Técnicas de Diagnóstico para a Identificação de Pára-raios Convencionais (SiC) Defeituosos em Serviço nas Redes Elétricas de Alta Tensão

A. Junqueira Fº J.L.de Franco J. Araripe Jr. F.Salgado Carvalho
C.V. Aquino M.J.de Oliveira W.R. Bacega J.M.S. Feitosa
M.K. Kobayashi R. Vaisman O. Kastrup Fº
P.R.T. Patrocínio

CESP CEPEL ELETROPAULO FURNAS

D.M. Leite M. Brugnaro R. Okuhara
FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ/UNESP

ABSTRACT

Surge arresters are applied to protect electrical apparatus against overvoltages. Many arresters have been damaged before the expected operating lifetime of the main equipment they are protecting, usually 25-30 years.

This paper presents laboratory and field tests that are being performed to fully investigate the performance of conventional silicon carbide gapped arresters and the main causes of their failures.

Diagnosis techniques for monitoring the conditions of surge arresters in service, to detect suspected units, are compared. Special attention is given to their field execution easiness and reliability.

RESUMO

Os pára-raios estação têm a importante função de limitar as sobretensões que podem ocorrer nas redes elétricas, protegendo os equipamentos das subestações e garantindo, também, segurança adequada às equipes de manutenção e de operação que circulam nos pátios dessas instalações. Contraditóriamente, os pára-raios não possuem, até hoje, técnicas de diagnóstico consensualmente definidas que possam identificar unidades defeituosas e inadequadas para continuar em serviço. Essa dificuldade deve-se, em grande parte, às características construtivas e operativas dos pára-raios convencionais : são dispositivos selados que não permitem a inspeção de seus componentes internos e, na maior parte do tempo, eles permanecem ligados à rede em condição de não condução. Os baixos índices de falha nos pára-raios novos induziram, há muito tempo, a uma despreocupação das empresas em relação aos registros e análise das falhas destes equipamentos. O cenário atual indica um aumento nestes índices provocado, provavelmente, pelo envelhecimento dos pára-raios convencionais instalados no sistema elétrico brasileiro. Este cenário levou um grupo de concessionárias(1), apoiadas pelo CEPEL e pela FEG, a montar um plano de trabalho para tentar solucionar o problema. A penetração de umidade, por perda de estanqueidade, tem sido a causa mais freqüente de problemas em pára-raios SiC (1), (2), (3).

PALAVRAS-CHAVE

Pára-raios Convencionais Tipo Estação; Superação de Equipamentos; Técnicas de Diagnóstico de Falhas; Carbureto de Silício

1.0 - INTRODUÇÃO

Os ensaios clássicos de perdas dielétricas (Doble) e resistência de isolamento (Megger), em pára-raios, têm tido sua validade questionada, já há algum tempo, para a identificação precisa de algumas anomalias internas nos pára-raios. Novas técnicas de manutenção preditiva têm sido pesquisadas com o objetivo de aliar sua praticidade de aplicação no campo, aos programas de manutenção periódica dos demais equipamentos das subestações. Dentro destas técnicas desponta a termovisão como uma das mais promissoras, além de medições da corrente de escoamento dos pára-raios, medições de radiointerferência e/ou radiação eletromagnética etc. Ensaios no campo (com fonte portátil) ou em laboratório, de tensão disruptiva de freqüência industrial, dão uma boa indicação das condições de disparo e da isolação dos "gaps" dos pára-raios convencionais (2), (4).

A grande variedade de fabricantes e tipos de pára-raios indicam a conveniência de um trabalho conjunto das empresas interessadas no problema, de forma a se ter soluções viáveis para aplicação no espectro mais amplo dos pára-raios instalados nos nossos sistemas e, também, a significativa vantagem que uma padronização dos critérios de avaliação dos pára-raios trará para a confiabilidade e segurança das subestações.

2.0 - SOLICITAÇÕES AOS PÁRA-RAIOS

Além da exposição às mais diversas condições climáticas, os pára-raios sofrem solicitações de natureza elétrica e térmica que podem se conjugar com fatores ambientais como, por exemplo, a poluição. Em muitas situações a perigosa combinação de "poluição + umidade" pode causar o disparo individual de um ou mais "gaps" e, por desbalanço do circuito de equalização, a atuação de todo o pára-raios para a tensão operativa da rede, o que pode resultar em sua explosão, ou queima (operação do dispositivo de sobrepressão), por incapacidade de resselagem (interrupção da corrente subseqüente de freqüência industrial).

