

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA SUBSTITUIÇÃO PONTUAL DE ISOLADORES EM CADEIAS CC DE ± 800 KV COM INSTALAÇÕES ENERGIZADAS

**RICARDO WESLEY SALLES GARCIA(1); JOSÉ ANTONIO D’AFFONSECA SANTIAGO CARDOSO(1);
FREDERICO TASSI DE SOUZA SILVA(1); CARLOS FREDERICO TROTTA MATT(1);
FABIANO RIBEIRO FARIA(2); DIEGO VASCONCELOS RAMOS MACHADO(2);
PEDRO MARCONDES DE BRITO(2); RODRIGO ALMEIDA SILVA DA COSTA(2);
JOHN FRANCIS GRAHAM(2); LUAN DE OLIVEIRA SENNA(2); ARMANDO ISAAC NIGRI(3)
(1)CEPEL; (2)SGBH; (3)ARMANDO ISAAC NIGRI CONSULTORIA DE ENGENHARIA EIRELI**

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar a metodologia desenvolvida para substituição pontual de isoladores de vidro quebrados presentes nas cadeias de suspensão dos bipolos de ± 800 kVCC de Belo Monte. A partir dos resultados dos ensaios elétricos realizados, simulando a atividade de troca de isoladores quebrados em diferentes posições na cadeia, com a presença de ferramenta específica, equipamentos de linha viva e simulando o eletricitista por um manequim com roupa condutiva, concluiu-se que a metodologia proposta pode ser aplicada com total segurança. O guia completo para o trabalho foi elaborado e sua aplicação no campo será comprovada após a homologação da roupa condutiva para uso em UAT.

PALAVRAS-CHAVE

Manutenção em linha viva, Linhas de transmissão em UATCC, isolador de vidro quebrado, ensaios de laboratório

1.0 - INTRODUÇÃO

A tecnologia UATCC é uma das tecnologias de transmissão de energia mais avançadas e eficientes. A característica mais proeminente disso é a grande capacidade de transmissão de energia por longas distâncias e baixa perda. A transmissão em ultra-alta tensão (UAT) resulta em requisitos mais complicados de operação e manutenção em comparação com o sistema de transmissão de ± 600 kV CC [1].

A China é pioneira na implantação e operação de sistemas em UAT, tendo atualmente mais de trinta linhas em operação. No Brasil, dois bipolos de transmissão de ± 800 kV CC foram construídos para a transmissão de energia da usina hidrelétrica de Belo Monte, de 11,2 GW, no Norte, até subestações no Sudeste.

O primeiro bipolo, operado pela Belo Monte Transmissora de Energia (BMTE), inclui uma estação conversora em Anapu (PA) e outra em Estreito (MG) com capacidade de transmissão de 4.000 MW, 2.076 km de linhas de transmissão e 3.808 torres que cruzam os estados do Pará, Tocantins, Goiás e Minas Gerais [2].

O segundo bipolo, operado pela Xingu Rio Transmissora de Energia (XRTE), é composto por uma estação conversora em Anapu (PA) e outra em Paracambi (RJ) com capacidade de transmissão de 4.000 MW, 2.539 km de linhas de transmissão e 4.448 torres cruzando os estados do Pará, Tocantins, Goiás, Minas Gerais e Rio de Janeiro [3].

A Figura 1 mostra uma vista do bipolo da BMTE e a Figura 2 apresenta as rotas esquemáticas desses dois bipolos.



FIGURA 1 – Bipolo ± 800 kV CC da BMTE [2]



FIGURA 2 – Rotas esquemáticas dos bipolos

De acordo com as regras e procedimentos regulatórios do Brasil, as empresas de transmissão de energia estão sujeitas a penalidades por interrupções ou indisponibilidade para atividades de manutenção programadas ou não programadas. Portanto, o esquema de manutenção em linha viva é muito necessário para minimizar a intervenção e o desligamento do sistema [1].

Cadeias de isoladores pesadas e mais longas são usadas em sistemas de transmissão UAT. Consequentemente, ferramentas de maior tonelagem para o trabalho em linha viva são necessárias. Tudo isso leva a condições de trabalho mais desgastantes para as equipes aumentando tempo e custo de intervenção.

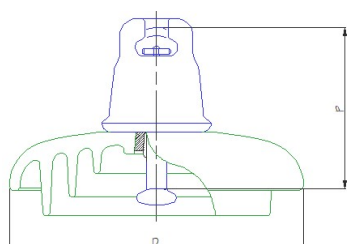
Adicionalmente, vale ressaltar que não existem normas internacionais para trabalho em linha viva UATCC e nem especificações técnicas disponíveis no Brasil. Recentemente, revisão da norma IEC 60895 [4] incluiu informações sobre uso de roupa condutiva para trabalhos de linha viva em UAT.

