GRUPO – VIII

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

TÉCNICAS PREDITIVAS DE DIAGNÓSTICO DE PARA-RAIOS

Alexsandro Teixeira Gomes(*)
CEMIG-GT

FT Técnicas Preditivas de Diagnóstico de Para-raios
ABRATE

RESUMO

O trabalho apresenta uma avaliação da aplicação das técnicas preditivas de diagnóstico em para-raios de subestações de transmissão nas rotinas de manutenção das empresas integrantes da Associação Brasileira das Grandes Empresas de Transmissão de Energia Elétrica – ABRATE [1]. Apresenta também o estado da arte das técnicas disponíveis no mercado e em desenvolvimento.

PALAVRAS-CHAVE

Para-raios, Carboneto de Silício (SiC), Óxido de Zinco (ZnO), Expectativa de Vida, Defeito, Falha, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva, Diagnóstico, Termografia Infravermelha, Termovisor, Corrente de Fuga, Componente Resistiva, 3° harmônico, Miliamperímetro, Contador de Operações, LCM-500, EXCOUNT-II, ACM - Arrester Condition Monitor, DIAG e Descargas Parciais.

1.0 - INTRODUÇÃO

O trabalho foi realizado pela Força Tarefa (FT) de Técnicas Preditivas de Diagnóstico de Para-raios, vinculada ao Subgrupo de Manutenção de Equipamentos (SGME) do Grupo de Trabalho da Manutenção (GTM) da ABRATE.

Os fabricantes estimam a expectativa de vida útil dos para-raios em 20 anos, porém, conforme Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico, esse tempo é regulado em 24 anos [2].

Considerando as diversas solicitações elétricas, mecânicas e ambientais impostas aos para-raios, torna-se necessário um diagnóstico consistente ao longo da vida útil desses equipamentos para a prevenção de falhas.

O trabalho apresenta um resumo das técnicas preditivas de diagnóstico de para-raios utilizadas pelas empresas, com relação à experiência na aplicação, eficácia no diagnóstico, condições, complexidade e grau de risco na execução, sensibilidade a variáveis externas, e custo/benefício.

O trabalho é relevante considerando a importância dos para-raios na transmissão, no que diz respeito ao próprio para-raios como ativo e principalmente aos danos que uma eventual falha pode causar, tanto às pessoas envolvidas quanto aos outros ativos do Sistema de Transmissão.

2.0 - POPULAÇÃO DE PARA-RAIOS

Segundo dados de 2010, colhidos das empresas integrantes da ABRATE, a população dos para-raios SiC e ZnO até 500 kV é de 18.273 unidades, distribuídos em 42% de para-raios SiC e 58% de para-raios ZnO.

(*)av. Barbacena, 1200 - 13º andar - ala B2, Santo Agostinho – CEP 30.190-131, Belo Horizonte, MG – Brasil
Tel: (+55 31) 3506-4428 – alexsandro.teixeira@cemig.com.br

Comparando esses dados com o percentual de para-raios SiC e ZnO de 13,8 kV a 765 kV instalados no Sistema Elétrico Brasileiro, (dados de 2004) [5], onde haviam 64% de para-raios SiC e 36% de para-raios ZnO, percebe-se que os para-raios SiC vêm sendo gradativamente substituídos, o que evidencia que esses para-raios, de tecnologia obsoleta, estão chegando ao fim de sua vida útil.

3.0 - TÉCNICAS PREDITIVAS DE DIAGNÓSTICO DE PARA-RAIOS

Os resultados da consulta técnica sobre as práticas de manutenção preditiva das empresas integrantes da ABRATE estão compilados na Figura 1:

