Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Departamento de Engenharia Elétrica

Disciplina: Equipamentos Elétricos

GUIA DO EXPERIMENTO:

MONITORAMENTO DE PARA-RAIOS

Campina Grande, Novembro 2008.

1. OBJETIVOS:

1. Análise das características construtivas de um para-raios de óxido de zinco desmontado.
2. Utilização de técnicas importantes de monitoramento em para-raios de óxido de zinco:
    - medição da corrente de fuga com levantamento da curva característica (V x I);
    - medição da temperatura utilizando a termovisão;
    - medição da tensão residual para impulso de corrente 8/20μs.

2. MATERIAIS DISPONIBILIZADOS:

- 2 Para-raios (óxido de zinco);
- Transformador de Potência de Alta Tensão;
- Gerador de Impulso de Alta Corrente;
- Osciloscópio;
- Resistor Shunt;
- Cabos;
- Termovisor;

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:

3.1 Introdução:

Os para-raios também conhecidos como supressores de surtos são dispositivos fundamentais em sistemas de potência atuando na proteção de equipamentos elétricos contra surtos de manobra e atmosféricos. Auxiliando na coordenação do isolamento de subestações elétricas, sua função é limitar o nível de tensão nos equipamentos, evitando que os mesmos sofram sobretensões inadequadas a sua operação. Eles são conectados entre a fase e a terra e caracterizam-se por uma curva V x I não-linear, com condução muito baixa para níveis normais de tensão exercendo assim pouca influência no sistema. Já na presença de surtos,

apresentam uma redução brusca da sua resistência, convertendo a energia elétrica absorvida em energia térmica e dissipando-a para o meio ambiente através do efeito Joule.

Nas subestações são usados dois tipos de para-raios: os de carboneto de silício (SiC) e os de óxido de zinco (ZnO), sendo que o segundo vem substituindo o primeiro, já que apresenta inúmeras vantagens, dentre as quais podemos destacar:

- alto expoente de não-linearidade entre a tensão e a corrente;
- baixa tensão residual;
- baixa corrente de fuga na tensão de operação;
- eliminação dos centelhadores em série;
- redução significativa do tamanho;
- rápida resposta quando submetidos a surtos de tensão;
- comportamento superior com relação à proteção;
- suportabilidade superior para ciclos de operação múltiplos;
- desempenho superior em ambientes poluídos;
- possibilidade de conexão em paralelo de colunas varistoras ou mesmo de para-raios;
- capacidade de absorção de calor superior.

Na Figura 1 são mostradas as características típicas V-I do para-raios de ZnO e do para-raios de carboneto de silício (SiC), como também, os níveis de proteção para impulso atmosférico e de manobra além das tensões nominal e de operação contínua.

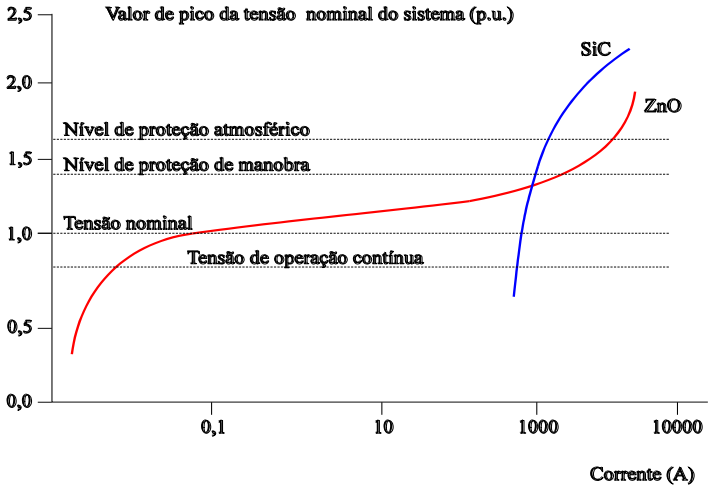

Figura 1- Curvas Características típicas dos para-raios de ZnO e de SiC, ABB(1995).

