



GRUPO - VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE

SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO BASEADO NA MEDIÇÃO DA CORRENTE DE FUGA EM PARA-RAIOS DE ZNO

G. R. S. LIRA (*)
UFCG

C. R. C. AMORIM FILHO
UFCG

V. R. D. N. BARBOSA
UFCG

L. S. SOUZA
UFCG

S. L. D. C. BATISTA
UFCG

E. G. COSTA
UFCG

M. J. A. MAIA
CHESF

RESUMO

Para-raios de óxido de zinco exercem papel fundamental na proteção de sistemas elétricos contra sobretensões atmosféricas e de manobras. Neste trabalho é proposto o desenvolvimento de um sistema de monitoramento remoto de para-raios de óxido de zinco baseado na medição e análise da corrente de fuga total, isentando-se da necessidade da medição da tensão aplicada no para-raios. O trabalho consiste em um sistema embarcado conectado ao para-raios em campo, transmitindo informações por meio de uma rede de sensores sem fio para um computador remoto dotado de uma ferramenta de apoio à decisão estruturada em redes neurais artificiais.

PALAVRAS-CHAVE

Monitoramento, Para-raios de ZnO, Corrente de fuga total, Rede de sensores sem fio, Redes neurais artificiais.

1.0 - INTRODUÇÃO

Os para-raios à base de óxido de zinco (ZnO) são dispositivos utilizados na proteção dos sistemas elétricos contra sobretensões atmosféricas e de manobra que incidem ou se propagam em subestações e linhas de transmissão. Dessa forma, eles vêm sendo empregados há mais de 30 anos com o intuito de aumentar a confiabilidade, economia e continuidade da operação dos sistemas os quais protegem. Devido à importância dos para-raios para os sistemas elétricos, é de fundamental importância o desenvolvimento de sistemas de monitoramento de para-raios de ZnO, visto que eventuais falhas nos para-raios podem conduzir a desligamentos não programados, danos a outros equipamentos de uma subestação (por exemplo, transformador de potência, banco de capacitores, etc.) e principalmente, podem implicar em risco de morte aos profissionais que trabalham em campo [1-2].

Devido à elevada não linearidade entre a tensão e a corrente, o para-raios é colocado em paralelo com equipamento a que se destina proteger. Em regime normal de operação, uma corrente de fuga da ordem de mA percorre o para-raios. Esta corrente é composta de uma componente capacitiva e outra resistiva, sendo a componente capacitiva predominante. Para um para-raios em bom estado, a componente resistiva da corrente de fuga representa cerca de 5% a 20% da componente capacitiva. Os para-raios operam nessa região praticamente toda sua vida útil, cerca de 30 anos [3-5]. A medida que o para-raios se degrada a componente resistiva cresce até desencadear o colapso do para-raios.

Apesar da componente resistiva da corrente de fuga ser um bom indicador do nível de degradação dos para-raios de ZnO, sua medição em campo é complexa devido à necessidade de se realizar a medição da tensão aplicada no para-raios [2], [6]. Sendo assim, abordagens baseadas apenas na medição e análise da corrente de fuga total vem sendo propostas e demonstrando boa confiabilidade não só para diagnosticar o para-raios quanto também para indicar o tipo de defeito presente [2], [7].

No intuito prevenir prejuízos financeiros às concessionárias de energia elétrica, sejam por meio de multas por parte de órgãos reguladores, processos judiciais ou danos à imagem das empresas, propõe-se, neste trabalho, um sistema de monitoramento remoto de para-raios de ZnO baseado na medição apenas da corrente de fuga total. O sistema é composto pelas seguintes unidades: entrada, condicionamento, processamento, transmissão, recepção de dados e diagnóstico. Cada unidade será detalhada mais à frente. Testes em laboratório foram realizados com o objetivo de demonstrar a viabilidade do sistema de monitoramento. Resultados satisfatórios vem sendo obtidos com este sistema, conforme apresentar-se-á adiante.

2.0 - CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS PARA-RAIOS DE ÓXIDO DE ZINCO

A principal característica do para-raios de ZnO é a sua alta não linearidade entre tensão e corrente (curva V-I), conforme apresentado na Figura 1. Esta característica representa um avanço em relação aos para-raios convencionais a carboneto de silício (SiC), pois diferente do que ocorre com o SiC, essa característica permite sua conexão direta com o sistema elétrico gerando apenas uma corrente de fuga na faixa de miliampêres em condições normais de operação, ou seja, quando estiver em Máxima Tensão de Operação Contínua (MCOV) [8-13].

