



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

GCQ - 01
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

**GXIII
GRUPO DE ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DE
ENERGIA - GCQ**

**ANÁLISE DE PROBLEMA DE COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA NO SISTEMA DE TELEPROTEÇÃO
DA USINA DE SÃO SIMÃO.**

Davidson Geraldo Ferreira*	Francisco C. Junior	Geraldo W. O. Vilela	Alexandre Alberto P. Gomes
CEMIG	CEMIG	CEMIG	CEMIG

RESUMO

O objetivo desse trabalho é analisar os problemas de interferências eletromagnéticas nos sistemas de telecomunicações da usina de São Simão, quando da ocorrência de curtos-circuitos fase-terra nas linhas de transmissão de 500 kV da subestação da referida instalação.

PALAVRAS-CHAVE

Compatibilidade eletromagnética, sistemas de telecomunicações, usina, subestação, curto-circuito.

1.0 - INTRODUÇÃO

A usina de São Simão está localizada no Triângulo Mineiro, divisa com Goiás, é a maior da CEMIG, com uma capacidade instalada de 1710 MW. Essa instalação é constituída de 6 geradores de 280 MW e 6 transformadores elevadores 16,5/500 kV instalados na barragem. Existe também uma pequena subestação 69/13,8 kV a aproximadamente 50 metros da barragem.

O sistema de comunicação, responsável pela transmissão de dados de proteção das unidades geradoras entre a usina e a subestação de 500 kV, era constituído por dois enlaces de Microondas analógicos e um enlace de Ondas Portadoras em LT (carrier). Salienta-se que a distância entre a usina, onde estão instalados os transformadores elevadores de 16,5/500kV, e a subestação responsável por todo o chaveamento, é de aproximadamente 1 km.

A figura 1 apresenta a configuração do sistema de telecomunicações, utilizando microondas, entre a usina e a subestação de São Simão. Ele era responsável pelo transporte de dados analógicos, controle e proteção utilizados para a operação da usina, quando da análise do problema.

*Avenida Barbacena, 1200 - 13º andar - ala B2 , Bairro Santo Agostinho CEP 30161-970 – Belo Horizonte – MG - BRASIL

Tel.: (031) 3299-3404 - Fax: (031) 3299-4323 - e-mail: davidson@cemig.com.br

MICROONDAS SÃO SIMÃO

USINA SE 500 kV

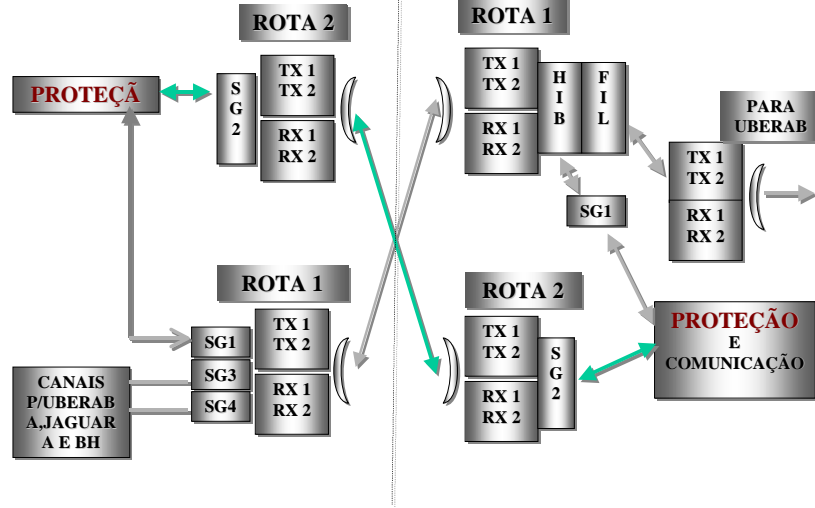


FIGURA 1 – Sistema de microondas da usina de São Simão.

