

XV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - SENDI 2002

Avaliação da geometria dos acessórios de redes protegidas de distribuição considerando solicitações devido ao campo elétrico e ambientais.

Fernando Piazza -LACTEC, Marilda Munaro - LACTEC, Paulo Inone - LACTEC , Jorge Tomioka - LACTEC, Guilherme Cunha da Silva - LACTEC, Gabriel Pinto de Souza –LACTEC, Luiz Eduardo Linero - COPEL Distribuição S. A e Luiz Carlos Hartmann - COPEL Distribuição S.A. .

Email: piazza@lactec.org.br

Palavras-chave – Rede protegida, solicitação ambiental

Resumo – Neste trabalho são citados aspectos teóricos sobre os mecanismos de degradação superficial e distribuição de campo elétrico em cabos protegidos, espaçadores e isoladores.

Diferentes configurações cabo/acessórios (espaçadores e anéis/laços de amarração), de rede protegida, instalada em região litorânea solicitados pelas condições normais de carregamento e alta agressividade salina foram avaliados.

São apresentados os principais resultados da avaliação da superfície dos cabos e acessórios, após as solicitações, utilizando técnicas microscópicas de caracterização, e a influência da geometria e processamento das peças na distribuição do campo elétrico pelo aprisionamento da poluição e suas consequências para o trilhamento superficial e degradação do material das peças estudadas. São sugeridas modificações e cuidados no processamento de modo a não prejudicar a relação retenção dos poluentes/ dreno da umidade e a suportabilidade ao trilhamento elétrico.

1. INTRODUÇÃO

Na construção das redes aéreas compactas são utilizados vários tipos de materiais e formulações, com quantidade e tipo de carga e/ou aditivo diferentes, que podem alterar as características físico-químicas dos materiais.

Ainda, a geometria dos espaçadores, isoladores e acessórios de fixação afetam a distribuição de campo elétrico e o aprisionamento de contaminantes e poluentes.

Este fatores podem influenciar na suportabilidade destes equipamentos quanto às descargas elétricas [1] e desempenho no campo.

Este trabalho tem por objetivo verificar a influência da geometria de espaçadores e acessórios da rede protegida exposta a condições severas de ambiente salino.

1.1. Distribuição de campo elétrico em sistemas de redes protegidas.

Nas redes protegidas o campo elétrico é não-confinado sujeitando portanto a superfície dos espaçadores, isoladores e cabos a diferenças de potencial significativas podendo até gerar trilhamento elétrico e posteriormente falha.

A Figura 1 mostra uma simulação num determinado instante do campo elétrico e regiões equipotenciais em uma seção transversal dos condutores de rede protegida através de programa *Ansys 5.3* em estação de trabalho *Sun*. Para esta simulação foi considerada: tensão nominal de 13,8kV, onde na fase A foi considerada tensão instantânea de 11268V e nas fases B e C o valor de – 5634V; raio dos condutores de 84,mm; raio externo de 11,7mm; raio do cabo de sustentação de 9,5mm; raio da região de interesse de 1,812m; distância entre condutores A e B de 195mm; distância entre os condutores A - C e B - C de 186mm; permissividade relativa de 2,4 para XLPE e 1 para o ar [2].

Na superfície dos equipamentos da rede protegida estas diferenças de potencial poderão ser mais intensas em função da existência de nervuras, anéis e laços de amarração com permissividades superiores à do ar, pois, estando os dielétricos em série a densidade de fluxo é a mesma, porem o campo elétrico é mais intenso no meio com menor permissividade.

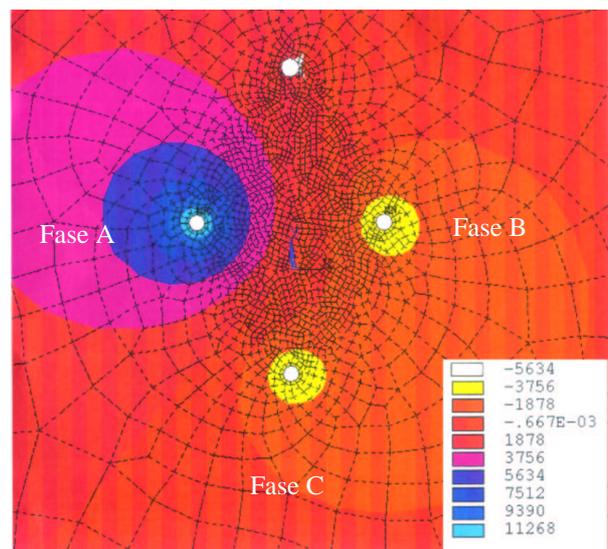


Figura 1: Regiões equipotenciais em uma rede protegida.