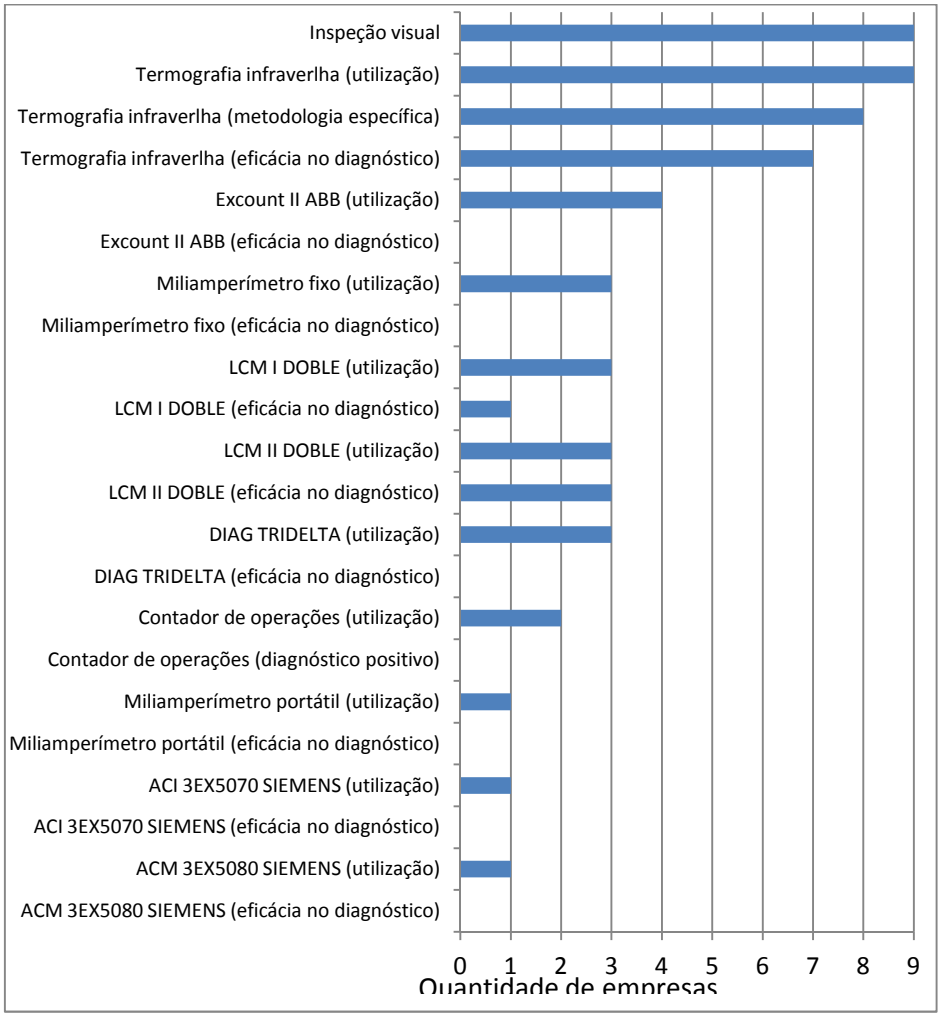


FIGURA 1 – Técnicas preditivas de diagnóstico de para-raios utilizadas pelas empresas integrantes da ABRATE

3.1 Termografia infravermelha

De acordo com os resultados da consulta técnica (Figura 1), a termografia infravermelha foi confirmada como a técnica de manutenção preditiva mais utilizada para o diagnóstico de para-raios. Destaca-se também a necessidade de utilização de metodologias específicas de inspeção e análise para o sucesso da técnica.

Os critérios de limites de temperatura não ultrapassam 10℃ (limite usado historicamente), e os níveis de criticidade 1 e 2 situam-se em média entre 3 e 9℃. Tais critér ios, juntamente com as metodologias de inspeção e análise, têm permitido um diagnóstico bastante consistente e seguro dos defeitos, evitando falhas de para-raios.

Curiosamente, esse resultado é contrário à caracterização tradicionalmente dada para a termografia infravermelha, principalmente devido à dificuldade em se determinar, com relativa precisão, o valor de temperatura a partir da qual um determinado projeto de para-raios pode ser considerado defeituoso [5].

A termografia é considerada relativamente complexa, requerendo treinamento e experiência do termografista para a obtenção de bons resultados. Da mesma forma, diversos parâmetros devem ser considerados, como o de se evitar inspeções durante períodos com alta insolação [5].

A metodologia especifica de inspeção termográfica, com tomadas de imagens em 3 ângulos diferentes no para-raios, permite a identificação mais efetiva de anomalias térmicas na parte ativa [6, 16, 19], Figura 2.

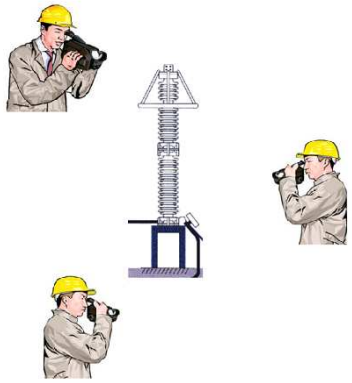


Figura 2 – Inspeção termográfica em três ângulos

Além da inspeção em 3 ângulos, detaca-se a utilização de 4 metodologias para a análise dos padrões térmicos do para-raios [11, 15, 18, 20]: análise da levação de temperatura em relação à temperatura ambiente; análise comparativa em relação a para-raios adjacentes (mesmo modelo/família); análise do perfil térmico do para-raios (Δt intrínseco - temperatura máxima – temperatura média); e taxa de crescimento da temperatura e das diferênças de temperatura.

3.1.1 Automação

O monitoramento contínuo através da termografia infravermelha vem sendo objeto de vários trabalhos e pesquisas [5] . Na visão da FT, um sistema de monitoramento termográfico em subestações de transmissão de forma abrangente pode não ser efetivo, devido às dimensões dos equipamentos e distâncias envolvidas, além de ser bastante oneroso, considerando o grande n° de câmer as e demais componentes do sistema. Contudo, um sistema de monitoramento para aplicações específicas, em função da importância, pode ser viável.

Existem linhas de pesquisa destinadas à análise de padrões térmicos de defeitos em para-raios, com diagnóstico automatizado baseado em Redes Neurais Artificiais (RNA) [18]. Nesse sistema, a rede é treinada com padrões térmicos de defeitos, e o diagnóstico é realizado por comparação entre as imagens térmicas capturadas e o banco de dados que alimenta a RNA.

A FT considera que os trabalhos dessa natureza são promissores, porém ainda devem ser validados com casos reais (de campo) e correlacionados com outras técnicas de diagnóstico.

3.1.2 Termovisores

Os termovisores evoluíram muito desde a década de 60, e continuam a evoluir. Atualmente, os termovisores de alta resolução (307.200 pixeis), por possuirem uma capacidade maior de localização de pequenos gradientes de temperatura em um objeto inspecionado à distância, se mostram mais adequados para diagnosticar defeitos em para-raios.

Destaca-se, então, a necessidade da correta especificação dos termovisores, principalmente em relação à resolução e à sensibilidade térmica, devido às pequenas diferenças de temperatura que caracterizam defeitos em para-raios e às grandes distâncias dos pontos de medição [6].

Sugestões da FLIR de termovisores para diagnóstico de para-raios: termovisor com resolução térmica de 307.200 pixels e sensibilidade térmica de 40 mK; e termovisor de 76.000 pixels e 25 mK.

