



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

GLT 29
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO – GLT MONITORAMENTO ON LINE DE FUGAS EM CADEIAS DE ISOLADORES

Rodrigo Tadeu Claro * Tony Rios

**Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista
CTEEP- Santa Bárbara d'Oeste - SP**

RESUMO

Interrupções no fornecimento de energia à centros industriais devido a desligamentos provocados por disrupção dielétrica em cadeias de isoladores, provenientes de falhas em materiais, ações de vandalismo e poluição é significativo.

O presente artigo descreve uma metodologia utilizada pela CTEEP – Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista para monitorar o estado das cadeias de isoladores de linhas de transmissão de 138 kV através da medição de correntes de fuga, aplicado por sistema que utiliza métodos estatísticos para monitorar dados, transmitidos opticamente em infravermelho e captados por acoplamento eletromagnético, originados de sistemas sensoriais, o qual reconhece padrões em diversas situações contemplando efeitos sazonais, climáticos e especiais, disponibilizando relatórios das condições deste importante componente de linhas de transmissão, emitindo sinais que poderão ser utilizados na tomada de decisões para: redução de danos e custos.

O sistema atua no aumento da confiabilidade das linhas de transmissão, possibilitando a aplicação de manutenção preditiva preconizada por uma análise de Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC, assim como na rápida e eficiente localização da falta.

PALAVRAS-CHAVE

Monitoramento, Online, Linha de Transmissão, Corrente de Fuga, Isoladores

1.0 - INTRODUÇÃO

A continuidade e qualidade no fornecimento de energia elétrica é preocupação constante das concessionárias. Energia elétrica é vetor de conforto e tecnologia da população, por isto, usar métodos preventivos de detecção de falhas é objetivo de constantes estudos e pesquisas.

A previsibilidade das falhas por variações de grandezas características aliada a sistemas especialistas de monitoramento online e reconhecimento de padrões, foram motivadores deste trabalho que, inclusive possibilita a identificação da falha, auxiliando a gerência da manutenção na tomada de decisões, com vista à reduzir gastos com intervenções desnecessárias, buscando excelência na manutenção.

Com utilização de transdutores digitais e sensores eletromagnéticos, foi possível verificar se o conjunto de isoladores está ou não em condições normais de funcionamento.

As amostras de tensão e corrente da cadeia de isolador, são obtidas por um software que analisa estatisticamente os dados, comparando com o comportamento progressivo, prevendo falhas e reconhecendo anormalidades.

O custo de implantação é considerado baixo, não se objetiva aqui uma precisão cirúrgica da análise, mesmo porque, as variações de parâmetros são muito grandes, podendo chegar a casa dos 10%, sendo por alteração de perfis topográficos, projeto e outros fatores.

2.0 - METODOLOGIA DE SUPERVISÃO

Bobinas de Rogowski (ver Figura 1), módulo transmissor wireless padrão GSM alimentado com bateria de Lithium e controle estatístico do processo formam o conjunto básico para cada estrutura de linha de transmissão.

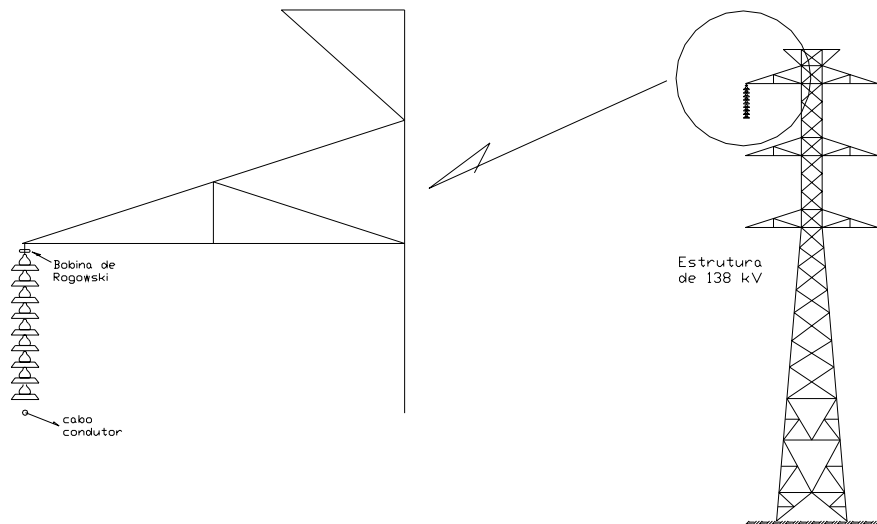


FIGURA 1.