3.0 - FATORES DE DEGRADAÇÃO E MECANISMOS DE FALHAS EM PÁRA-RAIOS CONVENCIONAIS

3.1 Perda de estanqueidade e penetração de umidade: alterações nas tensões disruptivas dos "gaps" e nos resistores não-lineares

A perda de estanqueidade dos pára-raios pode resultar em condensação de umidade e corrosão dos seus componentes metálicos, principalmente os "gaps", alterando suas tensões de disparo. A absorção de umidade pelos resistores de equalização afeta a equidistribuição do potencial ao longo dos "gaps", resultando, via de regra, em disparos não uniformes de alguns deles.
A absorção de umidade pelos resistores principais (SiC) pode comprometer a habilidade destes componentes de interromper a corrente subseqüente de freqüência industrial (que flui pelos resistores após um disparo provocado por surto tensão), provocando a condução sucessiva de corrente, em semi-ciclos de 60 Hz, através do pára-raios até sua explosão ou queima por sobreaquecimento. A umidade altera as tensões de disparo, degrada os componentes do circuito de equalização e altera a característica VxI dos resistores principais (5).

A absorção de umidade, pela película isolante externa dos resistores, pode ocasionar descargas por estas superfícies para impulsos de corrente de altas amplitudes, comprometendo definitivamente o isolamento externo dos resistores não lineares.

A penetração de umidade tem sido a principal causa de falhas em pára-raios : 86 % em sistemas de distribuição (3). Ela se infiltra por trincas que se formam, ao longo do tempo, na cimentação entre as porcelanas e flanges, por corrosão das gaxetas de vedação dos dispositivos de alivio de sobrepressão, por variações bruscas de temperatura etc.

A FEG/UNESP está iniciando uma pesquisa de identificação dos efeitos da umidade nos componentes dos pára-raios de distribuição, em conjunto com o Centro de Excelência de Distribuição da Universidade de São Paulo.

3.2 Contaminação externa das porcelanas

Depósitos nas superfícies das porcelanas dos pára-raios são verificados em condições particulares de certas regiões. Esta condição acarreta a elevação da corrente de fuga pela porcelana e afeta a equidistribuição de tensão ao longo dos "gaps", especialmente nos pára-raios multi-colunas como, por exemplo, o tipo SVS da Westinghouse, com danificação dos resistores de equalização por sobreaquecimento. A formação de bandas secas, entre as saias das porcelana, propicia o disparo individual de alguns "gaps", o que pode evoluir para a disrupção em cascata de todos eles, culminando com a explosão ou queima do pára-raios (3).

3.3 Degradação do circuito de equalização

A alteração das características dos componentes (resistores e capacitores) do circuito de equalização, com a umidade e/ou sobreaquecimento, pode provocar a operação indevida dos "gaps" quando ocorrem solicitações por sobretensões de 60 Hz.

3.4 Descargas internas

A ocorrência de descargas internas (corona) resulta na liberação de gases que prejudicam as propriedades químicas e dielétricas do material isolante que recobre a superfície dos resistores principais, desviando correntes para as superfícies dos resistores e evitando a atuação destes elementos na limitação e eliminação das correntes de 60 Hz subseqüentes aos disparos para os surtos de tensão. Tal fato pode comprometer a integridade dos componentes internos dos pára-raios em operações futuras.

3.5 Descargas de longa duração ou de alta intensidade / curta duração

Chaveamentos de grandes bancos de capacitores ou de linhas longas em vazio podem solicitar severamente os pára-raios quando dimensionados, especificados ou projetados inadequadamente, acarretando, via de regra, queima, perfurações ou trincas nos resistores principais. Impulsos de alta intensidade e de curta duração, podem concentrar-se num único ponto, perfurando os resistores principais.

4.0 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PÁRA-RAIOS EM OPERAÇÃO : TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO

As técnicas de diagnóstico utilizadas para avaliar o desempenho de pára-raios em operação deverão, sempre que possível, ser orientadas para ter uma praticidade e periodicidade que não sobrecarreguem os programas normais de manutenção das empresas. Algumas, pelo seu incipiente estágio experimental, vão exigir um tempo maior para desenvolvimento e maturação. No estágio atual do conhecimento acredita-se que, para os pára-raios convencionais, nenhuma delas poderá, sozinha, definir com absoluta certeza as condições de todos os componen-

tes internos dos pára-raios: somente o uso conjugado de algumas das técnicas e o acompanhamento periódico do comportamento dos pára-raios durante sua vida útil, para balizar tendências de mau funcionamento, poderão fornecer diagnósticos mais precisos na identificação de unidades defeituosas.

