

Sistema de monitoramento de corrente de fuga para linhas de transmissão de 500kV

M. M. Werneck, C. C. Carvalho, F. L. Maciel, R. M. Ribeiro e P. Porciuncula, LIF – COPPE/UFRJ¹
E. P. Antunes, ELETRONORTE²

Resumo- Foi desenvolvido um sensor optoeletrônico para a monitoração em tempo real da corrente de fuga proveniente de uma cadeia de isoladores de linha de transmissão (500kV). O sistema controla a luz gerada por um dispositivo eletrônico no ponto de medida e injeta o sinal numa POF (Fibra Óptica Plástica). No transdutor optoeletrônico o sinal óptico é modulado e simultaneamente transmitido pela POF a uma Unidade Remota (UR) autônoma, fixada à torre, que contém hardware eletrônico responsável pela demodulação e transformação do sinal óptico em elétrico por meio de transceiver. Após a demodulação o valor RMS da corrente de fuga é digitalizado, temporariamente memorizado, pré-processado e enviado para internet através da utilização do sistema de telefonia celular padrão GSM/TDMA. O acesso aos sinais será realizado somente por usuários previamente credenciados visando estabelecer um sistema de segurança de informação por meio de autenticação “on-line” pela internet. Este trabalho mostrará ao seu final, o sistema monitorando os sinais de corrente de fuga, o funcionamento da tecnologia da transmissão dos sinais e os relatórios disponibilizados

Palavras-chave— Corrente de fuga, Isolador, Linha de transmissão, Fibra óptica plástica, POF.

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve sobre um sensor de corrente de fuga a ser aplicado em linhas de transmissão de 500 kV. Trata-se de uma continuação de um estudo apresentado na conferência POF 2003 (Werneck et al, 2003).

A corrente de fuga ocorre em função do aumento do depósito de material condutor decorrente da poluição do ambiente, principalmente do sal pulverizado na superfície dos isoladores quando próximo das áreas costeiras, criando trajetos alternativos na superfície do isolador para o terra que, por sua vez, conecta o condutor de alta tensão ao potencial terra (Kanashiro e G. F. Burani, 1996). Embora esta corrente seja em torno de algumas unidades de miliampers (máx.), quando multiplicada pelo número total dos isoladores situados em uma linha de transmissão, pode alcançar valores elevados que associados ao fenômeno de “flashover” permitirá a ativação de dispositivos de proteção contra situações de sobre-corrente, conduzindo a uma interrupção total do fornecimento de energia.

Este efeito pode ser analisado como um fenômeno disperso ou puntual (isoladores distantes de outros). Quando um arco elétrico ocorre, é chamado “flashover”, podendo conduzir ocasionalmente à destruição completa do isolador.

A monitoração contínua dos níveis de corrente de fuga produz parâmetros que permitem estabelecer uma estratégia preventiva operacional da limpeza ou da substituição dos isoladores colocados dentro de áreas que possuam condições favoráveis à ocorrência do flashover.

Normalmente, o monitoramento da corrente de fuga é feita através de um resistor (Briggs, 1976; Amarh, 2001) ou uma bobina de indução (Maraio, 1992). Entretanto, estes métodos necessitam fazer conexão ao potencial, permitindo a interferência eletromagnética e aumento os riscos ao pessoal. A fim minimizar este problema foi proposto o desenvolvimento de um sistema optoeletrônico que utilize a tecnologia de fibra óptica plástica (POF). Este método tem algumas vantagens, como p.ex.: não sofre efeito da interferência eletromagnética; é de custo reduzido e leve; e não necessita de fonte de alimentação para operar.

Quando este sistema estiver em situação operacional trará benefícios, tais como: a otimização e a monitoração de perdas de energia; aumento da confiabilidade da rede produzindo redução dos intervalos entre desligamentos; otimização do processo de lavagem dos isoladores causando consequentemente uma redução do tempo e do custo da manutenção; aumento da segurança da equipe da manutenção; e realizando, se possível, a avaliação do desempenho de tipos diferentes de isoladores anti-poluição.