As bobinas são instaladas na parte fixa desenergizada das cadeias de isoladores, sem necessidade de interrupções dos circuitos e não interferindo significativamente nos parâmetros elétricos e mecânicos do objeto sob supervisão. A instalação dos componentes restantes, é realizada com o objetivo de formar uma rede física no corpo da estrutura, longe do alcance de terceiros. O conjunto possui ainda, engates rápidos, podendo ser instalado/removido a qualquer momento.

A coleta das informações, é feita com sensores de estado sólido, montados em circuitos híbridos que verificam o gradiente de fuga pré estabelecido e correntes transitórias, emitindo sinais quando da extrapolação dos limites programados.

A transmissão das informações, dá-se através de protocolos de comunicação de dados utilizando-se acoplamentos óticos em infra vermelho e módulos transmissores wireless; portanto, imune à hostilidade de uma estação de energia elétrica.

Por não necessitar de caminhos elétricos ou meios materiais para se comunicar com a central de processamento, o sistema não influencia nos demais controles e sistemas de proteção existentes.

Desenvolvido com Sistema Operacional 100% Livre (Debian GNU/Linux 3.1 – codinome Sarge), com servidor Web (Apache/TomCat), Banco de Dados Relacional (Oracle) e linguagem de programação (Java) com páginas dinâmicas (Servlets e JSP), o software mostrou-se extremamente estável, rápido e imune ao ataque de vírus e outras pragas atuais, podendo ser acessado de qualquer ponto da rede de TI da empresa e com alguns módulos acessíveis pela internet.

O software disponibiliza de forma gráfica as amostras e análises de cada cadeia de isoladores instalada em uma estrutura de linha de transmissão, podendo exibir com muita precisão a localização da falta, sendo desenvolvido para atuar com vários circuitos de linhas de transmissão simultaneamente.

As amostras de corrente elétrica, são enviadas para os módulos wireless com GSM, que tratam estas informações, repassando-as para a central de processamento (ver Figura 2).

