



**XV SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GLT/ 12

17 à 22 de outubro de 1999
Foz do Iguaçu – Paraná - Brasil

**GRUPO III
GRUPO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO (GLT)**

**SISTEMAS DE ISOLAMENTO PARA MELHORAR A QUALIDADE DO SERVIÇO
EM AMBIENTE TROPICAL**

R. Parraud * e E. Brocard
/// SEDIVER ///

Z. Lodi e M. Namora
/// ELECTROVIDRO ///

RESUMO

As condições climáticas de áreas tropicais correspondem à umidade permanentemente elevada associada com longos períodos sem chuva antes do inverno.

Poluição natural (poeira, sais, ...) também está freqüentemente presente e torna-se mais severa pouco antes do período de chuvas.

Para os sistemas de isolamento, a severidade da poluição aumenta e é muito maior nas áreas costeiras. Níveis cerâmicos elevados associados a esforços de surtos atmosféricos devem também ser considerados em muitas áreas tropicais.

Estes esforços particulares devem considerar o uso de conjuntos completos, incluindo isoladores com um projeto especial e pára-raios de linha composto, com o objetivo de melhorar a qualidade da operação das linhas aéreas de AC e DC.

A partir da análise do fenômeno que aparece sobre os isoladores submetidos ao ambiente tropical, e de estudos que simulam estas condições tropicais específicas, algumas recomendações básicas são feitas para selecionar uma cadeia de isoladores apropriada e um pára-raios de linha para limitar os efeitos dos surtos atmosféricos sobre o equipamento, melhorando a qualidade do serviço.

PALAVRAS-CHAVE

Clima tropical, Isoladores, Corrosão, Pára-raios de linha, Desempenho de linhas de transmissão

1.0 - INTRODUÇÃO

Condições ambientais nas áreas tropicais

Uma zona tropical é uma área onde existe umidade permanentemente elevada e uma alta temperatura.

Muitas áreas dos países tropicais estão freqüentemente sujeitas à poluição natural (poeira advinda do solo, cinzas orgânicas condutivas resultantes da queimada de canaviais, poluição marinha próxima às áreas litorâneas, ...).

Em muitas áreas existe um longo período de diversos meses sem a ocorrência de chuvas capazes de lavar os isoladores.

O grau de poluição pode alcançar níveis de médio a pesado ao final da estação seca, pouco antes do período de chuvas (ver IEC 815 [1]).

Devido a umidade permanentemente elevada, o depósito de poluição sobre os isoladores está freqüentemente úmido durante um longo período do tempo, quando a umidade relativa do ar é maior do que 80%.

Freqüentemente as zonas tropicais estão submetidas a elevados níveis cerâmicos.

Para assegurar uma boa qualidade do serviço e evitar interrupções inaceitáveis, os usuários das zonas tropicais devem prestar atenção:

- Ao projeto e dimensionamento da cadeia de isoladores, para prevenir a ocorrência de descargas disruptivas dos isoladores poluídos sob tensão normal de operação, e para evitar qualquer perfuração sob surtos atmosféricos;

- À escolha e ao projeto da cadeia de isoladores, para limitar o fenômeno de corrosão (devido às elevadas correntes de fuga) e para limitar os efeitos mecânicos e elétricos sobre o desempenho do isolador a longo prazo;

- À escolha e ao projeto de um pára-raios de linha composto.

Este relatório apresenta alguns melhoramentos feitos na cadeia de isoladores equipada com o isolador "ELETROPIC", especialmente projetado para os esforços específicos encontrados nas condições ambientais de clima tropical, e a nova aplicação dos pára-raios compostos da SEDIVER que podem equipar linhas novas e já existentes.

2.0 - EFEITOS DOS ESFORÇOS APLICADOS SOBRE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ALTA TENSÃO EM AMBIENTE TROPICAL

2.1 - Efeitos do depósito de poluição natural

2.1.1 - Corrosão

Corrosão do pino e da campânula do isolador (em vidro temperado ou porcelana) tem sido observada em algumas linhas de alta tensão em clima tropical. Um depósito de poluição é 60% mais condutivo a + 30°C do que a + 10°C.[5]. Estes problemas apareceram depois de diferentes tempos de operação, desde poucos anos até mais do que vinte anos.

O disco do isolador de porcelana pode ser seriamente danificado, tanto mecânica quanto eletricamente, pela corrosão das partes metálicas.