Na Figura 2 são apresentadas formas de ondas típicas da corrente de fuga total medidas em laboratório, em para-raios do tipo estação com tensão nominal 96 kVRMS, quando energizados a uma tensão MCOV de 76 kVRMS. A forma de onda em vermelho corresponde a corrente em um para-raios em bom estado de operação, enquanto a curva em azul, corresponde a corrente em um para-raios com umidade interna. Conforme se pode observar, a corrente de fuga total altera-se tanto em forma quanto em amplitude em função do estado operativo do para-raios. Esta constatação é base para operação do sistema de monitoramento apresentado neste trabalho.

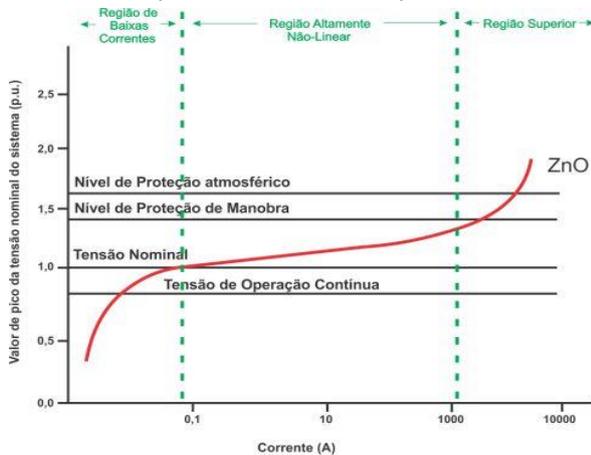


FIGURA 1 - Curva Característica Típica de um Para-raios de ZnO [14].

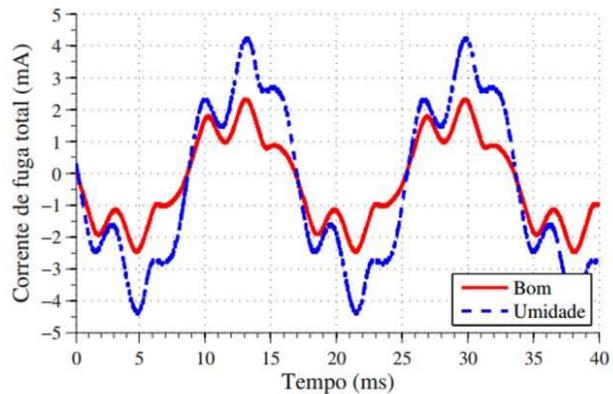


FIGURA 2 - Formas de Onda da Corrente de Fuga Total em Para-raios em Bom Estado e com Umidade Interna [2].

3.0 - SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO

O sistema de monitoramento é composto por diversos módulos/unidades, os quais desempenham funções específicas e determinadas. A Figura 3 apresenta o diagrama de blocos do sistema proposto. A unidade de entrada é responsável por realizar a aquisição do sinal da corrente de fuga total, assim como, da temperatura ambiente, a qual pode ser utilizada para fins de compensação dos sinais medidos. Na unidade de condicionamento, são realizados os ajustes necessários (retificação, integração, etc.) aos sinais de corrente para que eles possam ser processados. A unidade de processamento tem como atribuições principais coordenar a leitura, digitalização, armazenamento e envio de dados. A unidade de transmissão é responsável por enviar, via rede de sensores sem fio (padrão ZigBee), os dados recebidos. A unidade de recepção possui a finalidade de receber os dados enviados através da rede sem fio e armazená-los em base de dados para posterior análise. A unidade de Monitoramento executa um sistema baseado Redes Neurais Artificiais capaz de determinar o estado operativo do para-raios.

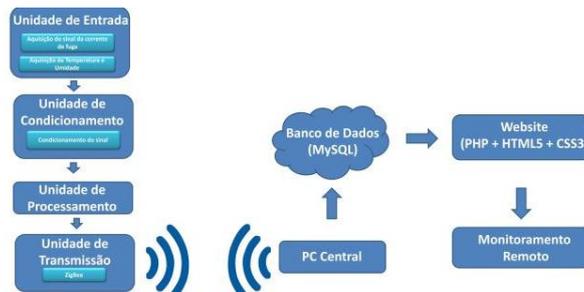


FIGURA 3 - Diagrama de Blocos do Sistema de Monitoramento de Para-raios.