A figura 2 mostra a configuração do sistema de comunicação específico para o transporte dos sinais de teleproteção da usina para a subestação de São Simão. Observa-se que a indisponibilidade dos enlaces de comunicação podiam acarretar no desligamento das unidades geradoras da usina de São Simão, conforme lógica implementada para preservar a integridade das máquinas , evitando que elas operassem sem a proteção necessária.

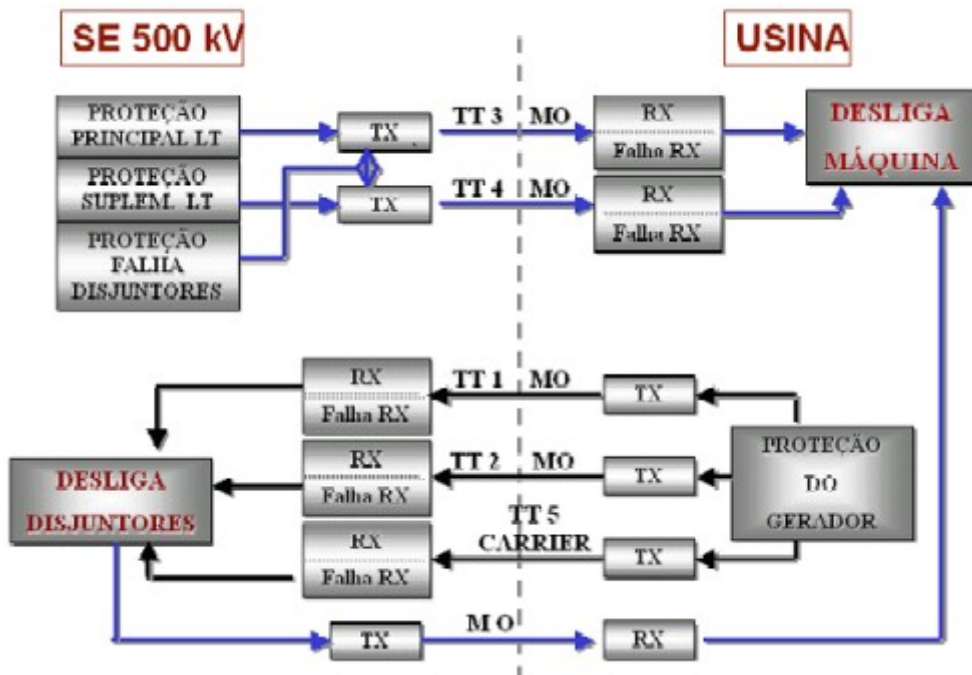


FIGURA 2 - Sistema de proteção da usina de São Simão

As equipes de manutenção observaram que estavam acontecendo alarmes simultâneos em todos os transmissores de microondas instalados na sala de telecomunicações dentro da usina. Após uma análise criteriosa das ocorrências no período de 1998 a 2000, verificou-se que eram provocadas quando aconteciam curtos-circuitos em algumas linhas de transmissão de 500 kV.

Em 19 de julho de 2001, ocorreram dois curtos-circuitos fase-terra na LT Jaguara - São Simão (o primeiro a 6,2km e o segundo a 16,4km de São Simão). Estas ocorrências provocaram alarmes nos transmissores dos rádios da Usina. Portanto, só as falhas ocorridas próximas ao terminal da subestação de São Simão provocaram interferências no sistema de comunicação da usina; uma vez que algumas ocorrências verificadas no período de 1998 a 2000, nas quais os curtos-circuitos não ocorreram próximos ao terminal da usina de São Simão não acarretaram na saída dos transmissores de microondas.

A identificação da correlação entre as falhas no sistema elétrico e do sistema de comunicações só pôde ser feita a partir da análise de registros gráficos da rede de oscilografia e dos alarmes gerados pelo Centro de Gerência de Redes - CGR que é responsável pela supervisão dos sistemas de telecomunicações da CEMIG.