Foi consenso na FT que o fator determinante para inspeção termográfica em para-raios é a sensibilidade térmica, porque pequenas elevações de temperatura podem indicar problemas incipientes.

3.1.3 Casos de diagnóstico de para-raios

As Figuras 4 e 5 apresentam exemplos anomalia térmicas em para-raios [16, 19].

No caso da anomalia térmica da Figura 4, havia sido evidenciado elevação da componente resistiva de 3ª harmônica com o instrumento LCM-II, conforme Figura 7.

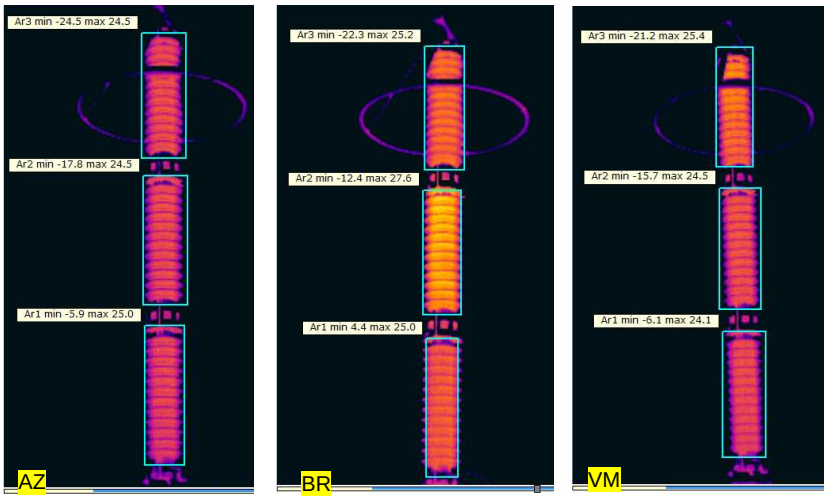


Figura 4 – CEMIG – Exemplo de anomalia térmica em para-raios
(Fabricante ASEA, Modelo XAP-362, ZnO, Δt adjacente 3,1℃)

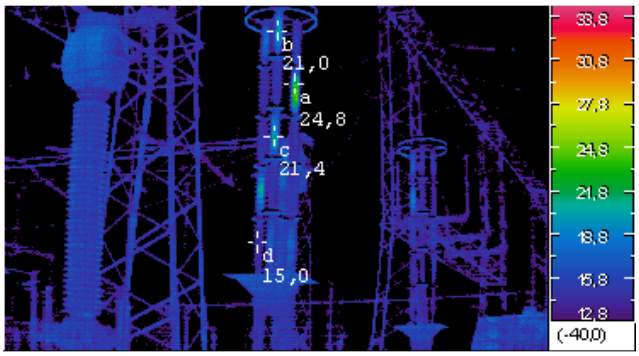


Figura 5 – COPEL – Exemplo de anomalia térmica em para-raios Tyco, polimérico, série paralelo, ZnO de 192 kV

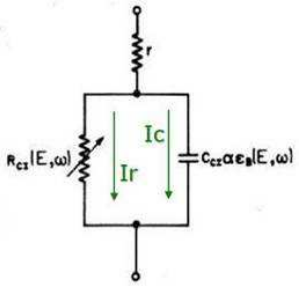
A Figura 5 exemplifica anomalias encontradas em 18 para-raios com Δt adjacente de 6 à 12,9 ℃. Esses para-raios foram ensaiados em fábrica, sendo constadada elevação da corrente de fuga na tensão de referência e descargas parciais acima dos critérios do fabricante (10 pC).

3.2 Medição da corrente de fuga total com miliamperímetro fixo ou portátil, contadores de operação

A medição da corrente de fuga total com miliamperímetro fixo ou portátil, e o contador de operações não têm se mostrado eficazes nas rotinas de manutenção das empresas. No caso dos miliamperímetros, utilizados apenas em para-raios de ZnO, eles apresentam baixa sensibilidade para diagnosticar as condições de defeitos incipientes.

3.3 Medição da componente resistiva e do 3° harmôni co da corrente de fuga total em para-raios ZnO

Essas técnicas têm relativa confiabilidade e eficácia, porém são de difícil aplicação, considerando a complexidade de utilização e a necessidade de treinamento especializado [5]. A experiência das empresas integrantes da ABRATE é pequena na utilização dessas técnicas, apesar da norma IEC 60099-5 [4] apresentar a técnica como uma alternativa eficaz e viável para o diagnóstico.



Em regime permanente, a corrente que flui pelo para-raios ZnO é dependente do campo elétrico e da temperatura e apresenta as componentes:

- Ic - Componente capacitiva: predominante para amplitudes de tensão até as proximidades da tensão de referência.
- Ir - Componente resistiva (com alto conteúdo de 3º harmônico): responsável pelas perdas por efeito Joule (de 10 a 20 % da Itotal).

Figura 6 - Componentes da corrente que flui pelo para-raios ZnO [4, 8]

A seguir, são apresentadas algumas considerações e conclusões relevantes do P&D ANEEL – ELETROSUL e UFSC [20], que tratou da avaliação das metodologias B1 e B2 da IEC 60099-5 para medição da corrente de fuga de para-raios ZnO, sendo avaliados os instrumentos LCM-II (método B2) e o instrumento DIAG (método B1):

- Confirmação dos parâmetros de monitoramento dos instrumentos LCM-II e DIAG.
- Confirmação da influencia da temperatura ambiente, tensão aplicada ao para-raios e das interferências eletromagnéticas sobre as medições.
- Necessidade de blindagem do campo elétrico para o instrumento DIAG.
- Para monitoramento da corrente de fuga de para-raios, o DIAG foi o mais recomendado pelo projeto por apresentar bom desempenho, maior rapidez nas medições e menor custo.
- Recomendação do LCM-II para confirmação do diagnóstico pela termografia e pelo DIAG, porque os limites de degradação dos para-raios são estabelecidos pelos fabricantes com base na componente resistiva da corrente de fuga.