3.1 Unidade de Entrada

O circuito de aquisição da corrente de fuga é composto por um transformador de corrente (TC), com núcleo toroidal composto por liga nanocristalina denominado N3E3 [5], [15]. Conectado ao TC, utilizou-se um amplificador diferencial de instrumentação, específico para amplificação de sinais de baixas amplitudes e que permite a rejeição de ruído em modo comum. A lei de Ampère estabelece que a integral de linha da intensidade de campo magnético H , em qualquer percurso fechado é exatamente igual à corrente enlaçada pelo percurso, sendo assim, com H constante, integra-se a parcela ao longo do caminho, o comprimento da circunferência l é dado pelo produto entre 2π e o raio médio r do núcleo toroidal.

De acordo com a lei de Faraday, a tensão induzida no núcleo (V_s) é proporcional a derivada do fluxo magnético e pelo número de espiras do secundário N_2 do transformador de corrente. A derivada do fluxo magnético é igual à área A da secção transversal do núcleo, multiplicada pela derivada da densidade de fluxo magnético B , aplicando a lei de Ampère e desenvolvendo as equações matemáticas, tem-se a equação (1):

$$\frac{d\phi}{dt} = \mu A \frac{N_1}{l} \frac{dI_T}{dt} \quad (1)$$

Na saída do integrador haverá uma tensão diretamente proporcional a corrente de fuga que circula no para-raios. Isso ocorre, pois, a corrente de fuga I_T de pequena amplitude que circula pelo para-raios induz no núcleo toroidal uma tensão proporcional ao fluxo magnético concatenado. Por esse motivo, utiliza-se um integrador.

Após o circuito integrador, utilizou-se um amplificador para elevar esse sinal, de modo a melhorar sua resolução. Na Figura 4 é mostrado o diagrama elétrico utilizado na implementação do circuito de aquisição da corrente de fuga total do para-raios de ZnO.

Os componentes do sensor de corrente são ajustados de forma a ter a relação desejada da tensão proporcional a corrente. Assim, utilizou-se uma proporção de 1 VRMS para cada 1 mA na saída do circuito. O sinal obtido na saída do circuito apresenta *offset* devido à influência do ambiente e aos amplificadores operacionais. Para eliminar o *offset* utilizou-se um filtro passa altas melhor explicado na seção de condicionamento.

Para a aquisição da temperatura, utilizou-se o sensor DHT11 que oferece saídas digitais calibradas para temperatura e umidade. O sensor foi conectado ao sistema de processamento, já que temperatura e umidade são variáveis importantes no diagnóstico dos para-raios.

3.2 Unidade de Condicionamento

O conversor Analógico/Digital (A/D) de um microcontrolador pode operar numa faixa de 0 a 5 V na entrada, sabendo que todo conversor A/D possui uma referência inferior e superior para operar, sendo os valores citados os mais empregados. O sinal adquirido na saída da unidade de entrada é composto de uma parte negativa, contendo várias passagens pelo zero, o que dificulta à recuperação dos dados se usar um retificador de sinal. Então para resolver este empecilho foi criado um circuito de condicionamento que recebe o sinal da unidade de entrada, explicada no tópico anterior, então passa por um filtro passa altas, na intenção de eliminar ruídos, e em seguida é acrescido um nível CC necessário para condicionar o sinal ao nível de tensão que o microcontrolador suporta.

Na Figura 5 é possível visualizar o circuito elétrico da unidade de condicionamento. O circuito, além do filtro supracitado, possui ainda um seguidor de tensão para isolar o sinal, o regulador de tensão LM 7805 e um divisor de tensão para condicionar ao nível de tensão apropriado, para que o sinal esteja na margem de tensão aceitável pelo microcontrolador, e um circuito somador para somar o sinal filtrado com o nível CC desejado.

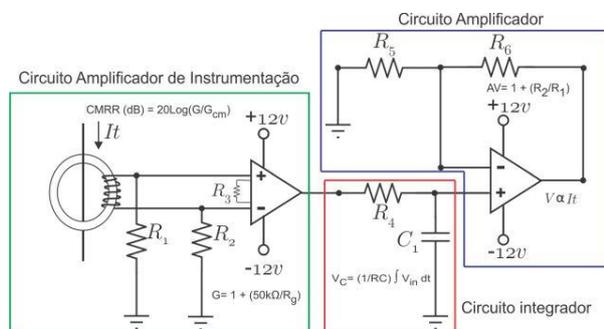


FIGURA 4 - Diagrama Esquemático da Unidade de Entrada.