Com base nessas questões, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) propôs um projeto de P&D para a State Grid Brazil Holding (SGBH) a fim de avaliar um novo método para substituição de isoladores quebrados na manutenção de linha viva para o sistema UATCC, através de testes em seus laboratórios [1].

2.0 - METODOLOGIAS PARA SUBSTITUIÇÃO DE ISOLADORES DANIFICADOS

Uma grande parte de trabalho de linha viva é dedicada à troca de isoladores danificados. Como resultado, é importante saber a extensão do isolamento com problema que permite o trabalho em segurança para os eletricitistas, mantendo a confiabilidade da linha. A resistência residual de uma cadeia de isoladores nessas condições pode variar significativamente, dependendo do tipo de isoladores, do número e da localização das unidades danificadas e do grau de dano.

As cadeias de isoladores dos dois bipolos brasileiros são compostas por unidades de vidro tipo disco projetados especificamente para UATCC, com cargas mecânicas nominais de 320 kN e 420 kN, conforme mostrado na Figura 3. 40 unidades (420 kN) e 39 unidades (320 kN) são usadas para compor as cadeias de suspensão e passagem, respectivamente, em configuração "I" simples. As de ancoragem são compostas por quatro cadeias paralelas com 41 unidades cada (320 kN).



Características	320 kN	420 kN
Diâmetro (D)	360 mm	360 mm
Passo (P)	195 mm	205 mm
Distância de escoamento	645 mm	625 mm
Peso (aprox.)	13,9 kg	15,5 kg

FIGURA 3 – Perfil e características dos isoladores

A metodologia tradicional para substituição de isoladores quebrados faz uso de bastões tensores, para aliviar a carga aplicada na cadeia e suportar o peso dos cabos condutores, conforme visto na Figura 4, e utiliza duas técnicas: bastão trilho ou berço. Ambas as técnicas exigem a presença de eletricitista com roupa condutiva em contato com o potencial para fixação do jugo inferior do conjunto.

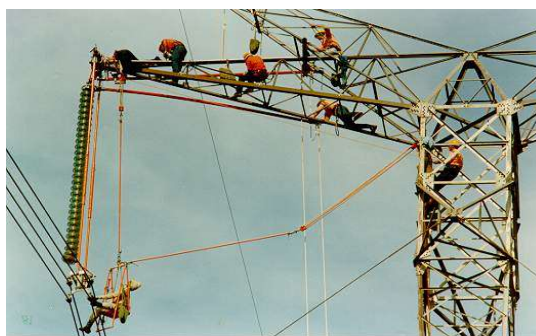


FIGURA 4 – Metodologia tradicional para troca de isoladores quebrados em cadeia de suspensão

2.1 - Bastão trilho

Após a liberação da cadeia pelo uso do conjunto de bastões tensores e jugos, é possível movimentá-la horizontalmente, aplicando o conjunto que compõe o bastão trilho conforme mostrado na Figura 5(a). Outro eletricitista, vestindo roupa condutiva e colocado em uma escada isolada, procede a substituição da unidade quebrada utilizando cordas para sustentar os isoladores (Figura 5(b)). Como alternativa, a cadeia pode ser baixada ao solo pelo uso de cordas, onde a troca é realizada pelos eletricitistas que estão no chão.

Neste procedimento, o eletricitista que se encontra na escada está em potencial flutuante e deve respeitar a distância mínima de aproximação definida para o arranjo em questão.

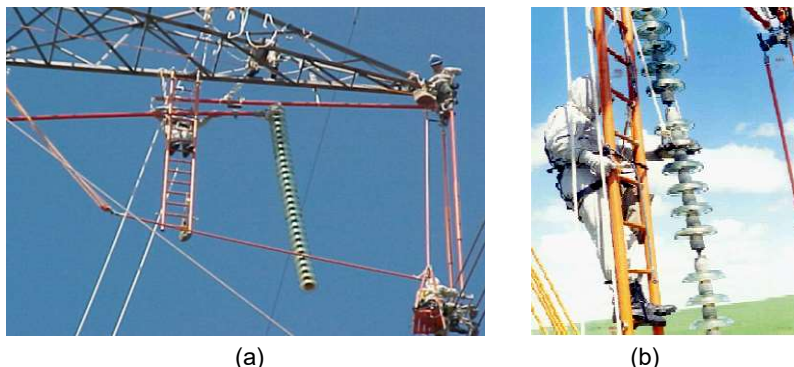


FIGURA 5 - (a) Aplicação do conjunto bastão trilho e (b) eletricitista trocando isolador quebrado

2.2 - Berço

Outra possibilidade é fazer uso do berço que, após ser colocado junto à cadeia de isoladores, é girado na direção da mísula onde a troca é realizada, conforme apresentado na Figura 6.