4.1 Perdas dielétricas

Ensaio clássico realizado com o Doble, equipamento de teste que mede o fator de potência e as perdas dielétricas. O procedimento de ensaio é feito por comparação destas perdas, para uma determinada tensão aplicada de ensaio, com resultados de ensaios de aceitação, ou com tabelas de valores típicos da Doble Co. para pára-raios similares, ou por medições comparativas com unidades adjacentes etc. A Doble Co. relaciona praticamente todas as causas de falha como identificáveis pelo seu equipamento. Todos os 5 pára-raios ensaiados no CEPEL, listados no item 4.3.1.b, foram submetidos às medições de perdas dielétricas e resistência de isolamento (item 4.2). Os valores medidos foram considerados adequados pelas equipes de manutenção de FURNAS, executoras desses ensaios.

4.2 Resistência de isolamento

Este ensaio, da mesma forma que o de perdas dielétricas, já é utilizado há muitas décadas. Os procedimentos são, inclusive, similares : medições comparativas com os registros de aceitação, com equipamentos similares na mesma subestação etc. De qualquer forma, as novas pesquisas deverão contemplar comparações com este tipo de metodologia clássica, face aos questionamentos ainda existentes sobre sua eficiência.

4.3 Ensaios de tensão disruptiva de 60 Hz

As Normas Técnicas de pára-raios estabelecem que a tensão mínima de disparo (U_{60Hz}), para pára-raios instalados em sistemas de transmissão, deve ser acordada entre fabricante e usuário. Este valor mínimo deve estar na faixa de 1,35 a 1,5 vezes sua tensão nominal (U_n). O pára-raios é considerado defeituoso se disparar para tensões entre 1,0 a 1,35 - 1,5 vezes U_n(tensão nominal do pára-raios). A ELETROPAULO e a CESP já incorporaram este procedimento em seus programas periódicos de manutenção preventiva em pára-raios.

4.3.1 Ensaios de laboratório

a) CESP - Centro de Manutenção de Bauru
A CESP realiza ensaios de tensão disruptiva de 60 Hz nos pára-raios retirados de serviço por medições termográficas (item 4.6).

b) CEPEL
Durante o evento da referência (1) foram ensaiados os seguintes pára-raios :
- cedidos pela CESP: 3 exemplares ASEA, modelo XAD-132 (10 kA) e 1 exemplar SKODA, modelo GZS-123 (10 kA), todos com 3 seções;
- cedido por FURNAS : 1 exemplar WESTINGHOUSE, modelo SVS-120 (10 kA), de 1 seção.

Os ensaios foram realizados a seco e sob chuva; em seções individuais; em pára-raios completos, com e sem anel anti-corona. Os resultados (ver Tabelas 1 e 2) foram:

- o pára-raios SKODA apresentou redução na tensão disruptiva de 60 Hz - sob chuva - de 17% em relação ao ensaio a seco. Este fato coincide com menções da literatura, citando a chuva como um dos possíveis fatores de falha em certos projetos de pára-raios;

- o pára-raios SKODA apresentou tensão disruptiva de 60 Hz sob chuva inferior ao valor mínimo de catálogo. Adicionalmente, apresentou tensão disruptiva a impulso atmosférico superior ao valor máximo de catálogo. Estes resultados demonstraram que os componentes dos "gaps" se apresentavam deteriorados, o que foi confirmado através da inspeção visual posterior (ver Figura 1);

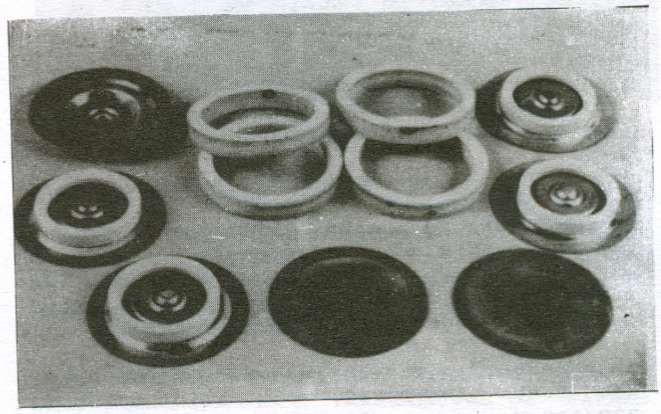


FIGURA 1 - Componentes dos "gaps" : centelhadores e resistores de equalização(SKODA)

- os pára-raios ASEA apresentaram tensão disruptiva de 60 Hz inferior aos valores mínimos admissíveis de norma e de catálogo. Esta condição caracterizaria uma possível alteração das condições normais dos "gaps".