3.2 - Para-raios de óxido de zinco

3.2.1 Características construtivas

Os para-raios a base de óxido de zinco são equipamentos constituídos de uma coluna de varistores envolvida por uma coluna de porcelana ou material polimérico. Geralmente na coluna de varistores são utilizados em alguns pontos, espaçadores metálicos com a finalidade de fazê-la atingir a mesma altura da coluna de porcelana e funcionando também como absorvedores de calor, fazendo dissipar de maneira mais rápida a energia térmica gerada nos varistores. Para fixar a coluna são utilizados varetas e suportes de fibra de vidro, evitando o seu deslizamento. Em uma de suas extremidades da coluna varistora, é colocada uma mola que ajuda a manter as pastilhas fixas e aumenta o contato mecânico entre as suas superfícies transversais reduzindo a resistência elétrica da coluna de varistores como um todo. Veja a Figura 2 abaixo:

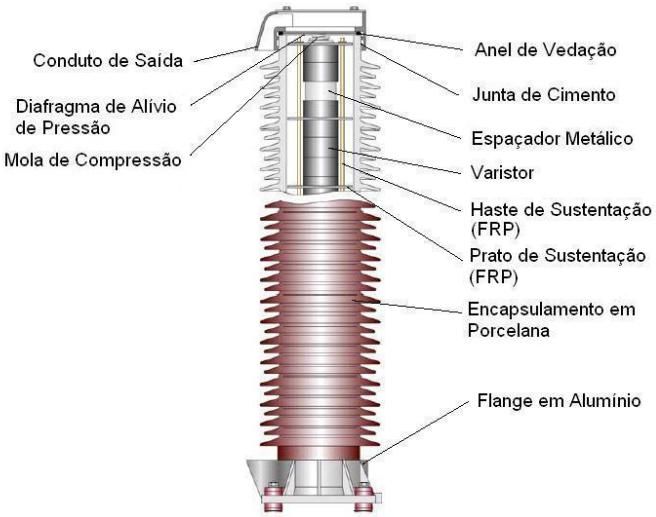

Figura 2 – Estrutura de um para-raios de ZnO com invólucro de porcelana [HINRICHSEN, 2001].

3.2.2 Varistores

Os varistores a base de ZnO são os principais componentes do para-raios de óxido de zinco sendo responsáveis pela sua não-linearidade. O diâmetro dos varistores é definido pela capacidade de absorção de energia desejada ao para-raios. Os varistores são produzidos, além do ZnO, com outros óxidos aditivos, tais como óxidos de alumínio, antimônio, bismuto e manganês. Os outros óxidos dopantes, principalmente os de bismuto e o de antimônio, são responsáveis pela formação da camada intergranular, ou seja, a camada que separa os grãos de

ZnO. O efeito dos dopantes é intensificar as características não-lineares e fornecer estabilidade das suas propriedades no tempo.

3.2.3 Monitoramento

O monitoramento vem sendo utilizando como uma ferramenta de manutenção preditiva, pois a mesma permite detectar anomalias que podem ocasionar a falha do para-raios. Evitando-se assim, a falha do equipamento, aumentando-se a segurança do sistema e do pessoal que trabalha em campo. Por motivos de caráter prático e econômico, é preferível que o monitoramento seja não invasivo (sem que haja necessidade da retirada do mesmo). Neste experimento se abordará as duas técnicas de monitoramento: medição da corrente de fuga com levantamento da curva característica (V x I) e medição da temperatura utilizando a termovisão.

3.3.1 Corrente de fuga

A técnica de monitoramento através da corrente de fuga se baseia na medição da corrente que flui através da conexão com a terra, pois a componente resistiva da corrente de fuga é um bom indicador das condições do para-raios. Um aumento permanente da corrente de fuga resistiva pode indicar perda da estanqueidade do equipamento ou envelhecimento prematuro dos varistores, enquanto que um crescimento temporário da corrente indica um aquecimento repentino dos varistores devido a alguma solicitação elétrica. YAN et al. (2002) concluíram que a medição da corrente resistiva é um excelente parâmetro para se medir o estado de degradação do para-raios, já que a tendência é que os valores se tornem maiores à medida que os varistores envelhecem. Entretanto, a simples informação da amplitude da corrente, obtida pelos medidores instalados, nem sempre é um indicativo adequado para avaliar para-raios, sendo necessário conhecer não somente a amplitude da corrente de fuga, mas também a sua forma de onda e, se possível, o conteúdo de harmônicos.

3.3.2 Medição da temperatura

A medição de temperatura pode fornecer a maioria das informações desejadas durante o monitoramento de um para-raios – absorção de energia, aumento da perda de potência devido ao envelhecimento dos varistores e perda da estanqueidade, sendo a variação na temperatura dos varistores o resultado do efeito de todas as influências sobre o para-raios. Isso se deve ao fato de que qualquer anormalidade que venha a ocorrer na operação dos varistores se reflete em aumento de temperatura.