Apesar de não ter existido quebra dos isoladores em vidro temperado, devido ao fenômeno de corrosão, este fato é preocupante por duas razões:

- Risco de perda da resistência mecânica a longo prazo, particularmente para os pinos;
- Redução da suportabilidade elétrica, resultante da formação de um depósito de ferrugem condutiva sobre a superfície do isolador.

Com a ajuda das concessionárias, numerosos estudos e inspeções "in loco" foram empreendidos, os quais conduziram às seguintes observações: [15] [16]

- Corrosão e descarga disruptiva são problemas típicos de isoladores (em vidro ou porcelana), devido à poluição natural, à alta umidade e à elevada temperatura;
- Os isoladores instalados em LT de tensão superior (≥ 400 kV) são aqueles que inicialmente são afetados;
- O depósito de poeira é frequentemente umidificado, causando corrente de fuga, arcos e descargas ao redor do pino e da campânula, levando à corrosão;
- Mesmo um depósito leve, como confirmado por medidas de ESDD, é suficiente para iniciar corrosão eletrolítica e a atividade elétrica de arcos induz a formação de agentes oxidantes;
- Os isoladores do lado fase das cadeias são geralmente os mais corroídos, no entanto não se pode afirmar que a corrosão se inicia sistematicamente sobre estes isoladores;
- As cadeias "V" são mais afetadas do que as cadeias verticais "I";
- As cadeias sem anéis de proteção são mais afetadas pelos problemas de corrosão. As cadeias de suspensão equipadas com anéis equipotenciais não apresentam o problema de corrosão dos isoladores, mesmo nas unidades do lado fase da cadeia;
- Certos tipos de isolador, sejam eles de vidro ou porcelana, que não têm um espaçamento entre a borda da campânula e o dielétrico não sofrem corrosão.

Como previamente declarado, a corrosão, em geral, afeta somente partes específicas das linhas.

Isoladores, ferragens e torres podem ser submetidos a corrosão. A corrosão do isolador é localizada sobre a superfície do pino próxima ao cimento e na borda da campânula.



Figura 1: DANOS TÍPICOS DA CORROSAO EM ISOLADORES

a) Corrosão do Pino

O pino de um isolador de suspensão é geralmente fabricado em aço galvanizado.

A corrosão se inicia na interface tripla pino/cimento/ar e causa, inicialmente, aumento do diâmetro do pino, que perde sua camada de zinco.

Isto causa um esforço mecânico elevado no conjunto cimentado no interior da cabeça do isolador.

Experiências e ensaios têm mostrado que somente isoladores em vidro temperado podem seguramente suportar tais esforços sem falhas [10].

Tais esforços mecânicos, devido ao "pino expandido", podem danificar os dielétricos de porcelana, causar perfuração elétrica, devido a rachaduras radiais no disco, e possível falha mecânica [14].

Em um segundo estágio, as partes corroídas podem se desprender do pino. Com a redução da seção transversal do pino, a resistência mecânica do isolador torna-se consideravelmente reduzida.

b) Corrosão da Campânula

A campânula de um isolador é geralmente fabricada em ferro fundido galvanizado.

A corrosão da campânula afeta, principalmente, a borda da mesma próxima ao dielétrico. Do ponto de vista mecânico, os ensaios mostram que a corrosão da campânula é menos crítica que a do pino.

Entretanto, do ponto de vista elétrico, o desempenho das cadeias pode ser significativamente reduzido pelo depósito de ferrugem (óxidos de ferro condutivos, tais como FeO , Fe_3O_4 e Fe_2O_3) resultante do metal base da campânula, que se dirige para a parte superior da superfície dielétrica. Esta redução de desempenho ocorre, principalmente, em condições de umidade onde correntes de fuga estão concentradas nos caminhos condutivos e podem, portanto, danificar o dielétrico.

2.1.2 - Descarga disruptiva na cadeia de isoladores

O projeto do isolador, seu perfil e a eficiência de sua distância de escoamento limitam o depósito de contaminação. O tamanho da cadeia (número de unidades) deve considerar a severidade da poluição, de modo a ter uma margem segura para suportar a tensão de operação sem a ocorrência de descargas disruptivas, como também para reduzir a atividade elétrica de arcos sobre a superfície do isolador.