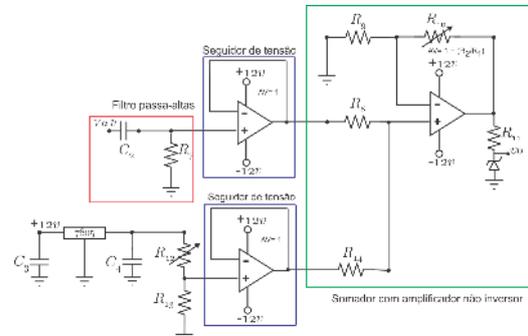


FIGURA 5 - Diagrama Esquemático da Unidade de Condicionamento

3.3 Unidade de Processamento

A unidade de processamento é responsável pela leitura, armazenamento e envio dos dados. Por meio do conversor (A/D) do microcontrolador, a corrente de fuga é armazenada na memória interna e, após determinado comando, esses dados são enviados por uma rede de sensores sem fio, a qual será melhor explicada mais adiante. Ainda nessa unidade são realizadas as leituras da temperatura e umidade provenientes da unidade de entrada; os ajustes da data e hora por meio de um RTC (*Real Time Clock*, Relógio em Tempo Real); e apresentados as informações no local (*in loco*) em um LCD (*Liquid Crystal Display*, Tela de Cristal Líquido).

No microprocessador são executadas basicamente operações lógicas, aritméticas e de controle, sendo que outras operações são executadas por circuitos externos a ele, chamados de circuitos acessórios. Estes circuitos acessórios têm como funções, por exemplo: executar operações de leitura de informações de dispositivos de entrada de dados e transmissão de informações para dispositivos de saída de dados. O microcontrolador utilizado no trabalho é o PIC 18F452, que contém os requisitos necessários para aplicação, além de baixo custo.

3.4 Unidade de Transmissão

Optou-se pela transmissão de dados utilizando um sistema de comunicação sem fio. Os módulos de comunicação sem fio XBee baseados na tecnologia ZigBee permitem a implementação relativamente rápida e com um baixo consumo de energia de uma rede de sensores sem fio.

A rede de sensores desenvolvida, além de permitir o acompanhamento em tempo real da corrente de fuga dos para-raios de óxido de zinco, possibilita que o operador visualize a forma de onda da corrente de fuga total, assim como, os valores numéricos das grandezas de interesse.

Utilizou-se os módulos XBee-pro devido ao seu alcance de 90 m em ambientes internos e 3200 m em externos, operação em 2,4 GHz, facilidade de implementação e o baixo consumo de energia, tornando-se apropriado para aplicações portáteis [16-17]. Pode-se observar a partir da Figura 6 o módulo utilizado.



FIGURA 6 - Módulo de Comunicação Xbee-pro Baseado na Tecnologia ZigBee.

3.5 Unidade de Monitoramento

O sistema de monitoramento remoto proposto possui um classificador de estados de operação baseado em Redes Neurais Artificiais (RNA) denominadas de Mapas Auto-Organizáveis (SOM, *self-organized maps*). RNA são estruturas que efetuam o processamento de informações de forma a desenvolver as habilidades de aprender e identificar relações entre dados de entrada e saída, se caracterizando, portanto, como uma ótima ferramenta de classificação de estados. O principal motivo de utilizar esse tipo de rede neural reside na sua característica de ter um treinamento não supervisionado, ou seja, ela pode identificar relações sem a necessidade de treinamento prévio. Apresenta-se, na Figura 7, um diagrama da unidade de diagnóstico do sistema proposto.

Para classificação do estado operativo do para-raios, são utilizadas as componentes harmônicas da CFT como dados a serem agrupados. Após o processamento realizado pela RNA, os para-raios são agrupados em defeituosos ou não, no caso deles estarem defeituosos, é possível determinar qual defeito apresentado. Dentre os defeitos existentes, têm-se: perda de estanqueidade, poluição superficial, degradação de varistores, umidade interna, desalinhamento da coluna ativa e distribuição irregular de tensão.