A experiência com a utilização do LCM-II é pequena, e após discussão da FT com o fabricante foram exclarecidos os parâmetros de avaliação, e os procedimentos básicos para as medições em campo [15]:

- Parametros de avaliação: valor da componente resistiva da corrente de fuga de 3 a 5pu do valor inicial caracteriza um para-raios ZnO com defeito.
- Verificar se os sensores de campo e corrente estão instalados conforme recomendado.
- Verificar se o instrumento foi devidamente parametrizado com as características do para-raios e do sistema.
- Verificar se houve variações no sistema.
- Realização de medições subsequentes para confirmação do diagnóstico.

A Figura 7 apresenta o caso de um para-raios ASEA, Modelo XAP-362, ZnO que foi retirado de operação por elevação da componente resistiva da corrente de fuga [15]. Esse para-raios posteriormente foi identificado com anomalia térmica, conforme Figura 4.

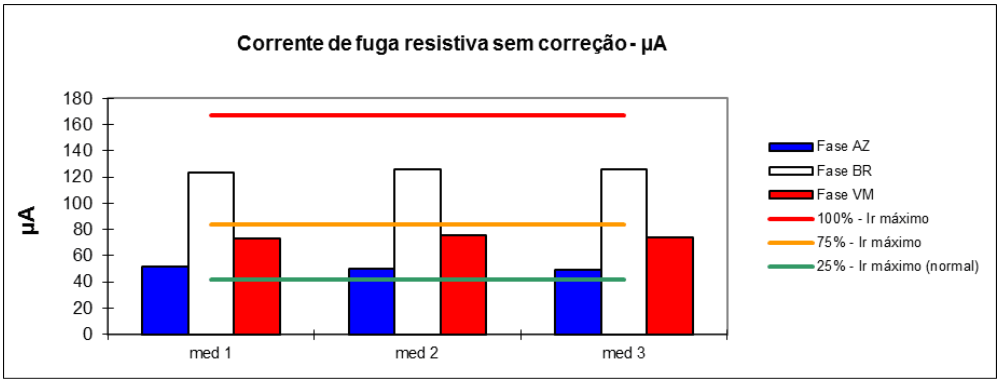


Figura 7 – CEMIG - Elevação da componente resistiva da corrente de fuga em para-raios ASEA, Modelo XAP-362, ZnO

A ELETRONORTE tambem tem experiência efetiva com o DIAG no diagnóstico de para-raios ZnO, com a técnica de diagnóstico de para-raios desenvolvida juntamente com o CEPEL, que correlaciona a termografia com a medição da corrente de fuga.

Considerações relevantes: existe a necessidade de diagnostico dos para-raios por tipo (SiC ou ZnO) e por famílias de equipamentos (modelos de um mesmo fabricante); a relação entre os valores de pico e eficaz da corrente de fuga dos para-raios ZnO também é um bom indicador de degradação.

A Tabela 1 apresenta um resumo das características dos instrumentos de medição da corrente de fuga de para-raios ZnO disponiíveis no mercado e avaliados pela FT.

Tabela 1 – Características dos instrumentos de medição da corrente de fuga de para-raios ZnO

CARACTERÍSTICA DOS INSTRUMENTOS	LCM-500 DOBLE	EXCOUNT-II ABB	ACM SIEMENS	DIAG TRIDELTA
PARÂMETROS DE MONITORAMENTO				
Corrente de fuga total (pico)	X	X	X	X
Corrente de fuga total (eficaz)				X
Corrente de fuga capacitiva	X			
Componente resistiva da corrente de fuga total (IEC/B2)	X	X	X	
3º harmônica da corrente de fuga total (IEC/ B1)				X
N° de impulsos		X	X	
Amplitude dos impulsos		X	X	
Energia dos impulsos			X	
Medição prolongada	X			
Medição remota	X	X	X	
INFORMAÇÕES OPERACIONAIS E DE APLICAÇÃO				
Portátil para utilização abrangente	X			X
Fixo para utilização especifica em um para-raios		X	X	
Aplicável a qualquer para-raios (fabricante)	X	X		X

A norma IEC 60099-5 e os fabricantes (DOBLE e ABB) afirmam a superioridade do método B2 em campo, no entanto, o método B1 (instrumento DIAG da TRIDELTA) tambem apresenta bons resultados conforme verificado pela FT. O desempenho dos métodos de diagnostico de para-raios ZnO, conforme proposta do projeto de norma 03:037.04-001 do COBEI [24] e norma IEC 60099-5 é apresentado na Tabela 2; e o desempenho conforme experiência das empresas da ABRATE e conclusões da FT é apresentado na Tabela 3.

Tabela 2 - Métodos de diagnostico de para-raios ZnO - projeto de norma 03:037.04-001 do COBEI e norma IEC 60099-5

Método de diagnóstico	Condição		Experiência de Aplicação
	Fora de Serviço	*Em Serviço*	
Indicador de falta		x	Limitada
Desligador		x	Ampla (a)
Contador de descarga		x	Ampla
Centelhadores de monitoramento	x	x	Ampla (b)
Medição de temperatura		x	Limitada
Medição da corrente fuga - Usando uma fonte de tensão separada - Usando a tensão de serviço	x	 x	 - -
(a) Com para-raios de média tensão. (b) Em certos países.			