Nota: Embora a corrosão das partes metálicas e a descarga disruptiva em uma cadeia sejam causadas pelo mesmo fator (que é a poluição da superfície do isolador), o problema de corrosão pode ser observado independentemente do problema de disrupções.

2.2 - Efeitos dos surtos atmosféricos

Distúrbios causados pelas descargas atmosféricas são um dos maiores problemas para a continuidade do suprimento de energia, e tornam-se cada vez mais inaceitáveis com o desenvolvimento dos sistemas eletrônicos.

Além do mais, o raio é uma das causas da disrupção em uma cadeia de isoladores, que provoca uma queda de tensão ou uma interrupção temporária do serviço, devido a falha de um equipamento elétrico.

O raio que derruba uma linha de potência pode causar danos aos isoladores, seja diretamente, pelos elevados esforços de sobretensão [6], seja através das correntes de descargas atmosféricas envolvidas no próprio raio, ou ainda, indiretamente, pelo arco de potência resultante da disrupção.

2.2.1 - Perfuração do isolador

A solicitação aplicada ao isolador em serviço, resultante de descargas atmosféricas, pode ser facilmente simulada pelo ensaio de impulso com frente de onda íngreme. Este ensaio é uma alternativa ao ensaio de perfuração em óleo, definida na IEC 383-1 [7] e é especificado na IEC 1325 [8]. É bem definido na IEC 1211 [9]. Este ensaio de sobretensão é recomendado para selecionar um isolador adequado.

2.2.2 - Distúrbios da qualidade do serviço

Os requisitos da qualidade do serviço, para linhas de transmissão e distribuição em alta tensão, estão cada vez mais severos com relação à continuidade do fornecimento de energia.

Para melhorar o comportamento das linhas aéreas face às descargas atmosféricas, diversas soluções podem ser consideradas:

- Cabo pára-raios;
- Baixa impedância de pé de torre;
- Sobre-isolação;
- Pára-raios de linha...

A avaliação do desempenho relativo das soluções, é obtida por um software de simulação que leva em consideração diferentes parâmetros da linha.

O pára-raios de linha é montado em paralelo a uma cadeia de isolador. Sua função não é proteger os isoladores, que são projetados e equipados com ferragens para suportar curtos-circuitos, e sim eliminar descargas disruptivas sobre as cadeias devido aos raios, evitando, conseqüentemente, interrupções do serviço.

Na maioria das vezes o pára-raios se comporta como um isolador, exceto quando ele conduz um impulso de corrente para limitar o valor de sobretensão. Ele deve possuir as qualidades de um isolador: impenetrabilidade, rigidez dielétrica e suportabilidade sob poluição. [19] [20] [21].

3.0 - ANÁLISE DO MECANISMO DOS ESFORÇOS ENCONTRADOS EM AMBIENTE TROPICAL

3.1 - Contaminação natural

Esforços da alta temperatura e permanente umidade elevada

Durante períodos úmidos, descargas e arcos aparecem ao redor do pino e da campânula, gerando agentes oxidantes que aceleram o mecanismo de corrosão.

Este fenômeno visível pode ser verificado na linha quando os isoladores estão poluídos, sendo o mesmo significativamente diferente daquele observado sobre cadeias de isoladores limpos e secos em um laboratório escuro.

Os fatores que contribuem para corrosão dos isoladores são:

- a) Esforços ligados ao ambiente, como a severidade do depósito de poluição;
- b) Esforço elétrico máximo sobre as unidades de isoladores, que depende dos projetos do isolador e das cadeias, equipadas ou não com acessórios de proteção (anéis, chifres,...)

3.1.1 - Corrosão nas partes metálicas do isolador

Dois mecanismos de corrosão de isoladores podem ser considerados:

a) "**Corrosão atmosférica**"

Corresponde a oxidação direta entre o metal e suas vizinhanças. Varia de local para local e ocorre somente pela intermediação de um fino filme líquido condutivo.

b) "**Corrosão elétrica**"

Este é o principal fator de corrosão que corresponde à corrosão eletrolítica, devida não só à corrente de fuga sobre a superfície úmida de isoladores poluídos, como também à subsequente atividade elétrica de arcos que aparece através da superfície mais resistiva do isolador poluído.

Este tipo de corrosão é o mais severo em áreas poluídas de clima tropical.

• Corrosão eletrolítica: quando o isolador está poluído e úmido, uma corrente de fuga aparece sobre a superfície isolante entre as partes metálicas de cada isolador [10].