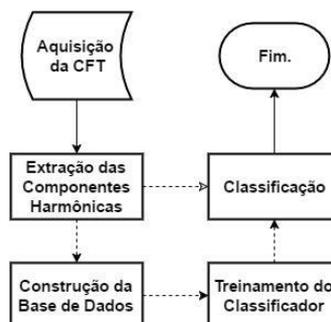


FIGURA 7 – Diagrama de Blocos da Unidade de Diagnóstico.

3.6 Interface Gráfica

Para o acompanhamento da corrente de fuga total e posterior análise desse sinal, optou-se pela criação de uma página *web*. Assim, os dados não se encontrarão em um computador específico como em outros sistemas de monitoramento, mas em uma rede. Com a computação nas nuvens (*cloud computing*), muitos aplicativos, arquivos e outros dados relacionados, não precisam estar instalados ou armazenados no computador do usuário ou em um servidor próximo. Dessa forma, esse conteúdo passa a ficar disponível na *internet*. O servidor *web* utilizado foi o Apache devido a sua conhecida robustez e ao fato de ser gratuito. A aplicação de monitoramento e diagnóstico foi desenvolvida em PHP, a qual é uma linguagem de programação que permite criar sites *web* dinâmicos, possibilitando a interação com usuários através de formulário, parâmetros da URL e *links*. O PHP é executado no servidor, sendo enviado para o cliente apenas o código na linguagem HTML, assim é possível comunicar-se com o banco de dados, sem que o código fonte seja revelado [18-19]. Os dados medidos e processados são armazenados e gerenciados por meio do MySQL.

A partir de um computador central, quando solicitadas, as informações são enviadas ao banco de dados, estando disponíveis ao usuário em qualquer lugar desde que este esteja conectado à *internet*, por meio de uma página *web* interativa e de fácil manuseio. Observa-se, nas Figura 8 – (a) e Figura 8 – (b), a plataforma virtual desenvolvida.



FIGURA 8 - (a) – Página de Acesso.

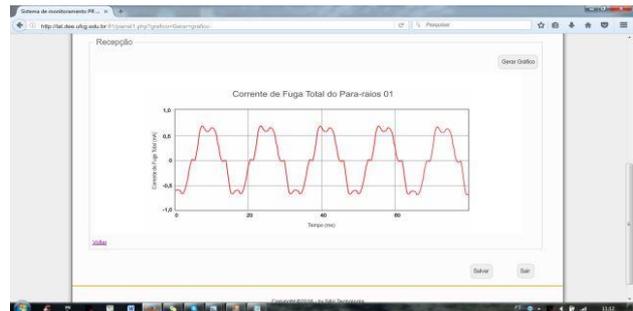


FIGURA 8 - (b) – Gráfico da Corrente de Fuga Total Medido Remotamente.

3.7 Protótipo do Sistema Proposto

É apresentado na Figura 9 a versão final do protótipo do sistema de monitoramento remoto de para-raios de ZnO baseado na medição da corrente de fuga total. No mesmo, além do sistema microcontrolado de medição de corrente de fuga, tem-se um computador utilizado na recepção das informações, carregando-as em um banco de dados que podem ser acessadas de qualquer lugar, desde que se tenha acesso à *internet*. O módulo de aquisição de dados, em destaque na Figura 9 – (b), foi construído para ser fixado no cabo de terra do para-raios e remotamente enviar os sinais de corrente medidos à sala de comando, conforme ilustrado na Figura 10.