Só não ocorreu o desligamento de todas as unidades geradoras de São Simão, com graves conseqüências para o sistema interligado, porque o carrier que funciona em paralelo, conforme figura 2, permaneceu em serviço.

2.0 - ANÁLISE DO PROBLEMA

Para se fazer uma investigação minuciosa da causa do problema, seria necessária a disponibilização dos equipamentos de teleproteção, o que implicaria em possível desligamento de unidades geradoras. Devido à dificuldade de execução destes testes, optou-se por fazer uma análise teórica baseada em levantamentos no local.

Inicialmente foram verificadas as causas que poderiam gerar alarme nos transmissores da microondas. Como os problemas ocorreram sempre no momento dos curtos-circuitos, as análises foram concentradas em possíveis acoplamentos devidos a estes fenômenos, que nestes casos, envolvem freqüências desde algumas dezenas de Hz até alguns MHz, dependendo do ponto da linha onde ocorre o curto-circuito.

Em testes feitos em laboratório num equipamento similar, verificou-se que o alarme poderia ocorrer devido a uma sobreposição da freqüência de 60 Hz sobre a banda básica no cabo que interliga os bastidores de Mux aos de rádio, gerado por uma diferença de potencial (DDP) entre os equipamentos.

Assim, partiu-se para uma verificação dos possíveis caminhos que poderiam estar levando este ruído até os equipamentos do sistema de microondas.

Foram identificados os seguintes pontos:

- SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO 48 VCC

O sistema de alimentação 48 VCC (retificadores, centro de carga principal de 48 VCC- DCM - e bancos de baterias) ficava localizado a aproximadamente 110 metros da sala de telecomunicações. Este sistema de alimentação só atendia a equipamentos dentro da sala de telecomunicações, mas o pólo positivo era interligado à malha de aterramento dentro do equipamento DCM.

- SISTEMA DE ATERRAMENTO

Na sala de telecomunicações verificou-se que o sistema de aterramento era feito através de cabo *omnibus*, sistema que para atendimento à sala com equipamentos eletrônicos sensíveis é ineficiente. As bandejas de cabos e o pressurizador de guias de ondas não estavam ligados ao cabo *omnibus*. Sobre a bandeja era utilizado um cabo isolado com a finalidade de interligar todos os equipamentos ao sistema de aterramento, fazendo um caminho muito longo até o cabo *omnibus*.

- CABOS FE PARA RAMAIS EXTERNOS

Para comunicação externa (vigilância, galpão, SE) eram utilizados quatro cabos FE (sem blindagem), cuja parte do percurso era feito utilizando a posteação, sob o 13,8 kV, e outra parte em bandejas junto com cabos diversos.

Chegando ao D. A (distribuidor de áudio), eram protegidos por dispositivo de proteção à base de varistor de óxido metálico.