Os efeitos da corrente de fuga aumentam com o grau de poluição (quantidade de sais) e com os esforços elétricos aplicados sobre os isoladores.

Sob esforços de corrente contínua, a corrosão eletrolítica é mais severa por causa do fluxo de corrente e campo unidirecionais e também ao maior grau de poluição dos isoladores, devido ao campo eletrostático. [4] [11] [12] [13]

• "Corrosão por arcos": Estes arcos e descargas sobre as partes mais resistivas da superfície úmida aparecem durante a condensação. Os arcos são mais freqüentes nas regiões da cadeia de isoladores onde a densidade de corrente e o campo elétrico são mais intensos. Desta forma, muitos arcos têm mais freqüentemente suas raízes sobre a campânula e sobre o pino dos isoladores do lado fase da cadeia.

Estes arcos também induzem a formação de ozônio que pode acelerar a corrosão.



Figura 2: **CORROSÃO SOBRE UMA CADEIA DE 500 kV SEM FERRAGENS DE PROTEÇÃO**

3.1.2 - Descarga disruptiva na cadeia completa de isoladores

A presença de contaminação natural por poeira do solo e por sal nas áreas litorâneas, deve ser considerada como um fator determinante para escolher um projeto adequado de isolador.

Este projeto deve reduzir a importância da atividade elétrica e evitar o risco de interrupções, que aumenta pouco antes da estação de chuvas durante os períodos úmidos (noite e manhã cedo).

Um perfil de isolador que evita o acúmulo excessivo de depósitos e apresenta propriedades de auto-limpeza, associado a um tamanho eficiente de distância de escoamento, deve ser considerado.

3.2 - Surtos atmosféricos

Duas situações de surtos atmosféricos podem ser consideradas segundo seus impactos sobre as linhas aéreas.

3.2.1 - Descargas diretas sobre o feixe de condutores

Quando um condutor é atingido por uma descarga direta, dois impulsos de sobretensão são gerados e conduzidos ao longo da linha, um em cada direção.

Suas formas de onda são modificadas durante sua propagação, da seguinte maneira:

- Redução da inclinação da frente de onda devido ao efeito corona;
- Atenuação leve;
- Reflexões sucessivas para cada mudança do meio de propagação (torre, cadeia de isolador, ...).

A amplitude do impulso de sobretensão depende do valor da corrente injetada pela descarga atmosférica e da impedância de linha.

Uma descarga atmosférica direta sempre produz disrupção da isolação e conseqüente interrupção do fornecimento de energia, independentemente da impedância de pé de torre.

3.2.2 - Descarga sobre a torre ou cabo pára-raios

Quando a torre ou o cabo pára-raios é atingido por uma descarga direta, a corrente flui através da impedância de surto da torre e a terra, causando um aumento de potencial e descarga disruptiva, no caso da tensão no topo da torre for maior do que a tensão suportável de impulso atmosférico da cadeia (backflashover). Nesta situação, a descarga disruptiva depende da impedância de pé de torre e do nível básico de isolamento[2] (distância mínima de arco a seco).

3.2.3 - Melhoria do comportamento da linha em relação às descargas atmosféricas

Para melhorar o comportamento de uma linha em relação às descargas atmosféricas diversas ações podem ser consideradas.

A instalação de cabos pára-raios e o melhoramento das impedâncias de pé de torre podem ser suficientes para alcançar o objetivo desejado.

Entretanto, se eles podem ser usados quando do projeto e montagem de novas linhas, para linhas já existentes podem ser considerados, por vezes, economicamente inaceitáveis e a utilização de pára-raios de linha torna-se a única solução possível.

A solução mais evidente para eliminar totalmente as descargas disruptivas de surtos atmosféricos é instalar pára-raios de linha em cada fase e em cada torre da linha ou trecho da linha protegida.

Esta solução fornece a melhor qualidade de serviço, porém outras soluções de custos intermediários e mais baixos podem ser também adotadas; neste caso, deve-se fazer uma simulação que leve em consideração as características da linha, a topografia e o nível cerâmico da região, de forma a se otimizar a configuração e o número de pára-raios de linha a serem distribuídos ao longo da linha aérea.

4.0 - ESTUDO DO COMPORTAMENTO DAS CADEIAS DE ISOLADORES EM AMBIENTE TROPICAL

O objetivo do estudo é simular cuidadosamente as condições ambientais, a poluição natural, as condições de umidade e os esforços elétricos encontrados sobre cadeias de isoladores de 500 kV em clima tropical.