II. DESCRIÇÃO DO SISTEMA E METODOLOGIA

A conceituação geral do projeto pode ser observada na Figura 1, onde é apresentada de forma ilustrativa e diagramática o sistema desenvolvido, implementado e instalado em campo. O sistema baseia-se no fornecimento de energia por meio baterias que lhe garante autonomia superior a 2 anos. Assim como, o processo telemétrico será realizado através de tecnologia de telefonia móvel celular.

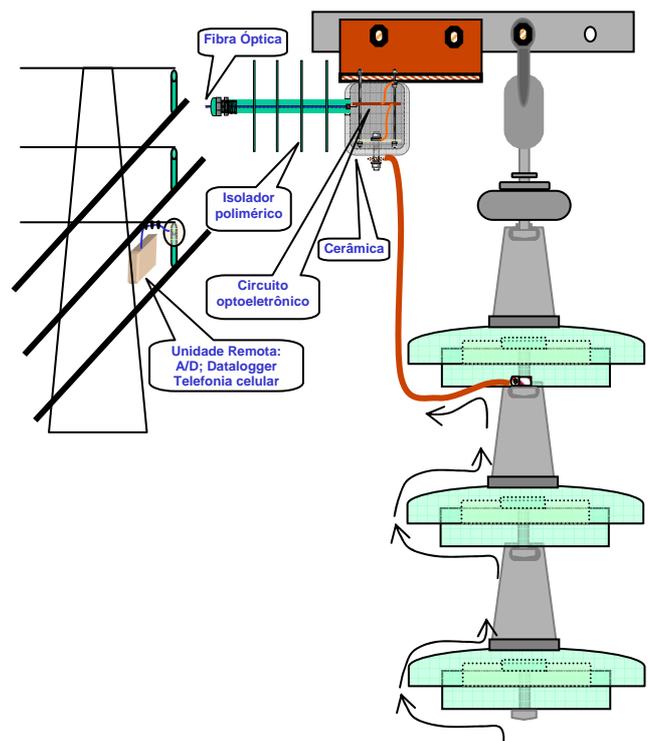


Figura 1. Diagrama geral do sistema.

Estes trabalho foi apoiado parcialmente pela Centrais Elétricas do Norte do Brasil - Eletronorte.

¹ Laboratório de Instrumentação e Fotônica da COPPE/UFRJ (<http://www.lif.coppe.ufrj.br>)

² Centrais Elétricas do Norte do Brasil – Eletronorte (<http://www.eln.gov.br>)

O sub-sistema sensor/transdutor optoeletrônico é fixado à estrutura da torre da linha de transmissão por meio do primeiro isolador (mais próximo à torre) da cadeia de isoladores de sustentação da linha. A partir do transdutor sai uma fibra óptica plástica (POF) que, por algumas dezenas de metros, conduz o sinal até a Unidade Remota (UR) que contém o sistema microprocessado (Datalogger) capaz de ler, processar e transmitir os sinais de corrente de fuga.

A. O Transdutor - Sensor de corrente e encapsulamento

A corrente de fuga fornece energia suficiente para que o LED (azul-verde) produza potência óptica eficiente (Marcou, 1997). Através de circuito optoeletrônico, a corrente de fuga é opticamente codificada e transmitida ao receptor por meio de uma POF especialmente protegida (Fig. 2). A luz emitida pelo LED é modulada em amplitude e comprimento de onda. Neste trabalho foi somente implementada técnica de modulação e demodulação por amplitude.

O sinal da corrente é detectado pelo circuito receptor, localizado dentro da UR, que executa o ciclo de demodulação síncrono com a rede elétrica.

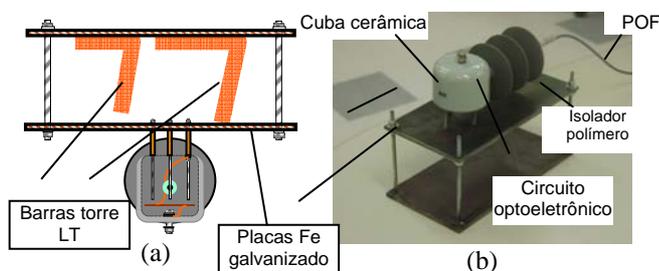


Figure 2. (a) Desenho esquemático do transdutor – vista frontal; (b) Fotografia do transdutor já construído.