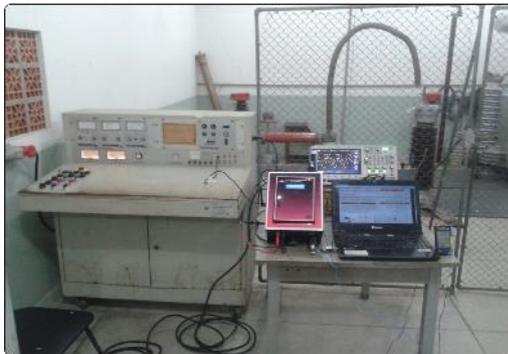


FIGURA 9 - (a) – Fotografia do Sistema de Monitoramento no Laboratório



FIGURA 9 - (b) – Fotografia Detalhando o Sistema de Monitoramento no Laboratório

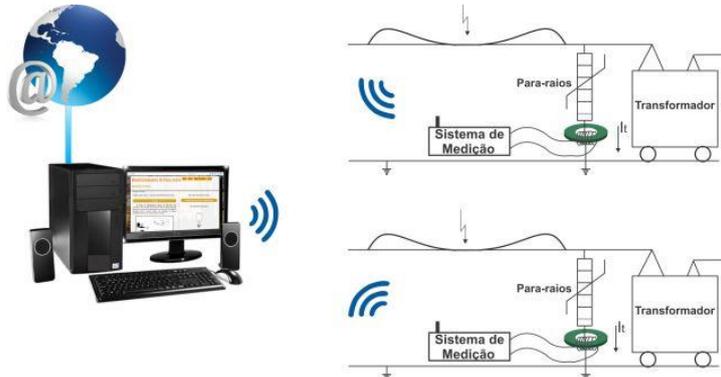


FIGURA 10 – Diagrama Esquemático de Funcionamento do Sistema de Monitoramento.

4.0 - RESULTADOS E ANÁLISES

A validação em laboratório do sistema proposto foi realizada por meio de comparações dos resultados obtidos a partir do sistema proposto e aquele tipicamente empregado na medição de corrente de fuga total de para-raios. O ensaio necessário para a medição da tensão e corrente de fuga do para-raios foi realizado utilizando como referência o diagrama esquemático do arranjo experimental visualizado nas Figura 11–(a). Na Figura 11–(b) é apresentada uma fotografia do arranjo experimental empregado nas validações do sistema de monitoramento. Basicamente, o circuito é composto por uma fonte de alta tensão controlável (0-100 kV), uma resistência de proteção R1, um divisor capacitivo (C1 – C2) que permite medir altas tensões, o para-raios e uma resistência *shunt* para medições indiretas de corrente. As aquisições de dados são realizadas por pontas de prova e um osciloscópio digital. Adicionalmente ao circuito típico de medição de corrente, adicionou-se o sistema proposto, o qual é baseado na utilização de TC janelado, conforme explicado anteriormente.

4.1 Validação do Sistema de Monitoramento

Para validar o sistema de monitoramento, foram realizadas medições de corrente de fuga em para-raios com tensão nominal 72 kVRMS e MCOV 42 kVRMS. Para isso o para-raios foi submetido à MCOV, e a corrente de fuga foi medida, simultaneamente, por meio do resistor *shunt* e do sistema de monitoramento desenvolvido. Na Figura 12 é possível visualizar a tensão aplicada ao para-raios, as formas de onda da corrente de fuga total medidas pelo *shunt* e pelo sistema proposto. Conforme pode-se perceber as formas de onda são praticamente idênticas. Na Figura da direita os sinais de corrente estão totalmente sobrepostos.

Para uma análise mais exata e confiável foi feito o cálculo do coeficiente de determinação R^2 . Esse coeficiente indica o quão próximo à forma de onda da corrente de fuga medida pelo sistema de monitoramento desenvolvido estar daquela medida pelo resistor *shunt* (referência). O R^2 é definido como sendo “um” menos a razão entre a soma quadrática dos erros entre sinais medidos e calculados/simulados (SSE) e a soma dos erros quadráticos com relação à média dos dados medidos (SST), de acordo com (2):

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SSE} \quad (2)$$

Quanto mais próximo de 01, mais semelhantes são os sinais. Em todos os testes realizados o valor de R^2 foi próximo de 0,99. Nesse caso particular foi obtido um valor do $R^2 = 0,9991$. Dessa forma, os resultados mostram a viabilidade e a confiabilidade do sistema de monitoramento da corrente de fuga dos para-raios de óxido de zinco baseado na sua corrente de fuga.