- os resultados de ensaios das tensões disruptivas em seções individuais dos pára-raios, com o pára-raios montado, ou nas seções individualmente separadas (ver Tabela 1), não mostraram diferenças apreciáveis. Deste resultado, pode sair a recomendação de serviço para a aplicação das tensões de ensaio, através de fonte portótil no campo, nas seções individuais dos para-raios sem a necessidade de desmontá-los (ver Figura 2 e Tabela 1).

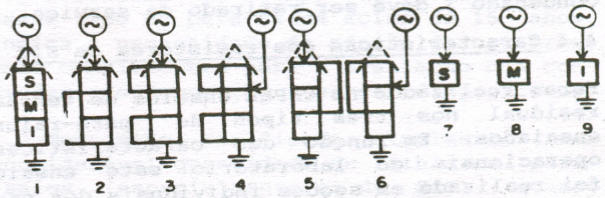


FIGURA 2 - Arranjos de ensaios de tensão disruptiva de freqüência industrial

TABELA 1 - INFLUÊNCIA DAS POSSÍVEIS CONFIGURAÇÕES DE ENSAIOS NA TENSÃO DISRUPTIVA DE 60 Hz (CEPEL)

TENSÃO DISRUPTIVA (kV) - MEDIA DE 10 APLICAÇÕES				
ARRANJO	PÁRA-RAIOS SKODA		PÁRA-RAIOS ASEA	
	C/ ANEL	S/ ANEL	C/ ANEL	S/ ANEL
1	274	274	204	189
2	—	102	87	89
3	92	92	74	74
4	—	92	73	—
5	—	100	76	76
6	—	—	76	76
7	—	103	—	93
8	—	92	—	74
9	—	99	—	78

ARRANJOS EQUIVALENTES : 2 e 7 // 3, 4 e 8 // 5, 6 e 9

TABELA 2 - ENSAIOS REALIZADOS NO CEPEL

	Tensão Disruptiva de 60 Hz Média de 10 Aplicações (kV)			Tensão Disruptiva Imp. Atmosférico (kV)		Tensão Residual para 10 kA (kV)	
	A Seco		Sob Chuva	Ensaio	Catálogo Max	Ensaio	Catálogo Max
	Ensaio	Catálogo					
1	253	Min 220	233	270 (-)	304	542	350
2	201	Min 210	187	257 (-)	345	301	345
3	270	Min 246	224	234 (-)	304	421	418

1 - PÁRA-RAIOS WESTINGHOUSE TIPO SVS, 120 kV - 10 kA
2 - PÁRA-RAIOS ASEA TIPO XAD-132, 132 kV - 10 kA
3 - PÁRA-RAIOS SKODA TIPO GZS123, 123 kV - 10 kA

4.3.2 Ensaios de campo - ELETROPAULO (4)

A ELETROPAULO está utilizando fontes portáteis para ensaios de campo da tensão disruptiva de freqüência industrial, de forma a verificar as condições de isolação e de disparo dos "gaps" dos pára-raios.

Em subestações até 88 kV, está sendo usada uma fonte INSTRONIC, com alimentação em 220/110 V, com potência de 5 kVA, tensões de saída de 75 kV CA ou 100 kV CC.

Recentemente, o mesmo fabricante da fonte desenvolveu outro modelo que tem tensão de saída de 100 kV CA (100 mA de saída, 5 kVA, alimentação em 220 V), o que permitirá, provavelmente, ensaiar no campo seções individuais da maioria de pára- raios em subestações até 230 kV. Ambas as fontes são içáveis para facilitar o transporte e locomoção nos pátios das subestações.