O receptáculo que condiciona o circuito optoeletrônico do sensor foi projetado e implementado como apresentado na Figura 2(b). Da mesma forma, já foi desenvolvido um isolador polimérico que irá minimizar o problema da corrente de fuga superficial sobre a POF. O sensor foi fixado a duas placas de Ferro galvanizadas para sustentação junstas às barras da torre da Linha de Transmissão (Fig. 2(a)).

Os procedimentos de medição e calibração dos sinais de corrente de fuga foram conduzidos sob condições controladas de laboratório. Foi construída uma câmara onde submetemos pulverização de água salgada sobre uma cadeia de isoladores, simulando condições reais de campo.

B. A Unidade Remota - UR

A Unidade Remota (UR) contém o sistema de interrogação do sinal oriundo do sensor, composto por um subsistema microprocessado - datalogger, subsistema de telemetria - telefonia celular, e subsistema de suporte de energia – baterias e regulação (Fig. 3).

A UR foi projetada e construída para suportar as condições de campo, portanto, o hardware foi inserido dentro de uma caixa constituída por poliéster com fibra reforçada, com proteção IP66/67 (Fig. 3). O sistema de fixação à torre é realizado por barras de ferro galvanizado

colocados nas extremidades da caixa como apresentado no desenho da Figura 4.



Figura 3. Interior da UR do Protótipo Flashover 500kV-V01. (1) Módulo da antena do celular e bateria auxiliar da unidade microprocessada; (2) Banco de baterias (duas baterias ligadas em paralelo de 12V@44Ah); (3) Unidade microprocessada mais módulo celular.

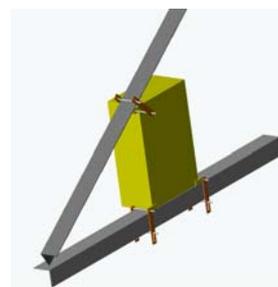


Figura 4. Desenho esquemático de fixação da caixa à torre da LT.

C. Acesso Internet

Basicamente, os softwares desenvolvidos são responsáveis por estabelecer a comunicação da UR (instalada em campo) e um usuário autorizado conectado à internet por um computador. Os sinais são recebidos, digitalizados, processados, e armazenados na memória. Em outro ciclo os dados são enviados periodicamente (pré-programados via Web) para um provedor internet, via telefonia celular. Diversas páginas web foram desenvolvidas para permitir a interação do usuário com o sistema em campo, tanto no aspecto de aquisição quanto na apresentação dos dados. A figura 5 apresenta a homepage principal de acesso ao sistema via internet.

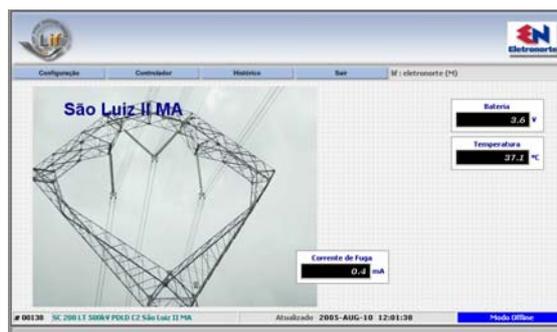


Figura 5. Homepage principal de acesso internet.

Simultaneamente são realizados o monitoramento da corrente de fuga, da tensão da bateria e da temperatura interna da UR.

III. RESULTADOS

O sistema foi instalado em campo em São Luiz/MA na Linha de Transmissão de 500kV PDL - Circuito 2 – Torre SC 208 sob gestão da subestação SL 2. Este segmento da linha foi escolhido por apresentar problemas mais freqüentes no que diz respeito a elevados valores de correntes de fuga.

A. Instalação em campo

O procedimento de instalação foi inteiramente executado pela equipe da Eletronorte e supervisionado pela equipe do LIF.