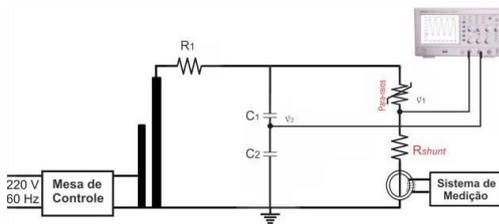


FIGURA 11 - (a) – Diagrama do Arranjo Experimental



FIGURA 11 - (b) – Fotografia do Arranjo Experimental

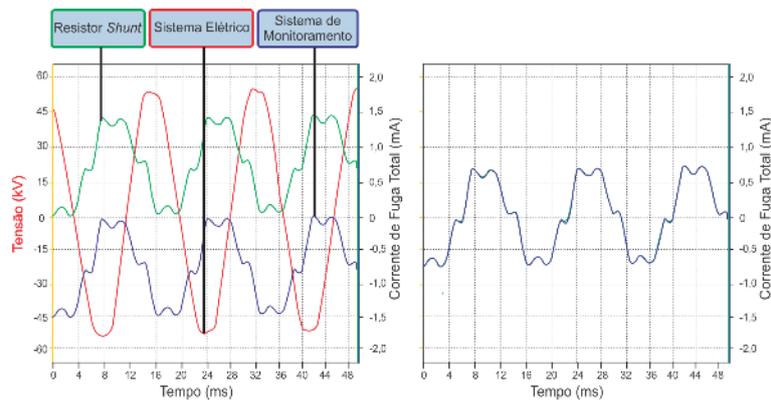


FIGURA 12 – Formas de Onda da Corrente de Fuga Total Provenientes do Resistor *Shunt* (verde) e do Sistema de Monitoramento Desenvolvido (azul).

No que se refere ao sistema de diagnóstico e classificação de defeitos, trabalhos anteriores [2] e [20], reportaram taxas de acerto de 98% na identificação de falhas em para-raios de ZnO a partir da medição e análise apenas da corrente de fuga total.

5.0 - CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado um sistema de monitoramento remoto de para-raios de ZnO baseado na medição da corrente de fuga total. Sistemas propostos na literatura normalmente necessitam da tensão aplicada sobre o para-raios para estimar grandezas físicas (componentes da corrente de fuga e conteúdo harmônico) necessárias para o diagnóstico. A medição de alta tensão em campo é um empecilho para esses sistemas.

O sistema de monitoramento proposto faz análise apenas da corrente de fuga total para realizar o monitoramento e efetuar o diagnóstico. Isso torna o sistema adequado do ponto de vista técnico-operacional para as empresas de energia elétrica. Na validação, o sistema foi empregado para a medição da corrente de fuga de para-raios de ZnO, cuja tensão MCOV foi de 42 kVRMS. A corrente de fuga foi medida utilizando o sistema de monitoramento e por meio do uso de um resistor *shunt*, os resultados foram comparados. Resultados animadores foram obtidos ($R^2 = 0,9991$) na validação do sistema de monitoramento, confirmando assim, que é possível realizar o monitoramento remoto de para-raios por meio da análise da forma de onda da corrente de fuga total.

Ademais, o classificador de estados empregado mostrou-se eficaz, visto que a taxa de acerto para identificação de para-raios defeituosos foi de aproximadamente 98 %.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) COSTA, E. G. Análise do Desempenho de Pára-raios de Óxido de Zinco. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Campina Grande, 1999.
- (2) LIRA, G. R. S. Monitoramento da corrente de fuga em para-raios de óxido de zinco com base na medição da corrente de fuga total. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, (Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica), 2012.
- (3) MATSUOKA, M. Nonohmic properties of zinc oxide ceramics. *Jpn. J. Appl. Phys.*, v. 10, n. 6, pp. 737–746, 1971.
- (4) HINRICHSEN, V. Monitoring of high voltage metal oxide surge arrester, in *VI Jornadas Internacionales de Aislamiento Eléctrico*, Bilbao, pp. 22–23, October 1997.
- (5) MACÊDO, E. C. T. Sistema de avaliação do nível de degradação de para-raios de óxido de zinco. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, (Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica), 2010.
- (6) IEC 60099-4. (2004-05): Surge arresters – Part 4: Metal oxide surge arresters without gaps for a.c. systems. ed. 2, 2004.
- (7) IEEE Standard C62.11-2005. Metal-Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits (>1 kV), 2005.
- (8) PEREIRA, M. P., DRUMMOND, M. Modelagem de Párraios de ZnO para Estudos de Sobretensões Transitórias, in VIII SNPTEE, São Paulo, 1986.
- (9) LIRA, G. R. S., COSTA, E. G., and ALMEIDA, C. W. D. Self-Organizing Maps Applied to Monitoring and Diagnosis of ZnO Surge Arresters, in São Paulo, Brazil: Proceedings of the IEEE/PES Transmission and Distribution Latin America, 2010.
- (10) SPELLMAN, C. A., HADDAD, A. “A Technique for On-Line Monitoring of ZnO Surge Arresters”, in 10th International Symposium on High Voltage Engineering, Montreal, Canada, Agosto 1997.
- (11) LIRA, G. R. S., BRITO, V. D. S., COSTA, E. G. Monitoramento de Para-Raios de ZnO a partir da Corrente de Fuga Total. In: Encontro Regional Ibero-americano do CIGRÉ, 2013, Foz do Iguaçu. Décimo Quinto Encontro Regional Ibero-americano do CIGRÉ, 2013.