Critérios de diagnóstico empregados pela ELETROPAULO para verificar as condições dos "gaps" dos pára-raios:

$U_{60\ Hz} > 2\ U_n$ -> pára-raios bom : repetir medição a cada 2 anos
$1,5\ U_n \leq U_{60\ Hz} \leq 2\ U_n$ -> pára-raios suspeito : repetir ensaio a cada 6 meses
$U_{60\ Hz} < 1,5\ U_n$ -> pára-raios condenado : deve ser retirado de serviço

4.4 Características dos resistores de SiC

Foram realizados no CEPEL ensaios de tensão residual nos três tipos de pára-raios ensaiados. Em função das características operacionais do laboratório este ensaio foi realizado em seções individuais dos pára-raios, exceto no pára-raios Westinghouse que é constituido de uma só seção, onde foram ensaiados os resistores após sua desmontagem. Os resultados estão na Tabela 2. Observa-se que este pára-raios apresentou tensão residual extremamente elevada em relação ao valor de catálogo, além de apresentar deformação na forma de onda da tensão residual de alguns resistores. Esta modificação deve-se à alteração das características físico-químicas dos resistores não lineares e consequente alteração da curva VxI. O fato foi comprovado após inspeção, onde foram constatadas diversas trincas nos resistores. O pára-raios SKODA apresentou tensão residual praticamente igual à máxima de catálogo, embora estivesse com alguns resistores degradados(ver Figura 3).

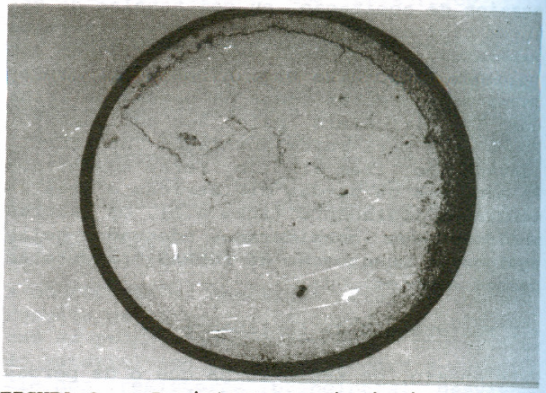


FIGURA 3 - Resistores principais (SKODA)

4.5 Medição da corrente de escoamento

A única medição realizável no campo para se verificar a corrente que flui nos resistores principais e de equalização é a medição corrente de escoamento. Esta corrente tem uma componente resistiva (que passa internamente pelos resistores) e por qualquer camada condutiva que se forme externamente sobre a porcelana (esta componente pode ser minimizada pela limpeza da porcelana antes das medições). A componente capacitiva flui pelas capacitâncias parasitas que existem entre os componentes internos e a porcelana. Mesmo com a eliminação da corrente externa da porcelana, a amplitude da corrente total de escoamento não é muito representativa do estado dos resistores, já que a componente capacitiva é maior, em uma ordem de grandeza, em relação à resistiva.

Os critérios de avaliação do comportamento da corrente de escoamento, nos pára-raios de SiC, devem ser objeto de maior debate. Nos pára-raios ZnO o procedimento atual é a decomposição harmônica, ou medição do 3º harmônico, da corrente de escoamento (5), (6), (7).

Ensaios no laboratório da CESP indicaram uma apreciável variação da corrente de escoamento com uma maior ou menor proximidade dos pára-raios (ASEA XAL-444AS), sob ensaio, com as paredes do laboratório. Esta situação deve-se à fuga de correntes capacitivas para as paredes, conforme atestado pela diferença entre as correntes medidas no topo e na base dos pára-raios. A CEP

registra as formas de onda das correntes de escoamento durante as medições nos ensaios. No CEPEL foram registradas as formas de onda das correntes de escoamento, nos ensaios a seco (ver Tabela 3). Aparentemente houve discrepâncias entre os valores, a seco e sob chuva, quando aplicada a tensão nominal U_n no pára-raios ASEA.

TABELA 3 - ENSAIOS DE MEDIÇÃO DA CORRENTE DE ESCOAMENTO (CEPEL)

Pára-Raios	Tipo	Un (kV)	Méd. da Corrente de Fuga (uA)			
			Umax. sist.		Unom. p.raios	
			Seco	Chuva	Seco	Chuva
1	SVS	120	420	300	660	500
2	XAD	132	150	100	1400	800
3	GZS	123	104	300	170	600

1 - WESTINGHOUSE 2 - ASEA 3 - SKODA

4.6 Termovisão

A termografia é uma técnica já consagrada em diversos serviços de manutenção, tendo grande praticidade de uso e a vantagem de de não exigir o desligamento dos equipamentos sob inspeção. Em pára-raios tem sido aplicada mais recentemente e exige maiores cuidados de leitura, uma vez que pequenos diferenciais de temperatura podem indicar início de defeitos nos pára-raios. A CESP que, pioneiramente, está aplicando esta técnica preditiva, utiliza os seguintes critérios, que têm tido uma reavaliação permanente em funcão da variedade de fabricantes e projetos de pára-raios :