Tabela 3 - Métodos de diagnostico baseado na experiência das empresas integrantes da ABRATE

Método de diagnóstico	Condição		Experiência de Aplicação
	Fora de Serviço	*Em Serviço*	
Indicador de falta		x	**Ineficaz**
Desligador		x	**n.a. (a)**
Contador de descarga		x	**Ineficaz**
Centelhadores de monitoramento	x	x	**n.ut.**
Medição de temperatura		x	**Ampla**
Medição da corrente fuga - Usando uma fonte de tensão separada - Usando a tensão de serviço	x	 x	 - -
n.a. = não aplicável(a) subestações de transmissão. n.ut. = não utilizado			

Os métodos de medição da corrente de fuga de para-raios ZnO, conforme proposta do projeto de norma 03:037.04-001 do COBEI e norma IEC 60099-5 são apresentados na Tabela 4; e os métodos conforme experiência das empresas da ABRATE são apresentados na Tabela 5.

Tabela 4 - Métodos de medição da corrente de fuga de para-raios ZnO, conforme proposta do projeto de norma 03:037.04-001 do COBEI e norma IEC 60099-5

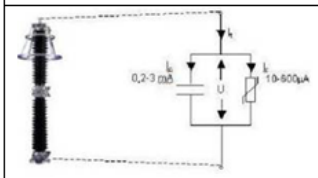
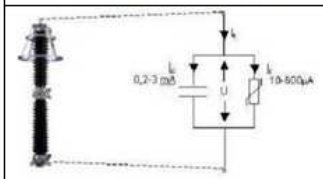
Métodos de medição de corrente de fuga	Método N°.	Sensibilidade em relação a			Eficiência diagnóstico		Experiência Aplicação
		Harmônicos na tensão	Dependência na medição da tensão ou corrente	Corrente de superfície	Qualidade de informação	Complexidade de operação	
Fonte de tensão c.c. separada		n.a.	n.a.	alta	alta	alta	limitada
Tensão de serviço ou fonte de tensão a.c. separada							
Medição da corrente de fuga total		baixa	baixa	média	baixa	baixa	ampla
Medição da corrente de fuga resistiva							
- usando tensão de referência	A1	média	alta	alta	média	alta	limitada
- usando capacitor de compensação	A2	média	alta	alta	média	alta	limitada
- usando compensação sintética	A3	média	alta	alta	média	baixa	i.n.d.
- usando cancelamento da corrente capacitiva	A4	alta	alta	alta	baixa	baixa	limitada
Análise de harmônicos da corrente de fuga							
- usando terceira harmônica	B1	alta	baixa	baixa	média	baixa	ampla
- usando terceira harmônica com compensação	B2	baixa	baixa	baixa	alta	média	ampla
- usando harmônica de primeira ordem	B3	baixa	alta	alta	média	alta	limitada
Medição das perdas	C	baixa	alta	alta	média	alta	n.a.
Notas – n.a. = não aplicável; i.n.d. = informação não disponível							

Tabela 5 - Métodos de medição da corrente de fuga de para-raios ZnO conforme experiência das empresas da ABRATE

Métodos de medição de corrente de fuga	Método N°.	Sensibilidade em relação a			Eficiência diagnóstico		Experiência Aplicação
		Harmônicos na tensão	Dependência na medição da tensão ou corrente	Corrente de superfície	Qualidade de informação	Complexidade de operação	
Fonte de tensão c.c. separada		n.a.	n.a.	alta	alta	alta	**n.ut.**
Tensão de serviço ou fonte de tensão a.c. separada							
Medição da corrente de fuga total		baixa	baixa	média	baixa	baixa	ampla
Medição da corrente de fuga resistiva							
- usando tensão de referência	A1	média	alta	alta	média	alta	**n.ut.**
- usando capacitor de compensação	A2	média	alta	alta	média	alta	**n.ut.**
- usando compensação sintética	A3	média	alta	alta	média	baixa	i.n.d.
- usando cancelamento da corrente capacitiva	A4	alta	alta	alta	baixa	baixa	**n.ut.**
Análise de harmônicos da corrente de fuga							
- usando terceira harmônica	B1	alta	baixa	baixa	**alta**	baixa	**limitada**
- usando terceira harmônica com compensação	B2	baixa	baixa	baixa	alta	**baixa**	**limitada**
- usando harmônica de primeira ordem	B3	baixa	alta	alta	média	alta	**n.ut.**
Medição das perdas	C	baixa	alta	alta	média	alta	n.a.
Notas – n.a. = não aplicável; i.n.d. = informação não disponível; n.ut = não utilizado							

3.4 Medição da componente resistiva da corrente de fuga – P&D CHESF e UFCG

Foi avaliado um sistema de monitoramento de para-raios, um dos produtos desenvolvido no P&D ANEEL 2004-2005 - Monitoramento Remoto e Ferramenta de Apoio ao Diagnóstico de Falhas de Para-raios ZnO (CHESF e UFCG). Baseado na observação do conteúdo ortogonal existente entre as componentes resistiva e capacitiva da corrente de fuga total, o instrumento mede as correntes de fuga e suas componentes. Para isso, utiliza um sensor indutivo para medição da corrente e o TP da barra para a tensão.

Nas medições realizadas, os resultados mostraram:

- que a corrente de fuga total (pico) é similar às medições dos instrumentos LCM-II e DIAG;
- que a corrente de fuga total (eficaz) apresenta pequena diferença em relação à medição do DIAG;
- que componente resistiva da corrente de fuga é diferente das medidas do LCM-II e DIAG.