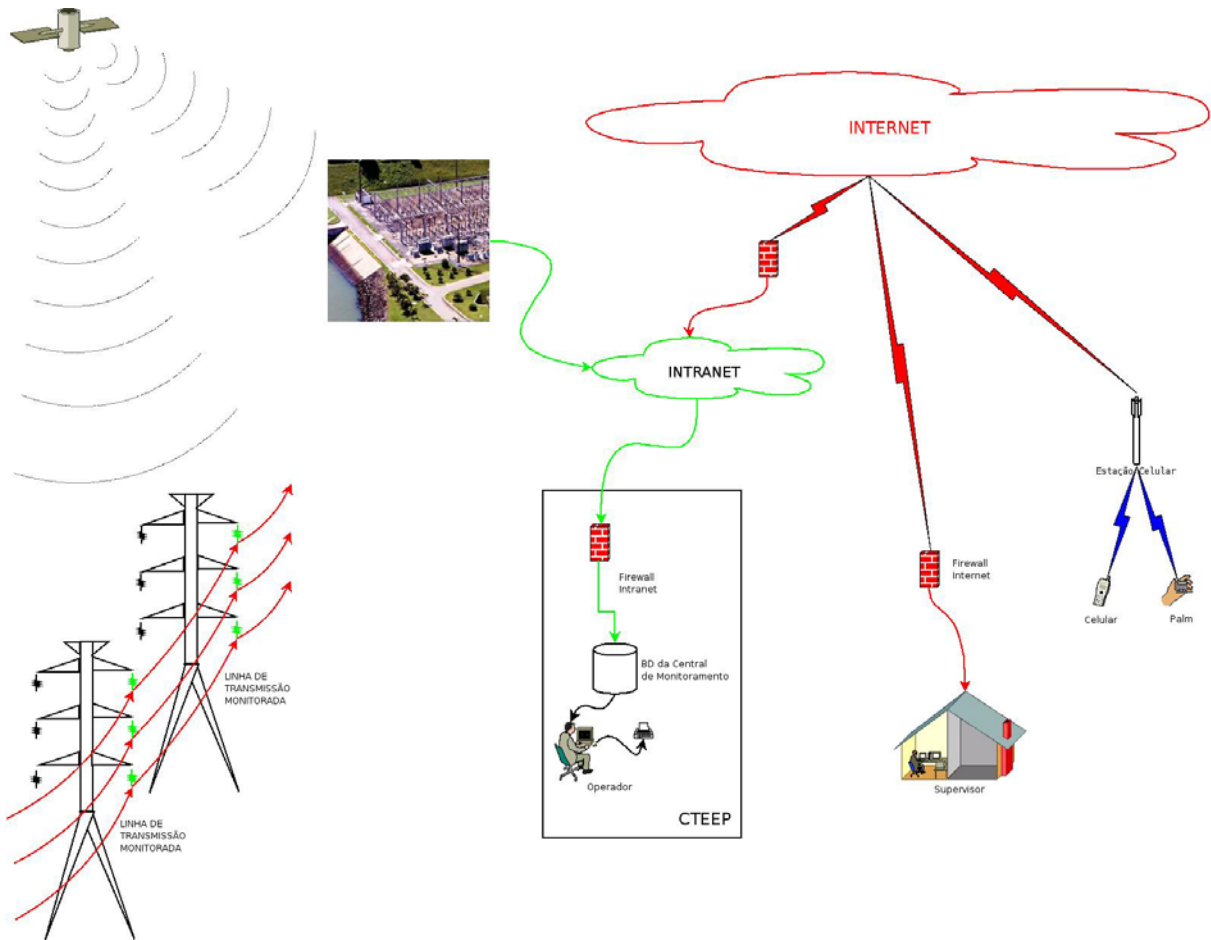


FIGURA 2.

Estes dados são trabalhados pela Central de Monitoramento conforme descrição abaixo:

Para cada cadeia de isoladores, são verificados:

- Valores de corrente de fuga;
- Surtos de corrente;
- Temperatura ambiente.

De posse destes parâmetros, o sistema analisa:

- Valores médios;
- Variâncias;
- Desvio padrão;
- Consistência estatística.

Após a análise, emite relatórios de:

- Tendência de comportamento;
- Situação atual;
- Previsão e localização de falha;
- Análise de progressão.

3.0 - ESTUDO DAS FUNÇÕES DOS TRANSDUTORES DIGITAIS E SENSORES ELETROMAGNÉTICOS

Na fase de estudo das funções dos transdutores digitais e sensores eletromagnéticos fez-se uma avaliação de produtos de mercado quanto à função de transdução oferecidas em um único equipamento, capacidade de processamento, protocolos de comunicação, número de portas de comunicação, número de entradas e saídas e precisão de medidas analógicas. Com essa avaliação foi possível verificar que todas as funções de interesse estariam integradas em um único equipamento.

Os sensores eletromagnéticos foram definidos a partir da experiência com uso de bobina de Rogowski para verificação de transitórios em capacitores nas Barras e Disjuntores de 440 kV CTEEP e também na experiência da CELESC e FURB em redes de distribuição com o objetivo de localização de falhas. Sendo que os resultados, em ambos os casos foram muito satisfatórios.

Do ponto de vista de praticidade e confiabilidade, optou-se por transdutores que fornecessem informações digitais para a transmissão em um protocolo padronizado. Esta decisão trouxe uma enorme simplificação no projeto do software que, por sua vez, oferece grandes facilidades de alterações ou implementações de novas funcionalidades, mantendo desta forma, o domínio tecnológico em poder da empresa.

Na avaliação de custos optou-se pela dualidade custo-benefício e não meramente sobre questões financeiras; haja visto que o retorno obtido, face ao preço, é imensamente maior. Avaliou-se no entanto, os ganhos com a simplificação do projeto, tempo de comissionamento, manutenção e confiabilidade.

4.0 - ESTUDO DE EFICIÊNCIA DOS TRANSDUTORES DIGITAIS E SENSORES ELETROMAGNÉTICOS

Nessa fase avaliou-se o número de entradas analógicas, número de saídas digitais, exatidão das medidas digitais, exatidão do clock interno, protocolo de comunicação e compatibilidade eletromagnética em ambiente de campos elétricos agressivos.

Dessa avaliação concluiu-se que os transdutores atenderam à exatidão das medidas digitais necessárias, mesmo porque a precisão dos TC apresentam erros muito superiores às do transdutor, neutralizando qualquer incremento que este viesse a inserir.

Pelos ensaios preliminares pudemos constatar a viabilidade de se proceder o projeto. Após estudos ficou definida a proposta básica a ser discutida com as áreas de engenharia de manutenção, bem como o grupo de MCC.