. $\Delta t < 2\ °C$:pára-raios bom (1)

. $2\ °C \leq \Delta t \leq 10\ °C$:pára-raios suspeito(2)

. $\Delta t > 10\ °C$:pára-raios ruim (3)

(1) Δt em relação ao objeto adjacente

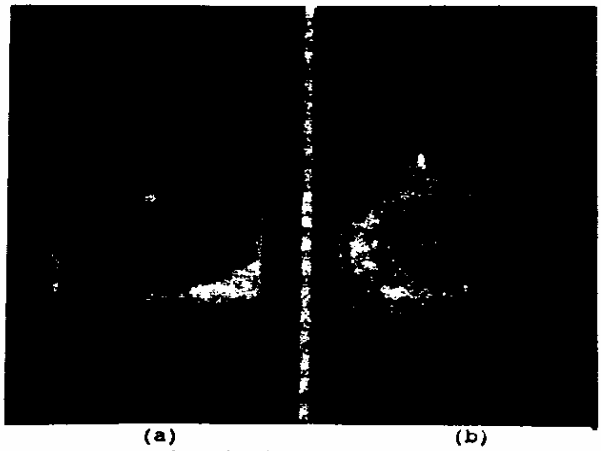
(2) pára-raios suspeitos: são realizadas medições mais frequentes (semestrais)

(3) pára-raios ruim: retirado de serviço e submetido ao ensaio de tensão disruptiva de 60 Hz em Bauru. Se ele estiver com $U_{60\ Hz} > 1,5\ U_n$, pode ser reinstalado na rede

Cuidados especiais devem ser tomados durante as leituras, tais como : evitar fazer as medições durante períodos do dia de alta insolação, ajustar adequadamente o aparelho para o fator de emissividade do objeto em inspeção, fazer o referencial de temperatura em relação a um objeto adjacente etc. As leituras em laboratório, na CESP, são iniciadas após uma pré-energização das seções individuais dos pára-raios por 6 a 8 horas, de forma a se estabilizar térmica e elétricamente as amostras antes das leituras.

A CESP já identificou diferenças nos registros termográficos feitos no campo e em laboratório. Os prováveis motivos são atribuídos às diferenças na dissipação de calor e na distribuição das correntes capacitivas.

A Figura 4 mostra a identificação de um pára-raios defeituoso, por registro termográfico (4-a), no sistema de FURNAS, e o aspecto do dispositivo de alívio de pressão (4-b), totalmente corroído, por onde houve penetração de umidade. Os pára-raios ensaiados no CEPEL não apresentaram indicações de problemas nas medições termográficas feitas pela equipe da CESP (1).



(a) (b)

FIGURA 4 - Diagnóstico de falha /termovisão

4.7 Medições de radiointerferência

A ELETROPAULO está pesquisando esta técnica na área de distribuição. A maior dificuldade está em se eliminar a interferência de outros ruídos nas medições feitas dentro dos pátios de subestações.

5.0 - CENÁRIO ATUAL DO ENVELHECIMENTO DE PÁRA-RAIOS (SiC) E OCORRÊNCIAS DE FALHAS

Existe atualmente uma grande quantidade de pára-raios instalados nas redes elétricas com tempos de serviço superiores a 15 anos (8). Algumas empresas utilizam o critério de retirá-los de serviço com esta idade, tempo este inferior à vida útil dos equipamentos que eles estão protegendo (9).

Há, também, uma grande deficiência nos levantamentos das causas de falhas em pára-raios. Durante o evento da Referência (1), ficaram evidenciadas ocorrências causadas tanto por degradação dos resistores principais, dos resistores de equalização e dos "gaps".