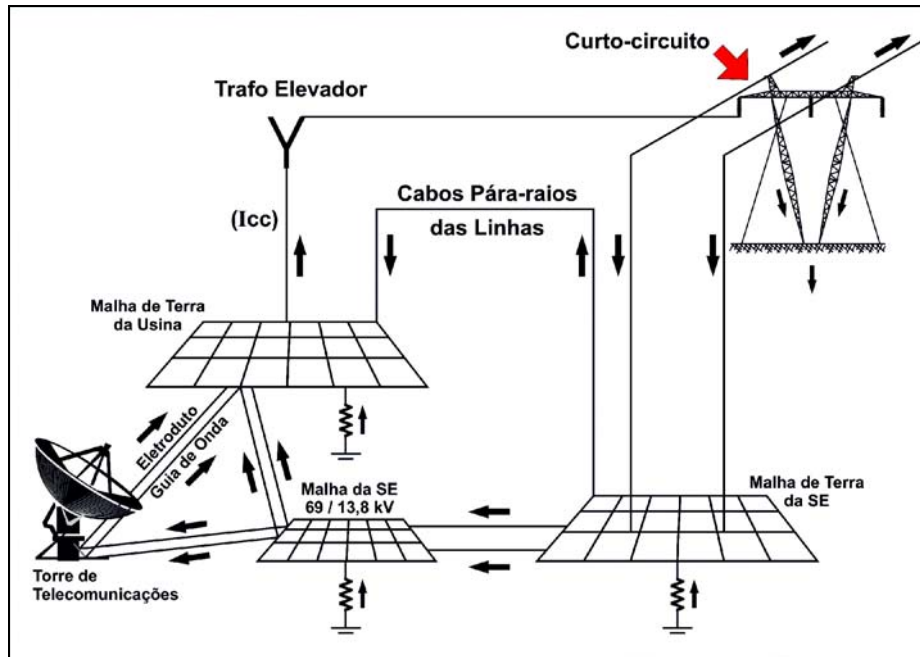


FIGURA 3 – Visão sistêmica das malhas de aterramento

- ATERRAMENTO DA TORRE DE MICROONDAS

De acordo com os desenhos de projeto, a malha de aterramento da torre de microondas estava interligada à malha de aterramento da SE 69/13,8 kV através de dois cabos de cobre, embora a torre estivesse bem próxima à malha da usina. Da malha da SE 69/13,8 kV saíram dois cabos de cobre para a malha da usina e dois para a SE 500 kV. Verificou-se que através do eletroduto metálico do balizamento noturno da torre e dos guias de ondas, a malha de aterramento da torre foi interligada à malha da usina, de forma não intencional. Assim, os guias de ondas dos rádios e o eletroduto faziam parte do circuito por onde circulava parte da corrente de curto-circuito entre a malha da SE 500 kV, malha da SE 69/13,8kV e a malha da usina, conforme apresentado na figura 3.

3.0 – MEDIDAS RECOMENDADAS

Em decorrência dos problemas identificados optou-se pela implementação de algumas ações imediatas, tendo em vista as eventuais conseqüências que a sua não execução poderiam acarretar para o sistema elétrico brasileiro.

Procurou-se recomendar modificações relativamente simples e baratas, apesar dos eventuais transtornos que poderiam acarretar à operação do sistema para a sua execução, conforme listadas a seguir:

3.1 - TRANSFERÊNCIA DO EQUIPAMENTO DE ENERGIA PARA A SALA DE TELECOMUNICAÇÕES

Usualmente o sistema de alimentação 48 VCC fica instalado dentro da sala de telecomunicações. No caso da usina, a transferência destes equipamentos para a sala de telecomunicações pode ser feita com a transferência total de alimentação dos equipamentos, inclusive dos tons de teleproteção.

Sugeriu-se trocar os bancos de baterias e os retificadores, sendo que esse últimos deveriam ficar dentro da sala de telecomunicações.

3.2 - ATERRAMENTO DOS EQUIPAMENTOS

Recomendou-se que o aterramento do pólo positivo do sistema de alimentação 48 VCC fosse feito na sala de telecomunicações (interligando o quadro de transferência DCD ao cabo *omnibus*) e conseqüentemente desligando no DCM (sem retirar as interligações dos barramentos). Esta recomendação era válida independente

da transferência ou não do sistema de energia para a sala de telecomunicações. O aterramento do positivo à malha estava sendo feito no painel de serviço auxiliar de 48 VCC a 110 metros da sala de telecomunicações. Os equipamentos de telecomunicações estavam aterrados na malha dentro da sala de telecomunicações. Recomendou-se a instalação de duas barras de aterramento de dez furos, dentro da sala de telecomunicações, para aterramento dos seguintes itens: centrais telefônicas, D.A's, bastidores de mux, bastidores de rádios e supervisão, quadros distribuidores de energia, quadro de balizamento noturno da torre, pressurizador de guias de ondas, bandejas de cabos.

Estes aterramentos deveriam ser feitos com fitas ou cordoalhas de cobre. As barras de aterramento deveriam ser ligadas uma à outra e ligadas à malha no mesmo ponto de aterramento do positivo do 48 VCC. Depois de executado o aterramento proposto, recomendou-se a retirada do cabo de aterramento existente sobre as esteiras de cabos.