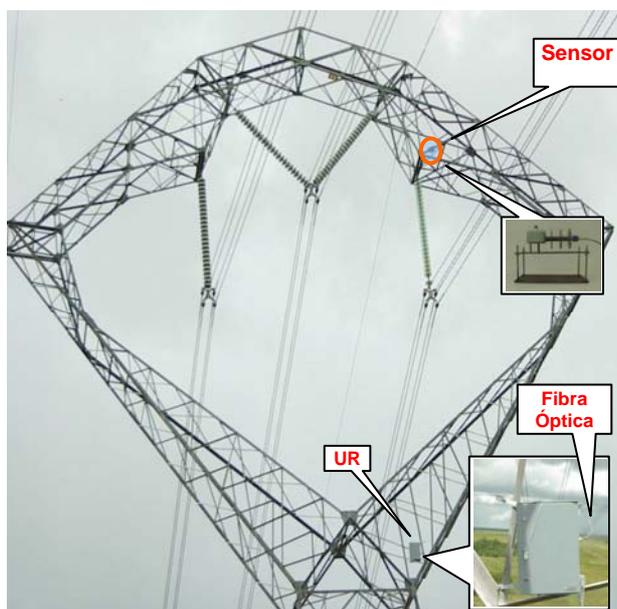


Figura 6. Fotografias apresentando os sistemas instalados na torre 208 LT 500kV PDL, São Luiz/MA.

Pode ser observado que os sistemas de fixação atenderam perfeitamente às expectativas técnicas de projeto, tanto no aspecto de simplicidade na montagem quanto na robustez.

Devido às pequenas dimensões dos nossos sistemas, comparativamente ao tamanho da torre, não é possível perceber a conexão da fibra óptica plástica (POF) entre o sensor e a UR, entretanto, é importante frizar que a POF está presa à estrutura da torre entre os dois pontos de conexão.

B. Medições de corrente de fuga

O sistema foi instalado em campo em 05 de maio de 2005, entretanto, por um período aproximado de 1 mês, realizamos ajustes nos sistemas. Portanto, os dados válidos são oriundos a partir da data de 03 de junho de 2005, os quais podem ser observados na Figura 7. Os dados são enviados periodicamente para o provedor internet, o qual tem acesso restrito apenas a usuários cadastrados. O usuário ao acessar a página poderá fazer o “download” de todos os dados enviados no passado. Os dados são repassados em formato Excell (.xls) possibilitando ao usuário posterior manipulação/processamento. Atualmente a

aquisição e/ou digitalização do sinal é realizada a cada 5 minutos e transmitida a cada 12 horas. Estes parâmetros podem ser alterados a qualquer momento via Internet, respeitando e/ou lembrando sempre dos aspectos limitantes tais como: 2 minutos entre amostragem – mínimo; custo da telefonia celular; e autonomia do sistema. Nesta configuração atual não haverá necessidades de qualquer tipo de substituição das baterias antes de completar o período de 2 anos.

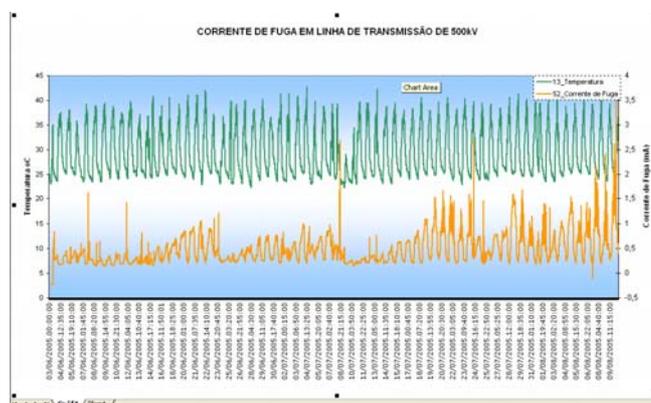


Figura 7. Gráficos de corrente de fuga (laranja) e temperatura (verde) do período de 03 de junho de 2005 a 10 de agosto de 2005 – visão holística.^o