6.0 - CONCLUSÕES

6.1 A grande quantidade de pára-raios de SiC instalados no setor elétrico brasileiro, associada ao tempo de operação médio deste tipo de pára-raios acima de 15 anos, indica a necessidade da adoção de critérios mais consistentes para a avaliação das condições de operação destes dispositivos;

6.2 Tem sido verificada atualmente uma considerável quantidade de falhas em pára-raios (especialmente os de SiC), quando submetidos a solicitações do sistema, sem que anteriormente pudesse ser observada qualquer característica de mau funcionamen-

to destes equipamentos, em condições usuais de operação da rede. É necessário o estabelecimento de critérios práticos que possam fornecer informações seguras sobre o desempenho dos pára-raios desde a fase de comissionamento, quando são obtidas as primeiras informações de controle das unidades, até a verificação dos processos iniciais de degradação dos seus componentes internos. A falta de critérios padronizados entre as empresas, na avaliação dos pára-raios, pode ser atribuída à existência de diversos tipos construtivos, que podem ser mais ou menos sensíveis a uma determinada técnica;

6.3 É importante a formação de um grupo de trabalho com o objetivo de pesquisar o desempenho dos diversos tipos de pára-raios instalados nas redes, o que facilitará a aplicação das técnicas mais apropriadas para as diferentes famílias de pára-raios. Este grupo ficaria encarregado, também, de acompanhar ensaios em laboratório e no campo, visando detectar os defeitos e aprimorar as metodologias de abertura e inspeção de unidades suspeitas retiradas de serviço; realizar levantamentos sobre práticas de acompanhamento, troca ou reaproveitamento de pára-raios; formação de Banco de Dados de quantidades e tempos de serviço (9). A princípio este trabalho deverá ser direcionado aos pára-raios de SiC para a classe de tensão de 138 kV, por abranger este grupo a maior quantidade de pára-raios instalados, com maior tempo de operação nas redes;

6.4 No estágio atual do conhecimento, deve-se direcionar os esforços deste trabalho para as seguintes técnicas de diagnóstico :

6.4.1 Aprimorar as medições termográficas, por sua praticidade, como uma primeira indicação sobre o estado dos pára-raios;

6.4.2 Investir na utilização de fontes portáteis de tensão disruptiva de 60 Hz, para ensaiar no campo as seções individuais dos pára-raios, de forma a se verificar as condições de isolação / disrupção dos "gaps";

6.4.3 Investigar em laboratório, para posterior aplicação no campo, técnicas de análise da corrente de escoamento, para identificar anomalias nos resistores de SiC. As investigações deverão, no início, contemplar as correlações do comportamento desta corrente com a curva VxI dos resistores;

6.5 Iniciar, de imediato, trabalho similar para estabelecer os procedimentos mais adequados na monitoração de pára-raios ZnO.

BIBLIOGRAFIA

(1) CEPEL/FURNAS/CESP/FEG-UNESP. Reunião Técnica e Ensaios de Laboratório para a avaliação do desempenho de pára-raios convencionais(SiC) em sistemas de transmissão. Evento patrocinado pelo CEPEL com a participação da CEMIG, ELETROPAULO, CHESF, CESP, ITAIPU-BINACIONAL, ELETRONORTE, FEG/UNESP e FURNAS. Rio de Janeiro/RJ. 19 a 21/Out/1992

(2) Rodrigues, C.G.; Silva, da, D.E.; Lisboa, E.; Gonzaga, J.L. Estudo de comparação de métodos para a detecção de defeitos em pára-raios. III Congresso Brasileiro de Manutenção (ABRAMAN). 1988

(3) Ontario Hydro / Lat, M.V. Application guide for surge arresters on distribution systems. Canadian Elec. Association. 1988

(4) Araripe Jr., J.; Bacega, W.R. Ensaio de tensão disruptiva a 60 Hz em pára-raios de SiC em campo. I CPMT -Ciclo de Palestras de Manutenção da Transmissão, CCON - Comitê Coordenador de Operação Norte-Nordeste. Salvador/BA. 1993.

(5) Bargigia, A. et alii. Most recent development in surge arrester testing. Proceedings 56th International Conference of Doble Clients. 1989

(6) CIGRÉ Study Committees 15 e 33, Working Group 33/15.08. Dielectric diagnosis of electrical equipment for AC applications and its effects on insulation coordination. Paris. 1990.