4.1 - Resultados preliminares do desempenho de RIV sobre isoladores levemente poluídos

O corona positivo e a atividade elétrica de arcos estão relacionados ao nível de RIV da cadeia.

Muitos estudos foram efetuados para avaliar o desempenho de RIV de isoladores quando eles estão poluídos [17] [18].

Sob condições secas, uma temperatura quente (por exemplo +50°C) pode modificar significativamente o nível de RIV do isolador, porém o desempenho dos diferentes tipos de isoladores é mantido em comparação com as condições de ensaio padrão (limpo e seco).

Em condições úmidas, a amplitude das descargas e arcos dependem essencialmente dos depósitos poluentes sobre a superfície do isolador (severidade e distribuição) e não depende do desempenho de RIV dos isoladores ensaiados quando limpos e secos (condições do ensaio normalizado).

Os distúrbios causados pelas descargas e arcos variam proporcionalmente com a tensão aplicada sobre as unidades do isolador e são mais importantes quando as cadeias de isoladores não são equipadas com ferragens de proteção.

4.2 - Simulação de um ciclo diário típico de um ambiente tropical

4.2.1 - Um típico ciclo diário tropical

Durante os longos períodos secos, as condições ambientais de um dia podem ser esquematizadas por dois principais períodos sucessivos, o seco e o úmido.

O período úmido corresponde aos períodos onde a umidade relativa do ar está acima de 80%, chegando mesmo a 100%. Durante este período, desde o pôr até ao nascer do sol, depósitos de condensação aparecem sobre a superfície do isolador.

4.2.2 - Procedimento de ensaio

Os ensaios foram executados no Laboratório de Alta Tensão CEB (Centre d'Essais de Bazet - France) sobre duas diferentes cadeias de isoladores levemente poluídos com e sem anéis de proteção.

Os comprimentos das cadeias foram limitados a dez unidades (tipo U 120 BL) levando em consideração as facilidades para a realização do ensaio de poluição.

Uma tensão de ensaio igual a 200 kV (fase-terra) foi escolhida de acordo com o número de unidades de isoladores da cadeia (10 unidades), de tal forma a se obter a mesma tensão sobre as unidades do lado fase da cadeia, que é obtida em cadeias de isoladores de 500 kV com 26 unidades, conforme pode ser observado na tabela abaixo:

Tabela 1. TENSÃO ELÉTRICA SOBRE OS ISOLADORES DO LADO FASE DE VÁRIAS CONFIGURAÇÕES DE CADEIAS

		Cadeia A sem anel		Cadeia B com anel de proteção	
Tensão linha kV(fase/fase)		500		500	
Tensão ensaio kV(fase/terra)		303	200	303	200
Nº isoladores tipo U 120 BL		26	10	26	10
Distribuição de potencial sobre as unidades inferiores da cadeia	Percentual máx. da tensão total	0,10	0,16	0,07	0,1
	U_{kV} (fase/terra)	30,3	32	21,2	20

Na câmara de poluição onde as cadeias verticais de isoladores foram montadas, a umidificação foi obtida por um gerador de vapor, conforme definido no procedimento A da Norma IEC 507.

4.2.3 - Medições do ensaio

a) Medidas elétricas

O esquema elétrico do circuito de ensaio é representado na figura abaixo:

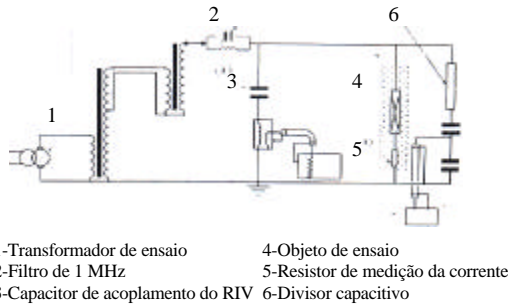


Figura 3: CIRCUITO DE ENSAIO

A tensão de 200 kV (fase/terra) é continuamente mantida durante toda a duração dos ensaios.