Devido a estes fatores ao se projetar equipamentos para redes protegidas existe sempre o compromisso de utilização de materiais com a permissividade mais próxima do ar, como é o caso do polietileno, e geometria que permita distâncias de escoamento através do uso de

nervuras sem imputar grandes diferenças de potencial nas regiões de menor permissividade quando os dielétricos estiverem em série.

A Figura 2 mostra a influência das nervuras de um isolador cilíndrico; na parte esquerda, com pequenas nervuras, tem-se um considerável aumento da intensidade do campo; as grandes nervuras da parte à direita não acarretam esse inconveniente [3, 4].

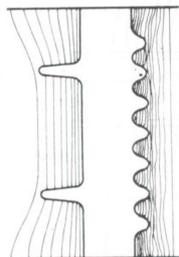


Figura 2: Influência das nervuras na distribuição do campo elétrico [3].

1.2. Física da contaminação

1.2.1. Tipos de depósitos que influenciam a suportabilidade dos isoladores e cabos.

Os depósitos mais importantes para o desempenho de espaçadores e isoladores são materiais solúveis que formam eletrólitos na presença de umidade, tais como sais originados do mar ou ácidos de indústria petroquímica ou outros geradores destes poluentes. Menos importantes seriam materiais que não formam eletrólitos originados de processos de transformação. Materiais iônicos e os inertes necessitam de umidade para afetar a condutividade superficial, ativados em condição de névoa, orvalho e chuva fina. Poluentes que mesmo sem umidade são condutivos incluem o carbono, alguns óxidos metálicos e metais na forma de poeira ou pó.

1.3. Processos de contaminação

Os processos que determinam o equilíbrio da contaminação das superfícies são a deposição de novos materiais e a lavagem dos depósitos antigos.

Os principais processos que transportam material para as superfícies dos isoladores e espaçadores são forças gravitacionais, atração eletrostática das partículas eletricamente carregadas, migração de partículas de alta permissividade em regiões de alta divergência de campo elétrico, evaporação de soluções ou suspensões e aprisionamento aerodinâmico de partículas. Sendo o aprisionamento de partículas o mais importante deles.

Quando o ar contendo partículas em suspensão flui através do isolador ou espaçador, a eficiência com a qual estes aprisionam partículas, dependem da sua forma geométrica, do tamanho e densidade das partículas e ainda da intensidade do fluxo de ar. O isolador ou espaçador força o fluxo a se dividir e forma pontos de estagnação onde partículas podem ser aprisionadas. O caso mais simples de aprisionamento é assim a deposição de partículas em pontos de estagnação, conforme pode ser visto na Figura 3.

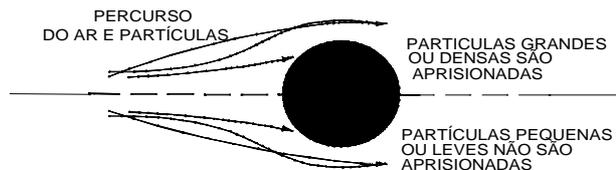


Figura 3: Dependência do aprisionamento de partículas em função do seu tamanho e densidade [1].

O turbilhonamento gerado pelo fluxo de ar nas paredes do espaçador ou isolador, conforme mostrado na Figura 4, podem gerar também depósitos e suas conseqüências.

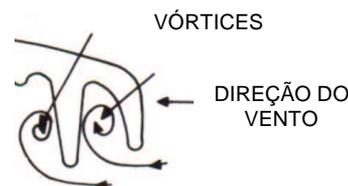


Figura 4: Formação de vórtices [1].

A retirada de partículas pelo fluxo de ar é auxiliada pela lavagem da água da chuva. O projeto das peças deve evitar a formação de fluxo contínuo de água para evitar correntes de fuga de grande intensidade ou até ruptura.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Materiais e Métodos

A rede piloto foi montada com cabo protegido de 35mm² de um único fabricante e espaçadores e demais acessórios de 3 outros fabricantes aqui denominados de A, B e C com as dimensões mostradas na Tabela 1, conforme Figura 5.

A rede piloto foi instalada próxima da arrebentação em um balneário do litoral do Paraná e sujeita às condições de demanda de energia da região.

O espaçador do fabricante A apresenta maiores dimensões (Tabela 1) entres condutores e não necessita de acessório de amarração pois é provido de um alça incorporada ao corpo do espaçador, o que possibilita a fixação do cabo apenas pelo berço do espaçador, resultando na parte inferior da interface cabo - espaçador menor área de contato em relação aos demais espaçadores analisados.