(7) Schei,A.; Larsen,V. Seminar on Modern Techniques for Application and Monitoring of ZnO Surge Arresters. Centro de Excelência de Distribuição-USP. São Paulo/SP. 1992

(8) Arcione,J.C.;Serra,V. La experiencia de servicio em SEGBA S.A. com descargadores de sobretension convencionales em redes de alta tension. IV ERLAC. Puerto Iguazu. 1991

(9) Junqueira Fª,A.; Levy,A.F.S.;Carvalho, F.M.S.; Franco,J.L. de; Oliveira, M.J. de; Kastrup Fª, O.; Vaisman, R. Critérios adotados para a manutenção preventiva e preditiva em pára-raios tipo estação. I Ciclo de Palestras de Manutenção da Transmissão - CCON. Salvador/BA. Maio 1993

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o espírito de cooperação e de participação de todas as pessoas e instituições que contribuíram para a execução das etapas já concluídas desta pesquisa, assim como as que estão se engajando em sua continuação:

- equipes de manutenção da CESP e de FURNAS (Subestações de Bauru, Adrianópolis, Jacarepaguá e de Santa Cruz);
- equipes de transporte de FURNAS e da CESP;
- alunos e professores da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá / UNESP;
- equipes dos laboratórios do Centro de Manutenção de Bauru (CESP);
- equipes dos laboratórios de Alta Tensão e Impulsos de Corrente do CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica;

técnicos, estagiários e engenheiros dos setores de Planejamento de Sistemas Elétricos de FURNAS e de Engenharia de Manutenção de FURNAS e da CESP;

participantes do evento da Referência (1).

BIOGRAFIAS

Ary Junqueira Fª - Engenheiro Eletricista, Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1968); Engenheiro do Departamento de Transmissão da CESP - Cia. Energética de São Paulo.

Claudio Vara Aquino - Engª Eletricista, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1977); Engenheiro do Departamento do Centro de Manutenção de Bauru da CESP - Cia. Energética de São Paulo.

Duilio Moreira Leite - Engenheiro Mecânico-Eletricista, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1957); Professor da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP; Diretor (licenciado) de Serviços de Equipamentos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo.

Francisco M. Salgado Carvalho - Engenheiro Eletricista, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (1971); M.Sc. em Sistemas de Potência pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá; Instrutor de Curso de Transitórios Eletromagnéticos na U.T.E. (Uruguai); Engenheiro da Divisão de Estudos de Equipamentos de FURNAS- Centrais Elétricas.

Jorge Luiz de Franco - Engª Eletricista, Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Católica de Petrópolis (1985); Concluindo o M.Sc. em Sistemas de Potência pela Universidade Federal da Paraíba; Professor da Universidade Católica de Petrópolis; Pesquisador do CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica.

José Araripe Jr. - Engenheiro Eletricista, Faculdade de Engenharia Industrial da Universidade de São Paulo(1974); Engenheiro Divisão Técnica de Manutenção de Estações da ELETROPAULO - Eletricidade de São Paulo.

José Mauro da S. Feitosa -Engª Eletricista, Escola Federal de Engenharia de Itajubá (1972); Engenheiro do Laboratório de Medidas Elétricas de FURNAS - Centrais Elétricas.

Marcio J. de Oliveira - Técnico Eletricista e de Telecomunicações pelo CEFET - Centro Federal de Educação Tecnológica (1986); Concluindo a Graduação em Engenharia Elétrica no CEFET; Técnico da ACET - Área de Conhecimento de Eletrotécnica do CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica.

Mario Kasuo Kobayashi - Engª Eletricista, Fundação Educacional de Bauru (1979); Engenheiro do Departamento do Centro de Manutenção de Bauru da CESP-Cia. Energética de São Paulo.

Mauricio Brugnaro - Engenheiro Eletricista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá / UNESP (1992).

Oscar Kastrup Fª - Engenheiro Eletricista, Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro / PUC - RJ (1969); Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC - RJ; Instrutor de Cursos de Transitórios Eletromagnéticos na ISA (Colômbia), U.T.E. (Uruguai) e INECEL (Equador); Engenheiro da Divisão de Estudos de Equipamentos de FURNAS - Centrais Elétricas.

Paulo R. T. Patrocinio - Engª Eletricista, Universidade Gama Filho (1979); Engenheiro do Departamento de Equipamentos de Alta Tensão de FURNAS - Centrais Elétricas.

Reny Okuhara - Engenheira Eletricista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá / UNESP (1992).

Roberto Vaisman - Engenheiro Eletricista, Instituto Militar de Engenharia (1975); M.Sc. em Sistemas de Potência pela COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro; Pesquisador do CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica.

Wilson R. Bacega - Engenheiro Eletricista, Faculdade de Engenharia da Universidade do Mackenzie (1984); Engenheiro da Divisão Técnica de Manutenção de Estações da ELETROPAULO - Eletricidade de São Paulo.