A corrente de fuga, o nível de RIV da cadeia, a umidade relativa e a temperatura na câmara de poluição são registrados simultaneamente durante os vários períodos do ensaio (pré-umidificação, períodos secos e úmidos).

b) Medidas da poluição

Todos os isoladores das cadeias foram poluídos da mesma maneira, de acordo com a IEC 507 - procedimento A [5] com caolim e sal, para reproduzir uma poluição leve [1]. Entretanto, de maneira a reproduzir mais fielmente o depósito de poluição natural observado no campo, a poluição não foi aplicada uniformemente.

As severidades da poluição expressas em ESDD são respectivamente:

- 0,010 mg/cm² para a superfície superior;
- 0,025 mg/cm² para a superfície inferior.

c) Processo de umidificação

A névoa, gerada por um gerador de vapor, não foi aplicada diretamente sobre a cadeia de isoladores. A temperatura ambiente da câmara era igual a 20°C. Em relação a estas condições de ensaio, um alto crescimento do nível de RIV foi registrado imediatamente durante os primeiros minutos de ensaio.

A névoa foi continuamente mantida durante duas horas e foi interrompida repentinamente. (Tempo 0 na Figura 4). O ensaio então continuou durante o “período seco”.

4.2.4 - Resultados do ensaio e comentários

Como explicado anteriormente, levando-se em consideração as facilidades de realização do ensaio, o período de pré-umidificação foi muito curto. Então, no

ensaio executado, dois comportamentos principais da cadeia de isoladores podem ser distinguidos:

- 1) período úmido;
- 2) período seco.

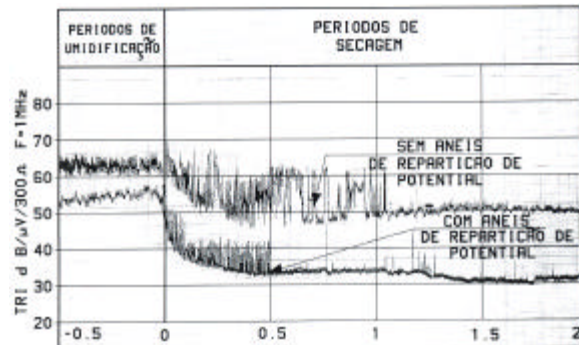


Figura 4 - NÍVEL DE RIV DURANTE UM TÍPICO CICLO DIÁRIO SOBRE UMA CADEIA COM E SEM FERRAGENS DE PROTEÇÃO

a) Período úmido

Durante o período úmido, todas as unidades isolantes da cadeia apresentaram o fenômeno de atividade elétrica de arcos.

Este período corresponde à corrente de fuga mais alta, à mais alta umidade relativa e ao mais alto nível de RIV registrados durante o ensaio.

Os fenômenos observados são praticamente definidos pelo depósito de poluentes sobre a superfície do isolador e não pelo projeto da cadeia de isoladores.

Durante o período úmido a corrosão eletrolítica, devido a passagem permanente de uma corrente de fuga mais alta, é mais importante e mais uniforme. Por esta razão, o efeito dos anéis de proteção não alteram significativamente o fenômeno.

Para melhorar a resistência do isolador à corrosão deve-se utilizar uma proteção contra a corrosão eletrolítica nas partes metálicas (campânula e pino) do isolador, tais como uma galvanização reforçada e um anel de zinco, que faz o papel de um eletrodo de sacrifício.

b) Período seco

Durante o período seco, os arcos e as descargas estão concentrados somente nos isoladores eletricamente mais estressados (quatro primeiras unidades do lado fase) e o fenômeno mais importante corresponde à corrosão por arcos descrita no item 3.1.1(b).

Durante este período seco, o papel desempenhado pelos anéis de repartição de potencial é muito importante e a duração dos períodos de atividade elétrica (arcos e descargas) é consideravelmente reduzido quando a cadeia de isolador é equipada com um anel de proteção. Em comparação, as descargas e arcos continuam atuando depois de 3 horas sobre cadeias sem dispositivos de proteção e param depois

de 30 minutos sobre cadeias com dispositivos de proteção.

Este ensaio comprova a eficiência dos anéis de proteção para reduzir a “corrosão por arcos” sobre as partes metálicas dos isoladores durante os períodos secos.