Uma desvantagem observada é a dependência da tensão de alimentação do para-raios, que em alguns casos pode ser de difícil implementação ou não estar disponível em função do arranjo da subestação. Destaca-se a necessidade da execução de medições comparativas em laboratório entre o Protótipo UFCG/CHESF com os demais instrumentos disponíveis no mercado, para uma análise crítica de sua eficácia.

3.5 Avaliação de Para-Raios por meio das Descargas Parciais - CEPEL

Refere-se à experiência na aplicação da técnica de descargas parciais (DPs) em para-raios em operação, pertencentes a FURNAS - alguns com mais de 30 anos de operação, utilizando uma técnica não convencional, por meio de TCs de Alta Frequência.

O trabalho foi motivado pela a ineficácia das técnicas preditivas (termografia e medição da 3° harmôni ca da corrente de fuga) em diagnosticar defeitos incipientes.

A medição de descargas parciais em para-raios é possível porque, geralmente, o para-raios é montado em bases isolantes e aterrado em um único ponto. A medição é feita no cabo de aterramento, através de um TC para alta frequência (1 a 10 MHz).

São aspectos positivos dessa técnica: realização do ensaio com o para-raios energizado, a rapidez na realização dos ensaios (até 80 par-raios/dia) e baixo custo.

A FT considera que essa técnica bastante é consistente, acreditando na experiência do CEPEL e FURNAS. Ccontudo, considera também a necessidade da criação de um banco de dados dos casos de sucesso, principalmente correlacionando os resultados com outras técnicas de diagnóstico e com a inspeção dos para-raios.

4.0 - CONCLUSÃO

A Tabela 6 apresenta uma análise comparativa das Técnicas Preditivas de Diagnóstico de Para-raios de acordo com o conteúdo desse relatório.

Tabela 6 - Análise comparativa das Técnicas Preditivas de Diagnóstico de Para-raios de acordo com o conteúdo desse relatório

Método de Diagnóstico	Aplicação		Eficácia no diagnóstico (condição)						Complex. Execução / Diagnóstico	Risco na execução*1	Sensib. variáveis externas	Experiência na aplicação	Custo do Instrum.	Custo / benefício utiliz. *2
	Fora de serviço	Em serviço	SiC insipiente	ZnO insipiente	SiC inicio degradação	ZnO inicio degradação	SiC risco falha	ZnO risco falha						
Termografia		X	Baixa	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Média	Alta	Alto	Baixo
Comp. Resistiva da corrente de fuga		X	Nenhuma	Baixa	Nenhuma	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Alto	Alto
3° harmônica da corrente de fuga		X	Nenhuma	Baixa	Nenhuma	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Alta	Média	Médio	Médio
Corrente de fuga total com miliamperímetro		X	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta	Baixo	Alto
Contador de operações		X	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Baixo	Alto
Inspeção visual		X	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Baixo	Médio
Descargas Parciais		X	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Nenhuma	Médio	Alto
Perdas dielétricas	X		Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Baixa	Baixa	Alta	Média	Baixa	Alta	Alto	Alto
Resistência isolamento	X		Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Baixa	Baixa	Média	Média	Baixa	Alta	Médio	Alto

*1 Refere-se à análise comparativa dos riscos na execução as técnicas avaliadas.

*2 O custo/benefício foi definido como a razão entre o custo de aplicação da técnica, incluindo a aquisição, e o seu benefício na gestão do desempenho dos para-raios.

No sistema elétrico, os para-raios SiC vem sendo substituídos por ZnO devido fim de sua vida útil. Assim, a tendência num futuro próximo é termos apenas para-raios ZnO instalados no sistema.

Dentre as técnicas preditivas de diagnóstico de para-raios SiC, a termografia é a técnica considerada mais efetiva, permitindo a retirada do equipamento antes da falha. Foi verificado também que a medição de descargas parciais em campo é bastante consistente no diagnóstico, porém, ainda há a necessidade de mais experiência de aplicação por parte das empresas, com a criação de um banco de dados dos casos de sucesso, e principalmente correlacionando os resultados com outras técnicas de diagnóstico e com a inspeção dos para-raios após a retirada.

