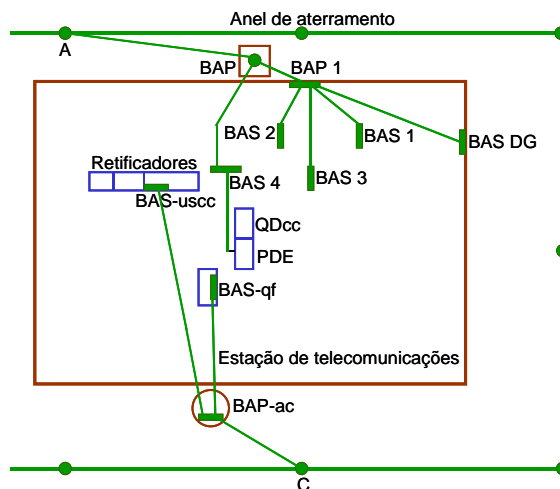


FIGURA 8 – Topologia de aterramento interno

O BAS instalado no interior do QF foi vinculado ao BAP-ac instalado no poço de inspeção dos cabos de alimentação AC e esta vinculação foi executada utilizando-se cordoalha de cobre isolada.

No interior do bastidor uscc, foi instalada um BAS-ussc que se vinculou ao BAS-ql, instalado no interior do bastidor do quadro de força, por meio de cordoalha chata e isolada.

No interior de cada retificador foi instalado um BAS que foi vinculado ao BAS 4 instalado no interior da canaleta de concreto por meio de cordoalha chata e isolada.

No DG foi instalado um BAS onde todas as blindagens dos cabos telefônicos e os aterramentos das proteções foram convergidos.

Os quatro BAS (1, 2, 3 e DG) instalados no piso da sala de equipamentos foram vinculados ao BAP1, instalado próximo a parede da sala de equipamentos, por meio de cordoalha chata e isolada como mostra as Figuras 9 e 10.

No sistema de telecomunicações o positivo do +48Vcc do retificador é aterrado, e esse aterramento foi removido do ponto original e aterrado no BAP da CP1.



FIGURA 9 - BAS 1, 2 e 3

#### 4.1 - Proteção das alimentações AC e DC



FIGURA 10 – BAP 1

Na Figura 11 tem-se a topologia de instalação dos protetores de surtos. No QDac (Quadro de Distribuição de corrente alternada trifásico), que alimenta os retificadores de +48 Vcc, foram instalados supressores de surtos com varistores de óxido de zinco de 175Vrms x 40kA, entre as fases e o terra. Os pontos de terra desses supressores foram interligados através de cabo de cobre isolado na cor verde-amarela, perfil cilíndrico, bitola 6mm<sup>2</sup>, até o seu respectivo BAS (Figura 12).

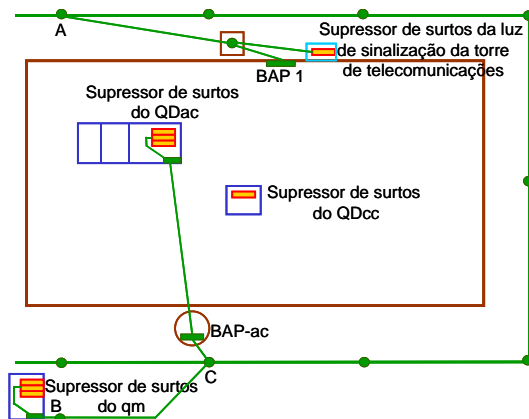


FIGURA 11 – Topologia dos protetores



FIGURA 12 – Proteção do QDac

No quadro dos retificadores +48Vcc foram instalados supressores de surtos no lado da alimentação AC com varistor de óxido de zinco de 175 Vrms x 8kA, entre as fases e o terra. Os pontos de terra desses supressores foram interligados através de cabo de cobre isolado na cor verde-amarela, perfil cilíndrico, bitola 6mm<sup>2</sup>, no seu respectivo BAS, como mostra a Figura 13.