5.0 - NOVOS PROJETOS DE SISTEMAS ISOLANTES DE LT OPERANDO EM AMBIENTE TROPICAL

Com o auxílio das concessionárias e da experiência de campo com componentes de linha em países tropicais, foi desenvolvido para solucionar os vários problemas encontrados em áreas tropicais (corrosão, descargas disruptivas devido à poluição, sobretensões atmosféricas,...), um sistema isolante completo para linhas de alta tensão, incluindo uma cadeia de isoladores especificamente equipada com isoladores “ELETROPIC” em vidro temperado e pára-raios de linha composto da SEDIVER, montado com ou sem “gap” externo,

5.1 - Projeto do isolador “ELETROPIC”

O projeto do isolador “ELETROPIC” corresponde às seguintes melhorias do isolador, para ambiente tropical com poluição natural:

- Reforçar a resistência à corrosão (corrosão eletrolítica e corrosão por arcos) com um projeto e um processo de montagem específicos para proteger a campânula e um eletrodo de sacrifício no pino;
- Otimizar os esforços elétricos sobre as partes metálicas (campânula e pino), tendo uma distribuição de campo elétrico mais uniforme sobre o isolador e limitando as descargas ao redor das partes metálicas;
- Limitar o acúmulo de contaminação natural com um perfil eficiente e distância de escoamento adequada.

O isolador em vidro temperado “ELETROPIC” tem todas as outras vantagens oferecidas pela ELECTROVIDRO / SEDIVER, cujos isoladores em vidro temperado são montados com um cimento aluminoso inerte e estável e satisfazem todos os requisitos prescritos pelas normas básicas da IEC. [7] [8] [9].

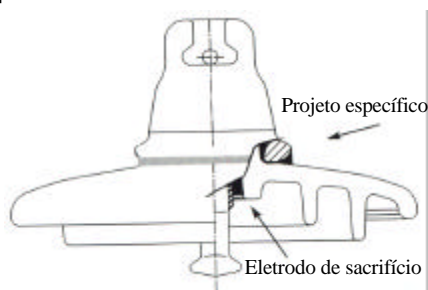


Figura 5 - PROJETO DO ISOLADOR ELETROPIC

5.2 - Projeto da cadeia “ELETROPIC”

5.2.1 - Melhoramentos para corrosão

A corrosão eletrolítica e a corrosão por arcos podem tornar-se críticas para o desempenho elétrico e mecânico do isolador a longo prazo.

O fenômeno da corrosão eletrolítica depende da condutividade da contaminação superficial e do nível de isolamento da cadeia.

Um perfil eficiente do isolador que não acumula depósito de poeira espesso e que apresenta algumas propriedades auto-limpantes pode permitir a prevenção de descargas disruptivas. Esta solução também evita um excessivo comprimento da cadeia que pode aumentar drasticamente o custo da torre.

A “corrosão por arcos”, que afeta principalmente o lado fase da cadeia, é consideravelmente reduzida quando a tensão sobre as primeiras unidades de isoladores do lado energizado é menor. Ferragens equipotenciais adequadas, como um anel localizado entre o primeiro e o segundo isolador, podem reduzir significativamente a solicitação de tensão elétrica sobre as unidades mais estressadas. Por exemplo, para uma cadeia de 500 kV, a tensão máxima sobre a primeira unidade lado fase pode ser reduzida de 32 kV à 20 kV.

Com o isolador ELETROPIC, a distribuição de potencial é mais uniforme do que com isoladores convencionais.

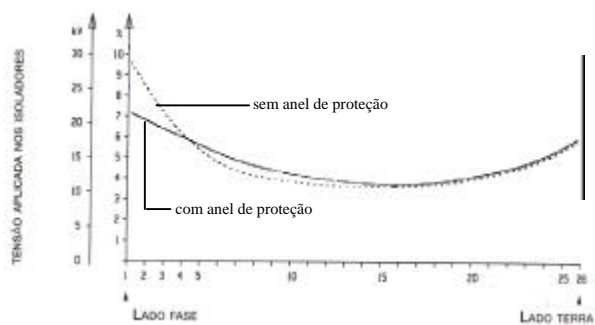


Figura 6: DISTRIBUIÇÃO DE POTENCIAL COMPARATIVA SOBRE CADEIA DE 500 KV

Conseqüentemente as ferragens de proteção desempenham um papel fundamental para limitar o nível de RIV da cadeia, reduzindo o fenômeno de corrosão. Elas protegem também a cadeia no caso de arcos de potência.