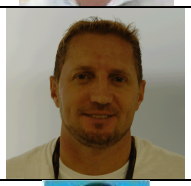
Dentre as técnicas preditivas de diagnóstico de para-raios ZnO a termografia é a técnica considerada mais efetiva, permitindo a retirada do equipamento antes da falha. A termografia evita a falha, mas não permite avaliar a evolução da degradação dos blocos de ZnO para uma substituição planejada. A medição de descargas parciais em campo pode ser uma alternativa para acompanhar a evolução, mas ainda necessita também de uma maior experiência das empresas.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Associação Brasileira das Grandes Empresas de Transmissão de Energia Elétrica – ABRATE. http://www.abrate.com.br.
[2] http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012474.pdf.
[3] – ABRATE, “Relatório técnico GTM/SGME nº 007/2007 Critérios, atividades e periodicidade de manutenções adotadas pelas empresas”.
[4] – IEC, “IEC 60099-5 – Surge arresters – Selection and application recommendations”, 2000.
[5] Franco, J. L., TE Conectivity, “Técnicas de monitoramento e critérios para diagnóstico em para-raios para aplicação em subestações”, 2010.
[6] Silva, N. S., CEMIG, “Experiência da CEMIG - Distribuição na Manutenção Preventiva de Para-raios”, 2010.
[7] Guedes, M, FLIR, “Termografia - Novas Tecnologias”, 2010.
[8] Galera, R. E., DOBLE, “Manutenção preventiva pela medição “on-line” da corrente de fuga resistiva de para-raios de óxido de zinco”, 2010.
[9] Moure, E., ABB, “Monitoramento ABB EXCOUNT-II”, 2010.
[10] Martinez, A. C., SIEMENS, “Monitoramento das Condições dos PR´S ACM”, 2010.
[11] Rafailov, A., TRIDELTA, “Diagnóstico da corrente de fuga de para-raios”, 2010.
[12] Astarita, V., CEEE, “Experiência com a utilização da termografia infravermelha no diagnóstico de para-raios”, 2011.
[13] Santos, F. M. L., CEMIG, “Ensaios de tipo e de recebimento de para-raios”, 2011.
[14] Gomes A. T, CEMIG, “Manutenção preventiva em para-raios”, 2011.
[15] Gomes A. T, CEMIG, “Diagnóstico preditivo de para-raios através da medição da corrente de fuga”, 2011.
[16] Gomes A. T, CEMIG, “Diagnóstico preditivo de para-raios através da termografia infravermelha”, 2011.
[17] Gomes A. T, CEMIG, “Diagnóstico de Para-raios SiC”, 2011.
[18] Costa, E. G., “P&D ANEEL 2004-2005 - Monitoramento Remoto e Ferramenta de Apoio ao Diagnóstico de Falhas de Para-raios ZnO (CHESF e UFCG)”, 2011.
[19] Scremim, M., COPEL, “Experiência com a termografia infravermelha”, 2011.
[20] Sanchez, T. B., ELETROSUL, “Gestão de ativos para-raios – Plano de manutenção”, 2011.
[21] Bragra, P. R. O., ELETRONORTE, “Metodologia de diagnóstico de para-raios”, 2011.
[22] Demarchi, T. F., Itaipu, “Diagnóstico de para-raios”, 2011.
[23] Amorim, H. P., “Avaliação de Para-Raios por meio das Descargas Parciais”, 2012.
[24] – ABENT – COBEI, “Projeto de norma 03:037.04 – Guia de aplicação de para-raios a óxido-metálico, sem centelhadores, para circuitos de potência”.
http://www.cobei.org.br/Comissões_de_Estudo_do_CB_03.pdf.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

	Alexsandro Teixeira Gomes, natural de Coronel Fabriciano, Minas Gerais, nascido em 12 de dezembro de 1975. Pós-graduado em Sistema Elétrico de Potência pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (2008-2010), graduado em Engenharia Eletricista pelo Centro Universitário do Leste de Minas Gerais - Unileste-MG (1997-2003) e Técnico e Eletrotécnica pela Escola Técnica Juscelino Kubitschek (1991-1994). Ocupa o cargo de Engenheiro Sênior de Planejamento de Manutenção de Geração e Transmissão na Companhia Energética de Minas Gerais CEMIG, atuando como especialista em equipamentos de subestações de extra-alta tensão.
	Carlos Eduardo de Azevedo Dantas, nascido no Rio de Janeiro em 15 de Maio de 1970. Graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistema Elétrico de Potência pela Universidade Santa Úrsula do Rio de Janeiro - 2009, Cursou MBA em Gestão de Produção e Manutenção pela Universidade Federal Fluminense do Rio de Janeiro UFF- 2012. Sua experiência profissional se concentra nas atividades de Manutenção de Subestações da concessionária Light Serviços de Eletricidade S.A, Trabalhou como Engenheiro de Manutenção de Subestações do Grupo Abengoa Brasil e atualmente como Engenheiro de Equipamentos da concessionária State Grid Brazil Holding S.A.
	Carlos Iran Cardoso, natural de Santa Maria, Rio Grande do Sul, graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência, nascido em 28 de Março de 1952. Trabalhou também na AES SUL como Gerente de Operação e Manutenção. Hoje concentra sua experiência profissional nas atividades de Manutenção de Subestações na Companhia de Geração e Transmissão De Energia Elétrica do Rio Grande do Sul-CEEE GT.
	Henrique Gomes Mergulhão, natural de Recife, Pernambuco, nascido em 26 de março de 1981. Graduado em Engenharia Eletricista pela Universidade Federal de Pernambuco (2002-2007) e Técnico e Eletrotécnica pela Escola Técnica Federal de Pernambuco (1996-2000). Ocupa o cargo de Engenheiro Eletricista de Manutenção de Subestações na Companhia Hidro Elétrica do São Francisco CHESF, atuando como especialista em equipamentos de subestações de extra-alta tensão.
	Lúcio Volnei Galvani, natural de Grão Pará, Santa Catarina, nascido e 15 de abril de 1955. Com mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1999-2002), onde cursou a graduação no curso de Engenharia Elétrica. Atualmente atua como Engenheiro Sênior de Manutenção em instalações do Sistema de Transmissão na Empresa ELETROSUL – Centrais Elétricas S.A. Participou de Força Tarefa do CIGRÉ sobre Técnicas de Monitoramento e Diagnóstico para Para-raios - FT A3. 17-01 e de Grupo de Trabalho da ABRATE sobre o Estado da Arte para Medições dos Parâmetros para avaliação de Malhas de Terra de Subestações Energizadas. E atuou como coordenar Técnico no projeto de P&D para Avaliação de Para-raios ZnO Através de Metodologias de Monitoramento da Corrente de Fuga, desenvolvido pela ELETROSUL em parceria com a UFSC.