Para atender os requisitos de tempo desse projeto algumas das ações de desenvolvimento e estudos foram planejadas e executadas em paralelo, sendo elas:

- Confecção do memorial descritivo e especificações;
- Desenvolvimento do software de automação;
- Ensaios de corrente de fuga em cadeias de isoladores em situações atípicas.

5.0 - SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

Para a transmissão dos dados coletados pelos transdutores, optou-se pela tecnologia GSM que possui uma cobertura muito grande no território nacional e com opção de escolha de Operadora.

A composição de um "kit móvel" de monitoramento específico por estrutura possui:

- Sensores de Rogowski (um para cada cadeia de isolador);
- Rede física que interliga os Sensores ao Módulo Wireless;
- Módulo Wireless TC65 (Siemens), que trabalha na frequência GSM de 900 MHz, potência de saída de 2W, alimentado por bateria de Lithium com duração média de um ano;
- Chip GSM da Operadora escolhida;

O módulo Wireless, com custo aproximado de US\$ 100,00 (cem dólares) é capaz de transmitir dados em diversos tipos de protocolos, entre eles TCP, UDP, HTTP, FTP, SMTP e POP3.

Através de diversos planos de transmissão de dados das Operadoras de telefonia móvel nacional padrão GSM, é possível definir o que mais atende a determinado perfil de monitoramento. Uma vez que o sistema de monitoramento de fugas em cadeias de isoladores é móvel, pode-se aplicá-lo em uma determinada linha de transmissão que esteja com o rendimento abaixo do esperado e coletar a assinatura das cadeias de isoladores da mesma, podendo-se removê-lo para outra localidade após um período de tempo.

6.0 - DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE MONITORAMENTO

Desenvolvido em duas partes, sendo a primeira destinada a coletar e analisar as amostras dos sensores na própria estrutura da linha de transmissão monitorada, a análise é realizada através de software escrito em J2ME (Java Micro Edition) que é executado no módulo wireless que disponibiliza uma KVM - Máquina Virtual Java embutida e a segunda escrita também na linguagem Java, mais especificamente J2EE com (Servlets e Java Server Pages - JSP), possuindo um rígido controle estatístico das variáveis elétricas fornecidas pelos sensores.

Os dados são periodicamente analisados "in loco" pelo software no módulo wireless e imediatamente transmitido para a central de monitoramento caso este encontre alguma anormalidade nas amostras. Isso faz com que o tráfego de dados pelo sistema GSM seja bastante reduzido, que por sua vez, também diminui o plano tarifário junto a Operadora escolhida.

Com o recebimento dos dados, a central processa estas informações e através da linguagem PERL, os dados são formatados no padrão SQL - Structured Query Language ou Linguagem de Questões Estruturadas que por sua vez carrega o banco de dados relacional Oracle.

O sistema disponibiliza a princípio, sob consulta as informações relativas a:

- Tendência de comportamento;
- Situação atual;
- Previsão e localização da falha;
- Análise de progressão.

O mesmo ainda emite alarme sonoro e visual, sendo objeto futuro o estudo de possibilidade de bloqueio de manobras.

Dependendo da estratégia de manutenção da empresa, o software pode ser conjugado a dispositivos móveis compactos, tais como, Palm, Celulares, PDA's, etc., visando alertar em tempo real os responsáveis pela operação das linhas de transmissão envolvidas e diminuir sinistros, prejuízos e indisponibilidades.

7.0 - CONCLUSÃO

O baixo custo de implantação envolvendo o uso da Tecnologia de Software Livre, a possibilidade de instalação dos componentes em linha de transmissão energizada e a alteração de periodicidade nas rotinas de inspeção, justifica a imediata implantação do sistema, que otimiza as ações da manutenção, disponibilizando aos gerentes, informações em tempo real, sendo forte aliado da MCC e na otimização e tomada de decisões. O sistema especialista de controle estatístico, indica tendências de queda de isolamento buscando eliminar desligamentos e indisponibilidade desnecessárias, gerando economia para a empresa e contribuindo para a melhoria contínua da qualidade da manutenção, permitindo ao técnico de manutenção atuar no local preciso da falta, reduzindo gastos com mão de obra e otimizando a manutenção.