O espaçador do fabricante B apresenta menores dimensões entre fases e utiliza anéis de amarração em elastômero para a fixação ao cabo.

O espaçador do fabricante C apresenta dimensões intermediárias entre os dois outros fabricantes e foi utilizado tanto com anéis em elastômeros como com laços de amarração em polietileno.

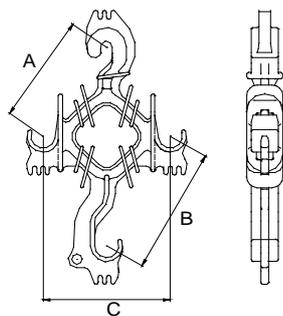


Figura 5: Espaçador genérico

Tabela 1: Dimensões dos espaçadores analisados. Dimensões em milímetros

FABRICANTE	Dimensão A	Dimensão B	Dimensão C
A	198,8	190,6	190,6
B	152,9	171,2	174,1
C	184,7	181,9	193,2

A avaliação das amostras foi realizada após 6 meses de instalação, através de inspeção visual e análise da superfície das amostras com microscópio estereoscópico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 mostra a região de fixação do cabo no espaçador do fabricante A, onde nota-se pouca alteração superficial.



Figura 6: Detalhe do cabo em contato com espaçador do fabricante A apresentando pouca alteração comparando com os demais espaçadores.

Na região de contato da amarração, do espaçador do fabricante B, com o cabo pode ser observado acúmulo de sal e início de trilhamento elétrico (Figura 7).



Figura 7: Detalhe do espaçador e acessórios do fabricante B, onde pode ser observado acúmulo de sal e pontos de trilhamento.

Pela Figura 8 observa-se trilhamento elétrico no cabo em na extremidade do laço de amarração e acúmulo de sal na região de contato do laço com o cabo. No laço de amarração pode ser notado trilhamento onde o cabo está em contato, ainda o laço apresenta rebarba do processo de injeção que pode acumular sal (Figura 9). O fato de apresentar esta imperfeição pode criar um região de

concentração de depósitos condutivos que induzem trilhamento elétrico.



Figura 8: Detalhe do espaçador do fabricante C, onde pode ser observado trilhamento sobre o cabo na extremidade da amarração e região de acúmulo de sal.



Figura 9: Detalhe do laço de amarração do fabricante C, onde pode ser visto trilhamento, onde o laço tem contato com o cabo.

Na Figura 10 o espaçador do fabricante C, com anéis de amarração, apresenta também regiões precursoras de trilhamento elétrico que coincidem com região de acúmulo de sal no cabo.

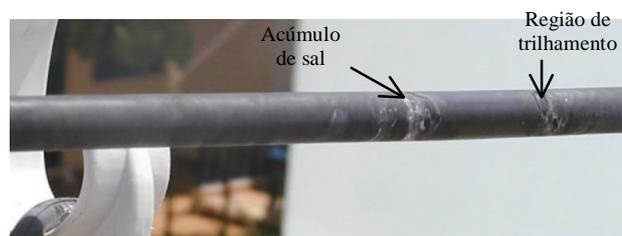


Figura 10: Detalhe do espaçador do fabricante C, Detalhe do ponto de amarração do espaçador com anel.

Pelas figuras anteriores nota-se que o melhor desempenho foi obtido pelo espaçador A, que possui dimensões maiores, a amarração é do mesmo material e formulação do espaçador e pela forma de fixação há menor contato do cabo com o dispositivo de amarração, o que pode diminuir acúmulos de poluentes.

Com isso pode-se supor que número de materiais e/ou formulações bem como forma de fixação influenciam no comportamento elétrico do sistema.

Fazendo uma avaliação da superfície dos espaçadores com microscópio estereoscópico, notou-se trilhamento em várias regiões, mapeadas na Figura 11. Por este resultado pode-se ver que o trilhamento ocorre com maior incidência na região fase-fase do que fase-neutro.

Foi observado que o trilhamento, na superfície dos espaçador, ocorre principalmente em regiões onde a peça apresentava mais imperfeições.

As regiões com maior dificuldade de limpeza, devido geometria da peça, apresenta maior acúmulo de depósitos e maior incidência de trilhamento elétrico como ilustrado na Figura 11.