	Marco Antonio Leite Porto, natural de Brejo Santo, Ceará, Brasil, nascido em 12 de dezembro de 1966. Pós-graduado em Gestão da Manutenção pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (2005-2006), graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Fortaleza – Unifor - CE (1993-1998) e Técnico e Eletrotécnica pela Escola Técnica Federal do Ceará (1990 -1992). Ocupa o cargo de Engenheiro Eletricista de manutenção de subestações nível II, na Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF. Atuando no laboratório de ensaios do sistema de transmissão.
	Marcos Scremin, natural de Curitiba, Paraná , Brasil, nascido em 20 de Julho de 1974. Pós-graduado em Manutenção de Subestações pela Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI (2010-2011), graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Positivo - UNICENP (2001-2005), Técnico em Eletrônica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET-PR (1991-1994) e Eletricista Predial e Industrial pelo SENAI-PR (1990-1992).Trabalhou na Indústria na área de Manutenção e Engenharia de Manutenção Industrial, atualmente ocupa o cargo de Engenheiro pleno de Manutenção de Subestações na Companhia Paranaense de Energia Elétrica - COPEL.
	Moysés Antonio Moreira dos Santos, natural de Pires do Rio, Goiás, Brasil, nascido em 02 de fevereiro de 1982. Pós-graduado em Metodologia do Ensino Superior pela Faculdade Panamerica da de Ji-Paraná - UNIJIPA (2006-2008), graduado em Engenharia Eletricista pela Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG / Ituiutaba (2000-2004). Ocupa o cargo de Supervisor de Equipamentos na State Grid Brazil Holding S.A, atuando como especialista em equipamentos de subestações de extra-alta tensão.
	Paulo Roberto Oliveira Braga, natural de Belém, Pará, nascido em 25 de junho de 1967. Formado em Desenvolvimento de Sistema e de Software pela Universidade da Amazônia - UNAMA - Belém-PA (2003) e Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Federal do Pará (1986). Ocupa o cargo de Técnico Industrial de Engenharia de Manutenção da Transmissão na Centrais Elétrica do Norte do Brasil-ELETRONORTE, atuando como especialista em equipamentos de subestações de extra-alta tensão.
	Tácio Fonseca Demarchi, natural de São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil, nascido em 29 de setembro de 1979. Graduado em Engenharia Elétrica pelo Instituto Mauá de Tecnologia (1999-2004) e Técnico em Eletrônica pela Escola Técnica Estadual Lauro Gomes (1995-1997). Ocupa o cargo de Engenheiro Pleno II na Itaipu Binacional, na supervisão da equipe de ensaios da Divisão de Laboratório da Manutenção, com atuação em ensaios eletromecânicos e elétricos de alta e baixa tensão. Leciona a disciplina de “Técnicas de Alta Tensão" para o curso de Engenharia Elétrica na Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE.
	Thiago Bettin Sanchez – Nascido em Pelotas - RS, em 01 de janeiro de 1980. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Pelotas (UCPEL) – Pelotas/RS, 2001. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) – Palhoça/SC, 2010. Engenheiro na área de manutenção de equipamentos da ELETROSUL a partir de setembro de 2002. Iniciou sua carreira na ELETROSUL na OFCEN – Oficina Central de Equipamentos e atualmente exerce atua no setor no SEMAE – Setor de Engenharia de Manutenção de Equipamentos de Manobra e Serviços Essenciais pertencente ao Departamento de Engenharia de Manutenção (DEM).
	Zósimo Resende da Silva, natural de Recife Pernambuco, Brasil, nascido em 04 de abril de 1957, graduado como Técnico em eletrotécnica, pela Escola Técnica Federal de Pernambuco em 1986. Ocupa o cargo de Técnico Industrial de Nível Médio, no órgão normativo de Manutenção da Transmissão de Equipamentos de Manobras, na Companhia Hidro Elétrica do São Francisco deste 1988, com especialização e experiência profissional em Para-raios, Bancos de Capacitores, Disjuntores e Compensadores Estáticos, realizados pelos fabricantes fornecedores, com acompanhamento de desempenho operacional em campo.

FT Técnicas Preditivas de Diagnóstico de Para-raios

Nome	Empresa	e-mail
Alexsandro Teixeira Gomes*	CEMIG	alexsandro.teixeira@cemig.com.br
Anton Dvorsak	ELETRONORTE	anton.dvorsak@eletronorte.gov.br
Carlos Eduardo de A. Dantas	STATE GRID	carlos.dantas@stategridbr.com
Carlos Iran Cardoso	CEEE	carlosic@ceee.com.br
Henrique Gomes Mergulhão	CHESF	hgomes@chesf.gov.br
Lúcio Volnei Galvani	ELETROSUL	lgalvani@eletrosul.gov.br
Marco Antônio L. Porto	CHESF	marcop@chesf.gov.br
Marcos Scremin	COPEL	marcos.scremin@copel.com
Moyses Antônio M. dos Santos	STATE GRID	moyses.antonio@stategridbr.com
Paulo Roberto O. Braga	ELETRONORTE	paulo.braga@eletronorte.gov.br
Tacio Fonseca Demarchi	ITAIPU	taciofd@itaipu.gov.br
Thiago Bettin Sanchez	ELETROSUL	sanchez@ELETROSUL.gov.br
Vinicius Barcelos Astarita	CEEE	vinicius.astarita@ceee.com.br
Wandré Matos de Medeiros	ELETRONORTE	wandre.medeiros@eletronorte.gov.br
Zósimo Resende da Silva	CHESF	zrsilva@chesf.gov.br

* Coordenador.