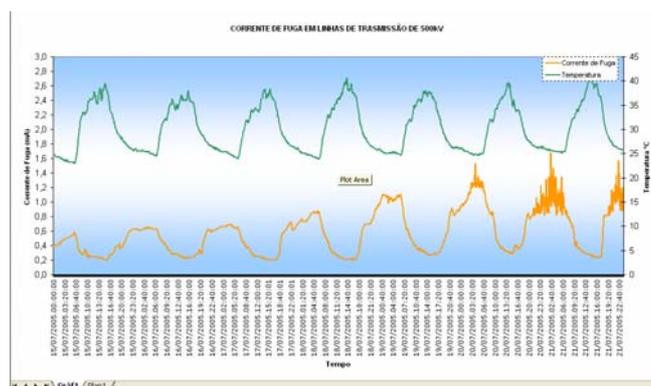


Figura 8. Gráficos de corrente de fuga (laranja) e temperatura (verde) do período de 15 de julho de 2005 a 21 de julho de 2005 – exemplo de visão específica.

IV. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A robustez do sistema ficou comprovada considerando a operacionalidade em situação de campo, pois, não houve interrupções de funcionamento até o momento.

Em relação à corrente de fuga é possível estabelecer uma correlação incipiente entre a temperatura e a corrente. Percebe-se que nos momentos matinais, ou seja, entre 5 e 6 horas da manhã, as temperaturas são as mais baixas do dia propiciando condições favoráveis de umidade que aumentam a corrente de fuga (ver Fig. 8). Por outro lado, percebe-se o oposto de comportamento, ou seja, correntes de fuga mais baixas quando: há muito sol e/ou calor, pois ocorre a secagem dos isoladores; e chuva, pois lava os isoladores.

A Figura 7 apresenta um comportamento cíclico ainda intrigante, merecedor de análise mais detalhada posteriormente. A princípio parece-nos que após um período (10 dias aproximadamente) crescente de valores de correntes

de fuga ocorre uma redução brusca dos valores médios lidos, suscitando a ocorrência do fenômeno de flashover ao longa da cadeia. Após a ocorrência do flashover haveria uma redução natural da corrente, se considerarmos que, por aquecimento, ter-se-ia secado a cadeia de isoladores.

O projeto necessita de continuidade analítica, ou seja, ainda tem que ser estabelecidas correlações com parâmetros ambientais, status de consumo da LT e o ESDD (Equivalent Salt Density Deposit), visando, em um futuro próximo, ser obtido o conhecimento dos níveis de corrente de fuga acima dos quais será necessária a intervenção na LT para lavagem dos isoladores.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio operacional da subestação 2 de São Luiz do MA, assim como a coordenação de P&D da Eletronorte.

Da mesma forma, agradecemos a contribuição de toda equipe do Laboratório (LIF) COPPE/UFRJ.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. G. Kanashiro e G. F. Burani, "Leakage Current Monitoring of Insulators Exposed to Marine and Industrial Pollution", IEEE International Symposium on Electrical Insulation, 271-274, Quebec, Canada, (1996).
- [2] J. B. Briggs, "Leakage current monitoring system and method", U.S. Patent 3,947,759 (1976).
- [3] Felix Amarrh, "Electric transmission line flashover prediction system", PhD Thesis, Arizona State University, May (2001).
- [4] R. A. Marajo, A. T. McMahon and H. B. Hart Jr., "Method and detector for identifying insulator flashover", U. S. Patent 5,136,248 (1992).
- [5] J. Marcou (editor), "Plastic Optical Fibers: Practical Applications", Club des Fibres Optiques Plastiques, Wiley & Sons, France (1997).
- [6] B. Culshaw & J. Dakin (editors), Optical Fiber Sensor, Artech House, London, 1989 and 1997.
- [7] Marcelo M. Werneck, Cesar C. Carvalho, Ricardo M. Ribeiro and Fernando L. Maciel, "High-voltage current sensing based hybrid technology". Proceedings of the 12th International POF Conference 2003, pp 50-53, University of Washington, Seattle, EUA, September 14-17, 2003.