5.2.2 - Melhoramentos para surtos atmosféricos

Para prevenir qualquer dano aos equipamentos e para melhorar a qualidade do serviço, algumas cadeias de isoladores de linhas aéreas podem ser equipadas com um pára-raios composto [22] [23] [24]. O objetivo de um pára-raios é de limitar a duração da corrente de falta para a metade de seu período. O pára-raios composto é leve e projetado para ser facilmente montado em paralelo com a cadeia de isoladores já existente.

O pára-raios composto com centelhador externo (“gap de ar”) é a solução mais econômica.

O dimensionamento do pára-raios composto com centelhador externo depende da tensão de linha e da corrente nominal de curto-circuito.

A tensão suportável de impulso atmosférico do pára-raios composto com centelhador externo deve ser menor que a do conjunto completo de isoladores.

A dimensão do centelhador externo (“gap de ar”) é também uma função dos parâmetros de manobra.

Durante a operação do sistema, a solicitação de tensão elétrica sobre o pára-raios composto é aplicado somente em períodos muito curto de tempo, quando uma sobretensão ocorre. O pára-raios composto pode também suportar temporariamente a tensão de linha, no caso excepcional onde o centelhador externo é curto-circuitado.

O pára-raios de linha composto é normalmente montado na fase superior da linha, exceto no caso onde a linha é equipada com cabo pára-raios. Neste caso, ele é montado na fase inferior para prevenir qualquer falha por “backflashover”.



Figura 7: PÁRA-RAIOS COMPOSTO EM LINHA DE 138 KV NO BRASIL

5.3 - Pára-raios de linha composto

Baseada em 20 anos de experiência no campo de isoladores compostos, a SEDIVER desenvolveu um pára-raios de óxido de zinco composto para linhas aéreas.

O material do revestimento (EPDM ou SILICONE) é injetado utilizando-se a mesma tecnologia que foi desenvolvida para os isoladores compostos, garantindo portanto a perfeita impenetrabilidade.

O pára-raios é completamente hermético e impenetrável pela umidade. O pára-raios pode ser montado em série com um centelhador externo ou não. Cada montagem tem suas vantagens e desvantagens:

- A montagem sem o centelhador externo em série é empregada para se beneficiar do tempo de resposta extremamente curto do óxido de zinco. O pára-raios pode ser equipado com um detector de falhas, caso o usuário escolha operar no modo de falha mantida, ou com um desconector no caso oposto.

- A montagem com o centelhador externo em série é empregada para reduzir o tamanho do pára-raios devido ao fato dele não estar continuamente sob tensão. No caso de danos, a proteção do chifre permanece se a integridade mecânica do pára-raios tiver sido mantida. Geralmente, o pára-raios é equipado com um detector de falhas.

6.0 - CONCLUSÃO

Ambientes tropicais estão submetidos permanentemente a uma elevada umidade, uma alta temperatura com período seco relativamente longo (diversos meses) sem chuvas e estão também submetidos a uma significativa poluição natural, tal como poeira, sais, cinzas de queimada de canaviais etc.

As áreas tropicais estão também submetidas a um elevado nível cerâmico. Desta forma, também deve ser considerado o estresse de surtos atmosféricos.

Logo, particular atenção deve ser dispensada para a escolha e o dimensionamento ótimo da cadeia de isoladores.

A suportabilidade elétrica da cadeia em condições de poluição úmida pode ser obtida por um perfil apropriado, que minimiza o depósito de poluentes sobre a superfície do isolador, e também por uma distância de escoamento adequada.

Freqüentemente, sobre isoladores poluídos e úmidos, a “corrosão elétrica” das partes metálicas aparece devido à corrosão eletrolítica da corrente de fuga e à formação de descargas e arcos sobre as bandas secas próximas as partes metálicas (“corrosão por arcos”).

Os projetos do isolador e da cadeia de isoladores devem limitar o campo elétrico sobre as partes próximas às ferragens do isolador para prevenir a corrosão precoce.

O potencial mais uniforme obtido com os isoladores ELETROPIC, montados com eletrodo de sacrifício sobre o pino, melhora o desempenho ante a corrosão.

A aplicação da tecnologia dos isoladores compostos nos pára-raios tem possibilitado a utilização dos pára-raios de linha que podem reduzir significativamente o risco de descargas disruptivas em áreas de elevado nível cerâmico.

Projetos específicos da SEDIVER, os isoladores ELETROPIC e os pára-raios de ZnO compostos para linhas aéreas, são a solução para suportar os esforços especiais originários do ambiente tropical.