3.3 - MUDANÇA DE PERCURSO DOS CABOS DE BANDA BÁSICA

Sugeriu-se alterar o percurso dos cabos de Banda Básica e a retirada da bandeja de cabos e lançamento sob o piso elevado através de SEAL TUBE, aterrado nos dois lados. Para tal as placas de piso falso deveriam ser furadas próximo aos equipamentos para a passagem dos cabos. As duas rotas de microondas deveriam ser indisponibilizadas uma por vez. Toda a comunicação, tanto da usina como da SE 500 kV, telecontroles para o COS e a teleproteção secundária para Jaguará, ficariam indisponíveis durante a mudança dos cabos da rota 1. Essa recomendação implicava em risco de TRIP nas linhas de transmissão de todos os geradores da usina durante a retirada das placas de piso falso para furação e durante a mudança dos cabos das duas rotas.

3.4- BLINDAGEM DE CABOS

Os cabos FE de comunicação vindos de fora da usina, deveriam ser substituídos, da canaleta de cabos ao lado da sala de telecomunicações até o D.A (distribuidor de áudio), por cabos blindados, com suas blindagens aterradas na barra de aterramento do D.A. Estes cabos deveriam ser protegidos por dispositivos de proteção. O ramal utilizado para vigilância dentro da SE deveria passar por canal da microondas, não por linha física .

3.5 - ATERRAMENTO DA TORRE DE MICROONDAS

As malhas de aterramento da torre de telecomunicações e da SE 69/13,8 kV deveriam ser desconectadas no ponto próximo à SE 69/13,8 kV. Os cabos de interligação deveriam ser cortados e retirados do solo, até no mínimo 3 metros da cerca externa da SE 69/13,8 kV. A malha da torre de telecomunicações deveria ser efetivamente ligada à malha da usina no ponto mais próximo da torre (em pelo menos dois pontos).

3.6- ATERRAMENTO DOS GUIAS DE ONDAS

Instalação de kits de aterramento para os guias de onda aterrados no pé da torre.

3.7 - CABO DO GPS

Blindagem do cabo do GPS (*Global Position System*) com SEAL TUBE (tubo metálico corrugado isolado) no percurso dentro da sala de telecomunicações (bandeja de cabos).

4.0 - INSTALAÇÃO DE UM ENLACE ÓPTICO

Decidiu-se, ainda, pela instalação de um enlace óptico provisório entre a usina e a subestação para facilitar a manutenção preventiva dos equipamentos de microondas e a implementação das modificações propostas no item anterior. Os equipamentos utilizados foram dois multiplex com 20 canais a 4 fios, dois elos ópticos 4 x 2M. As quatro fibras ópticas necessárias entre a SE 500 kV e a usina foram as reservas do cabo que atende o sistema digital da subestação.

Esta mudança de canalização aumentou a confiabilidade do sistema, uma vez que, em caso de os quatro transmissores de microondas apresentarem problemas, devido a curto-circuito nas linhas de transmissão, pela possível ineficiência das modificações propostas nos itens anteriores , o enlace óptico manteria a continuidade dos

canais de proteção, como acontece com o carrier no sentido da subestação para a usina.

É importante ressaltar que a rota 1 de microondas continuaria com todos os canais de fonia e dados da usina e da SE 500 kV para Belo Horizonte e Triângulo Mineiro, bem como com as teleproteções secundárias da LT S.Simão – Jaguara, e os telecontroles de Itumbiara, Água Vermelha, S.Simão SE e S.Simão Usina.

Recomendou-se, ainda, que quando da substituição do sistema de microondas fossem utilizados pelo menos dois cabos ópticos com percursos diferentes, dois equipamentos ópticos e dois multiplex independentes. A Figura 4 mostra como está hoje o sistema de proteção da usina de São Simão.