- (12) LIRA, G. R. S., BRITO, V. D. S., COSTA, E. G. Diagnóstico de Para-raios de Óxido de Zinco com Base na Medição da Corrente de Fuga Total, in Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2012, Goiânia. SBSE - Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2012.
- (13) SILVA, W. A. B., LOPES, S. C. B., LEAL, G. B., LIRA, G. R. S., COSTA, E. G., MAIA, M. J. A. Online Monitoring System of ZnO Surge Arresters Based on the Measured Leakage Current, in 19th International Symposium on High Voltage Engineering, Pilsen, 2015.
- (14) ABB. High Voltage Surge Arresters – Product Guide.1995.
- (15) LIRA, J. G. A., Sistema de aquisição de dados para monitoramento e diagnóstico remoto das condições de para-raios de óxido de zinco. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, (Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica), 2007.
- (16) HEBEL, M., BRICKER, G., HARRIS, D. Getting started with XBee RF modules: a tutorial for basic stamp and propeller microcontrollers. Rocklin CA, USA: Parallax, p. 163, 2010.
- (17) Digi International, XBee/XBee-PRO ZigBee RF Modules User Guide: XBee2, XBee-Pro2, Pro S2B. Minnetonka MN, USA: Digi International, 2015, p.198.
- (18) TAURION, C. Computação em nuvem: transformando o mundo da tecnologia da informação, Editora Brasport: Rio de Janeiro, Brasil, 2009.
- (19) NOGUEIRA, M. C., PEZZI, D. C. A Computação Agora é nas Nuvens. Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), Cruz Alta, RS, Brasil, 2010.
- (20) LIRA, G. R. S.; COSTA, E. G. *et al.* Metal-oxide surge arrester monitoring and diagnosis by self-organizing maps In Electric Power Systems Research (Print). , v.108, 315-321, 2014.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



George Rossany Soares de Lira nasceu em Cajazeiras-PB em 1980. Possui Doutorado (2012), Mestrado (2008) e Graduação (2005) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande –Campina Grande, PB. Desde 2010 é Professor do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. Atua nas áreas de Engenharia de Alta Tensão, Transitórios Eletromagnéticos, Qualidade da Energia Elétrica, Métodos de Otimização e Redes Neurais Artificiais Aplicadas a Sistemas Elétricos.

Cícero Rômulo Campos de Amorim Filho, nascido na cidade de Campina Grande no ano de 1998, graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Vandilson Rodrigo do Nascimento Barbosa, nascido na cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil, em 11 de novembro de 1995. Recebeu o título de técnico em eletroeletrônica pela Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial no ano de 2013, atualmente é aluno do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. Suas áreas de interesse são: Alta tensão, para-raios, monitoramento remoto de equipamentos, sensores e sistemas elétricos.

Laís Souto de Souza, nascida na cidade de Guarabira, Paraíba, Brasil, no dia 24 de novembro do ano de 1996. Graduanda em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

Suelson Lopes de Carvalho Batista, nascido na cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil, em 19 de janeiro de 1989. Recebeu o título de técnico em eletrônica pela Escola Técnica Redentorista no ano de 2010, atualmente é aluno do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. Suas áreas de interesse são: Alta tensão, para-raios, monitoramento remoto de equipamentos, sensores e sistemas elétricos.

Edson Guedes da Costa nasceu em Ribeirão-PE em 1954. Possui Doutorado (1999), Mestrado (1981) e Graduação (1978) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba. Foi Professor da Universidade Federal da Paraíba (1978-2002) e Atualmente (desde 2002) está com a Universidade Federal de Campina Grande. Atua nas áreas de Engenharia de Alta Tensão, Isolamentos Elétricos e Monitoramento de Sistemas de Potência.

Marcelo José de Albuquerque Maia nasceu em Campina Grande-PB em 1956. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (1978), pós-graduado em Engenharia Elétrica pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá (1980) e MBA em Administração de Empresa pela Fundação Getúlio Vargas – RJ (1997). Desde 1978 é Engenheiro da Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Planejamento da Transmissão de Energia Elétrica e Transitórios Eletromagnéticos, atuando principalmente nos seguintes temas: Transitórios de chaveamento, controle de tensão, compensação de reativos, reator saturado e para-raios.