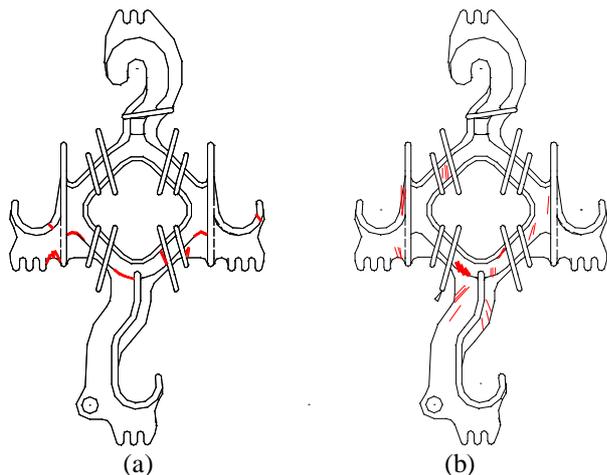


Figura 11: Ocorrência genérica de trilhamento elétrico (a) lado voltado para maior incidência de vento, (b) lado voltado para menor incidência de vento.

4. CONCLUSÕES

A região de instalação da rede piloto foi amplamente caracterizada ao longo do período de observação com relação à salinidade, presença de sulfetos e demais condições ambientais. Esta região apresenta-se como ambiente de alta agressividade e, portanto, impondo condições superiores às solicitações às usuais.

Embora as redes protegidas não sejam projetadas para às solicitações a que foi submetida, os resultados da rede piloto analisada podem auxiliar na melhoria do desempenho dos espaçadores para uso em ambiente de baixa e média agressividade.

Salienta-se que o procedimento de imprimir solicitações extremas pode ser utilizado para se obter resultados mais rapidamente.

Dimensões e formatos dos espaçadores, modo de fixação deste no cabo e número de materiais e/ou formulações podem influenciar no comportamento elétrico deste sistema.

Com base nas observações realizadas podemos inferir:

1. Para evitar o aprisionamento sugere-se geometria que não promova a formação de vórtices, ou seja, devem ser evitados os cantos vivos de forma a promover fluxos que não ocasionem aprisionamento de partículas;
2. As rebarbas observadas nos espaçadores dos três fabricantes propiciaram o aprisionamento de depósitos e, portanto, devem ser evitados;
3. Dispositivos de amarração tais como laços e alças pré formadas podem ser otimizados de forma a não permitir o aprisionamento de partículas.

5. TRABALHOS FUTUROS

Para dar continuidade aos estudos de compatibilidade, até aqui executados, foram realizadas modificações no ensaio de compatibilidade descrito no CODI-3.2.18.24.1[5], onde além do sistema de aspersão de chuva salina e temperatura através de corrente induzida, foi implementado a aplicação de tensão trifásica de forma a

solicitar as amostras como em campo. A fonte permite aplicar tensões até 34,5kV entre fases, conforme pode se r observado na Figura 12.

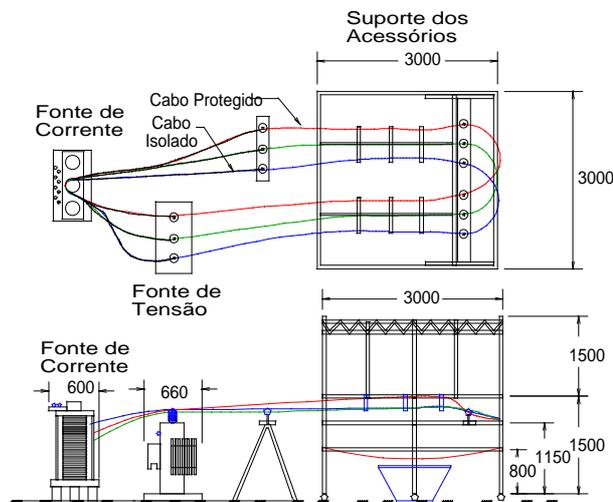


Figura 12: Vista Lateral e de topo da configuração de solicitação elétrica e precipitação salina. Dimensões em milímetros.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Looms, J. S. T. **Insulators for High Voltages**. Peter Peregrinus Ltda. England. 1988.
- [2] Vettorazi, R. **Simulação do campo elétrico em linhas de distribuição compactas**. Monografia PET da UFPR. Curitiba. 1997.
- [3] Todd, R. W. ; Thompson, W. D. **Outdoor high voltage Switchgear**
- [4] Peek, F. W. **Dielectric Phenomena in High voltage Engineering**. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1929.
- [5] ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS DO COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO- CODI **Especificação de espaçador, separador e amarrações para rede compacta de 13,8kV e 34,5kV**. 2000.