O sistema analisa cada equipamento com suas características reais e atuais, ou seja, cada componente é monitorado e controlado tendo como padrão, seus valores e condições atuais individuais, o sistema faz a auto alimentação de seu banco de dados, atualizando-se periodicamente de forma a aprender qualquer variação, compensando interferências sazonais, climáticas e de alteração por solicitação técnica ou operativa.


Dado o exposto, observamos ganhos de várias formas, sendo algumas delas:

- Ganho de confiabilidade - A engenharia de manutenção e de operação, tem total conhecimento das condições de funcionamento da isolação da linha de transmissão em observação, propiciando a certeza da normalidade de funcionamento;
- Ganho em Segurança – prevê falhas na rigidez dielétrica dos isoladores, reduzindo a valores ínfimos a probabilidade de ocorrência de acidentes com as linhas de transmissão sob análise, primando pela integridade física de profissionais a ela exposta, bem como a do próprio equipamento sob supervisão.
- Economia e Redução de Custos – Com a possibilidade de se prever falhas, não são necessárias intervenções de rotina para ensaios nos isoladores, as intervenções ocorrem somente nos momentos estritamente necessários, otimizando os processos de manutenção, na busca da qualidade total do processo. Disponibilizando a capacidade máxima da planta full time com a minimização dos desligamentos, trazendo economias para a empresa, evitando penalizações pelos organismos reguladores.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MALVINO, Albert Paul, Eletrônica Vol II, Mc Graw Hill, 1984
- (2) MALVINO, Albert Paul, Eletrônica Digital Vol I e II, Mc Graw Hill, 1988,
- (3) TAVNER, Peter J., Penmam, J. Condition Monitoring of Electrical Machines, RSP England 1987.
- (4) RESNICK, R. HALLIDAY, D. Física Vol III e IV, LTC 1988
- (5) CAMPOS, V. F. Gerência da Qualidade Total, Bloch Editores, 1989
- (6) BUECHE, F. J. Física Geral, Mc Graw Hill, 1983
- (7) NEMOTO, Massaro. Total Quality Control for Management. Prentice Hall Inc, 1987
- (8) CAMPOS, V. F. Qualidade Total Padronização de Empresas, FCO 1991
- (9) FILHO, O. D. e Drumond, F. B. Itens de Controle e Verificação de Processos. FCO 1994
- (10) Notas de Aulas, Curso de Especialização em Matemática, UEMG 1994
- (11) Notas de Aula, Curso de Especialização em Física, UEMG 1996.
- (12) Notas de Aula, Curso de mestrado Engenharia Elétrica, PUC-MG. 2000.
- (13) KUMIAWAN, BUDI - Java para a Web com Servlets, Jsp e Ejb – 2005.
- (14) Bashan, Brian / Sierra, Kathy / Bates, Bert - Use a cabeça - Servlets & JSP - 2005.
- (15) SIEVER, ELLEN – Perl Guia Completo, Manual de referência RAP – 2005.
- (16) SOUZA, MAXUEL BARBOSA DE – Obtendo e Instalando o GNU/Debian – 2006.
- (17) SILVA, GLEYDSON MAZIOLI DA – Guia FocaLinux Avançado – 2003.
- (18) MUCHOW, JOHN W. / Core J2ME – Tecnologia & MIDP
- (19) GPS com JavaME – Revista WEB MOBILE Edição 11
- (20) Lima Jr, Almir Wirth / AXCEL BOOKS – Telecomunicações & Redes de Computadores
- (21) Soares Neto, Vicente / ERICA - Telecomunicações - Convergência de Redes e Serviços
- (22) Wireless Modules – <http://www.siemens.com/wm>

9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

	<p>Rodrigo Tadeu Claro Rio Claro – 1970 Técnico em Eletrotécnica - E.T.E.S.G. “Prof. Armando Bayeux da Silva” / 1987 Desenvolvedor Debian-BR-CDD / 2003 e Java Programmer / 2006 email: rclaro@ctEEP.com.br Empresa Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista – CTEEP Rodovia SP 306 km 26 S/Nº Cx Postal 154 13450-970 Santa Barbara D’Oeste -SP Fone (19) 3459 3019</p>
---	---

<p>Tony Rios Graduação Plena em Física Especialização em Matemática e Física Técnico em Eletrotécnica email: trios@ctEEP.com.br Empresa Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista – CTEEP Rodovia Casa Branca – Mococa km 271,7 - 13.737-627 Mococa – SP Fone (19) 3656 1760</p>