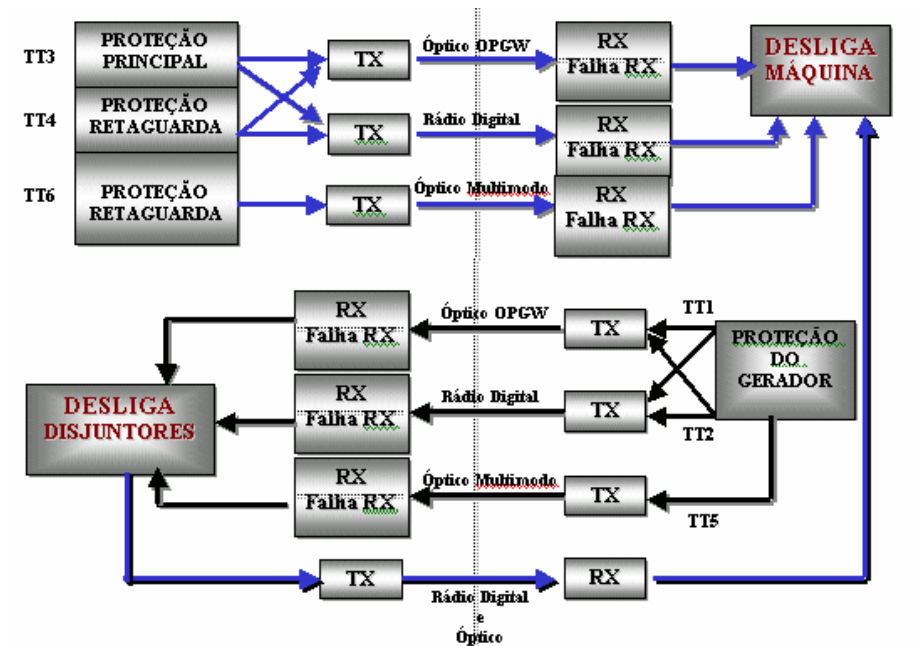


FIGURA 4 – Sistema atual de proteção da usina de São Simão

5.0 CONCLUSÕES

Após a implantação das medidas citadas não houve mais registro de problemas quando da ocorrência de curtos-circuitos nas linhas de 500 kV.

A realização deste trabalho evidenciou a necessidade de se analisar profundamente os problemas da área de compatibilidade eletromagnética, uma vez que as conseqüências sobre os processos podem ser desastrosas implicando em grandes perdas de receita para as empresas.

Os valores monetários para a implantação das medidas mitigadoras são relativamente pequenos se comparados às perdas que poderão advir decorrentes, por exemplo, do desligamento de uma usina desse porte e importância.

Depois da obra executada e com todos os equipamentos funcionando, é muito difícil analisar um problema dessa natureza, pois o ruído pode estar atingindo os equipamentos por caminhos dos mais variados. Portanto, é muito importante que durante a fase de projeto das instalações, sejam tomadas medidas para tentar reduzir ao máximo tais interferências.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ANSI/IEEE Std 80 – 2000, “ Guide for Safety in Substation Grounding.”
- (2) “Manual de Interferências Eletromagnéticas em Subestações” – CEMIG
- (3) Alves, M.F. and Ribeiro, E. E., Designing Electronic Systems For High Voltage Substation Environment. International Symposium on Electromagnetic Compatibility, São Paulo, dezembro/1994.
- (4) Sobral, S.T., at all, Controle de Interferências Eletromagnéticas na Usina e SE de Serra da Mesa, XIV SNTPEE, Belém, outubro/1997.

- (5) Daconti, J.R. e Saad, J. S., Compatibilidade Eletromagnética entre Equipamentos de Subestações e Usinas, Revista Eletricidade Moderna, novembro/1999.
- (6) Gavazza, R.J. and Wiggins, C.M., Reduction of Interference on Substation Low Voltage Wiring, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, Nº 3, July 1996
- (7) Bewley, L.V., Traveling Waves on Transmission Systems.