A utilização da termovisão é uma técnica que vem sendo amplamente difundida para a monitoração, tendo inclusive o seu uso bastante incentivado para os para-raios de ZnO. De maneira simplificada, a termovisão consiste em “fotografar” o calor emitido pelos equipamentos, e se baseia no fato de que qualquer objeto irradia energia sob a forma de ondas infravermelhas. Os custos para sua utilização são relativamente baixos, já que as empresas de transmissão e distribuição de energia já a utilizam a bastante tempo como técnica de manutenção preditiva para os equipamentos das subestações e linhas de transmissão, sendo utilizada inclusive como técnica rotineira para a detecção de anormalidades na operação dos para-raios.

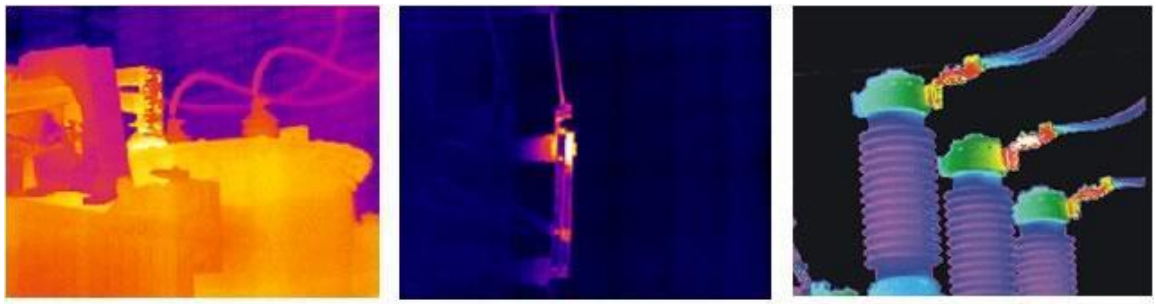

Figura 3 – Exemplos do uso da termovisão.

4. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

AVISO IMPORTANTE

Promova uma discussão entre os membros para que eles descrevam o que é tensão nominal de um para-raios; máximo valor de tensão operativa de um sistema; máxima tensão operativa de um para-raios. Qual será o máximo valor de tensão (aproximado) que deve ser aplicado em uma coluna de para-raios com tensão nominal de 192 kV?

Se o grupo não sabe descrever o solicitado, mandar estudar e votar em outro dia. O texto com a descrição deve ser entregue ao monitor ou professor, no dia do experimento.

Obs.: Trabalhar com alta tensão é perigoso. Respeite os procedimentos de segurança. Antes de tocar em qualquer para energizada é necessário fazer o aterramento.

Anote as condições atmosféricas do laboratório no momento dos ensaios.

I. Análise das características construtivas de um para-raios de óxido de zinco

Com o auxilio do líder, desmonte o para-raios e observe suas características construtivas. O líder deve promover uma breve discussão sobre as funções dos diversos componentes do para-raios.

II. Medição da corrente de fuga com levantamento da curva característica (V x I)

Serão utilizados dois Transformadores ligados em cascata, que permitem a geração de até 600 kV, em corrente alternada, ilustrados na figura 4 como um único transformador de tensão.

A medição de tensão será feita a partir de um divisor capacitivo ligado em paralelo com o para-raios. O capacitor de maior capacitância (C2) já se encontra previamente conectado a mesa de controle, de onde será feita uma ligação com osciloscópio para que a forma de onda da tensão possa ser analisada.

A medição de corrente será feita através de um resistor shunt, ligado em série com o para-raios, e o osciloscópio será utilizado para visualizar a forma de onda da corrente. Lembre-se que para realização do experimento, o para-raios deverá ser instalado sobre um anteparo de material isolante, não permitindo o contato direto com a terra, de forma que toda a corrente que atravessa o para-raios seja direcionada para o resistor shunt.

Monte o circuito para geração e medição de alta tensão alternada conforme a Figura 4.