No QDcc (quadro de alimentação +48Vcc) foi instalado um supressor de surtos de modo diferencial com varistor de óxido metálico de 75Vrmsx40ka, como mostra a Figura 14.



FIGURA 13 – Proteção do retificador (uscc)



FIGURA 14 – Proteção do QDcc

Na alimentação AC das lâmpadas de sinalização da torre de telecomunicações, foi instalado um protetor contra surtos 175x40kA em modo diferencial (fase/neutro). Esse módulo protetor foi instalado o mais próximo possível da célula fotoelétrica, utilizando uma caixa de PVC, provida de tampa para acomodação do módulo.

Nas estações de telecomunicações que estão situadas na zona rural, onde a alimentação AC é fornecida por uma empresa local de distribuição de energia, foram instalados supressores de surtos com varistor de óxido de zinco de 175Vrms x 40kA, entre as fases e o terra, como mostra a figura 15.

Os pontos de terra desses supressores foram interligados através de cabo de cobre isolado na cor verde-amarela, perfil cilíndrico, bitola 6mm<sup>2</sup>, no seu respectivo BAS.



FIGURA 15 – Proteção do qm

## 5.0 - RESULTADOS

Podemos informar que essa topologia de aterramento e a instalação de supressores de surtos nas alimentações AC e DC, além da aplicação das técnicas de compatibilidade eletromagnética vêm se mostrando eficiente, pois após sua instalação não ocorreu nenhum dano e/ou interferência eletromagnética nos equipamentos e os serviços de telecomunicações, que são imprescindíveis à operação do sistema de potência da CTEEP, não mais sofrem interrupções.

Esse sistema foi implantado no intuito de melhorar o modelo de aterramento da CTEEP no final de 2003 e início de 2004. Após este período ocorreram várias descargas atmosféricas, surtos de manobras, etc nas estações de telecomunicações e os equipamentos nada sofreram, demonstrando assim, a eficiência do sistema implantado com baixo custo e simplicidade de execução.

## 6.0 - CONCLUSÕES

Com este trabalho que acabamos de descrever, vimos que é de fundamental importância o aterramento, a proteção e a compatibilidade eletromagnética dos ETI, para que estes permaneçam funcionando mesmo quando as instalações são submetidas as EMI, descargas atmosféricas, surtos de manobras, etc.

A correta aplicação das tecnologias existentes e a escolha dos materiais utilizados no aterramento, proteção e EMC é de vital importância para o sucesso do projeto. Os técnicos da CTEEP que estão envolvidos com aterramento, proteção e compatibilidade eletromagnética estão cientes disso e procuram sempre estarem atualizados para que as nossas instalações (já existentes e as novas) fiquem cada vez mais protegidas com o menor custo possível, e atendam a demanda dos novos e mais sensíveis ETI.

Estamos trabalhando dessa forma desde o ano de 1995 e com resultados altamente satisfatórios, pois em várias ocorrências de descargas atmosféricas diretamente no sistema de telecomunicações ou nas linhas de transmissão de energia elétrica e subestações do sistema de potência da CTEEP, os equipamentos se mantêm íntegros e os serviços de telecomunicações não sofrem interrupções, por isso, estas melhorias foram executadas em quase todas as estações de telecomunicações da CTEEP e tem o propósito de prepará-las para os novos equipamentos digitais e ópticos a serem instalados.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) SISTEMA DE PROTEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO - artigo publicado na revista Eletricidade Moderna - junho/1999
- (2) NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão - ABNT - novembro/1997
- (3) NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas – ABNT - fevereiro/2001
- (4) MANUAL DE ATERRAMENTO E PROTEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO DA CTEEP - outubro/2001
- (5) COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA EM INSTALAÇÕES DE TELECOMUNICAÇÕES - APTEL2000 - novembro/2000
- (6) HENRY W. OTT - Noise reduction techniques in electronics system - 1976 - USA
- (7) ANTONIO C. P. SARTIN - Fundamentos em compatibilidade eletromagnética - apostila - 1998.