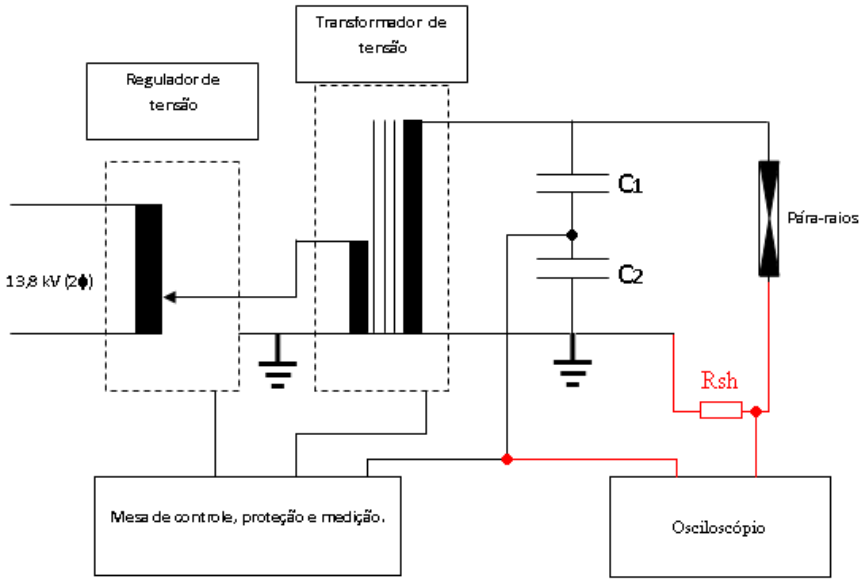

Figura 4 – Circuito para medição de corrente no pára-raios.

Anote a relação do divisor capacitivo e o valor da resistência do shunt utilizado.

Energize o para-raios utilizando a Mesa de controle e o Regulador de tensão.

Aumente a tensão gradativamente e meça a corrente de fuga no para-raios. Anote na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de tensão e corrente do para-raios sob ensaio.

Valor da tensão aplicada (kV)	**Valor da corrente medida (mA)**

III. Medição da temperatura utilizando a termovisão

Faça o registro térmico (termografia) do para-raios durante todo o experimento, porém é importante que suas imagens sejam registradas em três etapas: início, meio e fim.

IV. Medição da tensão residual para impulso de corrente 8/20μs

Nesse experimento será medida a tensão residual de um para-raios na região de alta corrente.

Sabendo que a tensão residual é aproximadamente proporcional a quantidade de pastilhas de ZnO do para-raios, iremos aplicar um impulso de corrente a uma amostra de 1 (uma) ou 2 (duas) pastilhas, calculando posteriormente a tensão total prevista no para-raios.

Será utilizado o circuito da figura 5 para a geração de um impulso de corrente de 10 kA no formato de 8/20μs.

O osciloscópio deve ser programado para gravar a forma de onda da tensão e da corrente a partir do momento de disparo.

O circuito dispõe de um resistor shunt e de um divisor de tensão misto que serão conectados ao osciloscópio, onde as formas de onda de tensão e corrente serão visualizadas.

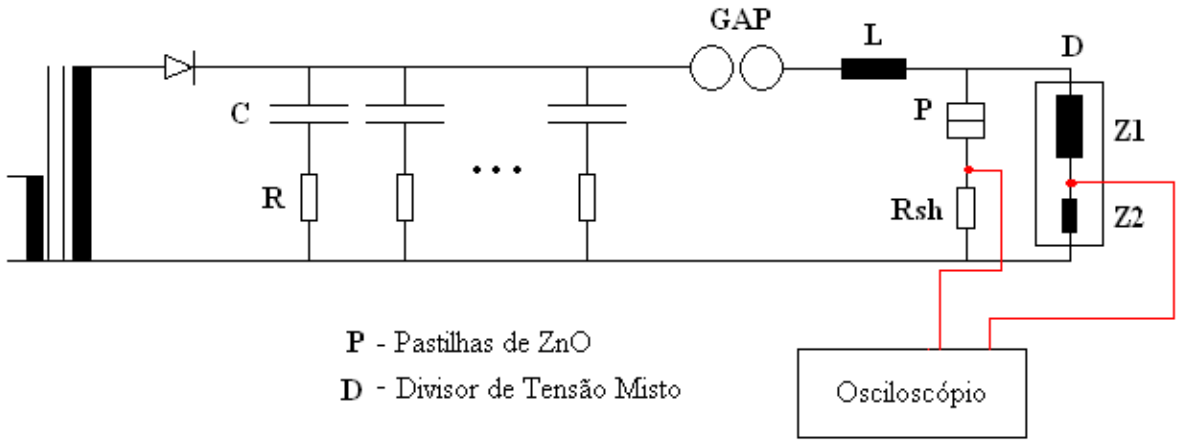

Figura 5 - Circuito para medição de tensão residual num para-raios

Aplique o impulso e anote os valores da tensão residual.

O relatório deverá conter:

Titulo;
Objetivo;
Materiais utilizados;
Descrição sucinta do experimento;
Análise e discussão dos resultados: questões, gráficos, comentários;
Conclusão;
Referências bibliográficas.