No caso de sistemas de UAT onde as cadeias de isoladores são de grande comprimento e têm um peso consideravelmente maior, a aplicação de ambas as técnicas exige um grande esforço por parte da equipe, podendo até não ser viável sua execução.

A partir desta situação, uma terceira opção foi considerada e é o objeto deste trabalho: uso de dispositivo para troca pontual sem a necessidade de remover a cadeia completa.



FIGURA 6 – Procedimento de troca de isolador quebrado usando o berço

2.3 - Dispositivo para troca pontual

A aplicação deste dispositivo permite a troca local da unidade quebrada, pois ele, sendo fixado à cadeia de isoladores, transfere para si a carga mecânica existente no isolador a ser trocado, permitindo sua remoção. Exemplo deste dispositivo está apresentado na Figura 7. Ele faz uso do colar existente na campânula do isolador para ser fixado à cadeia. Os materiais que compõem as peças do dispositivo são de liga de alumínio e aço-liga.

Com seu uso, não é necessário remover a cadeia de sua posição original. A Figura 8 mostra sua aplicação em uma demonstração com linha desenergizada.

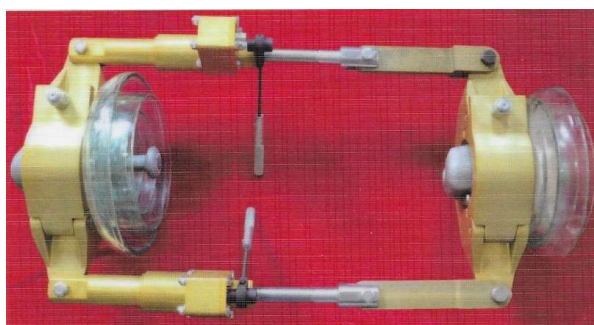


FIGURA 7 – Dispositivo para troca pontual de isoladores quebrados



FIGURA 8 – Aplicação de dispositivo para troca pontual de isolador quebrado

Para garantir a segurança deste procedimento com trabalho em linha viva, aspectos elétricos e mecânicos devem ser considerados devido à necessidade da presença de um eletricitista vestindo roupa condutiva em diferentes locais junto à cadeia de isoladores, bem como para avaliar a integridade mecânica do arranjo.

Para analisar esses aspectos, diversos ensaios foram realizados em laboratórios do CEPEL.

3.0 - ENSAIOS REALIZADOS E SEUS RESULTADOS

Os ensaios elétricos e mecânicos foram realizados no Laboratório de UAT externo (LabUAT externo) e no Laboratório de Materiais e Mecânica (LabMM), respectivamente.

3.1 - Testes elétricos

O LabUAT externo do Cepel é composto por três pórticos de 70 m de altura por 80 m de largura, espaçados entre si por 110 m, que permitem grande flexibilidade na montagem e teste de arranjos de linha com diversas configurações, para ensaios em CA de até 2250 kV e CC de até ± 1600 kV. A Figura 9 apresenta sua infraestrutura, e no detalhe o gerador de impulso.

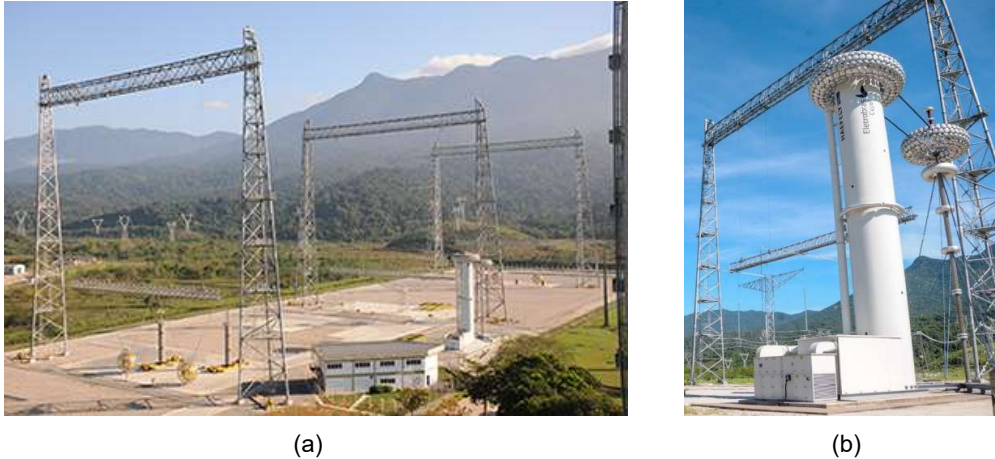


FIGURA 9 – (a) Vista geral e (b) detalhe do gerador de impulso de 6,4 MV, 640 kJ e divisor de tensão

Para a realização dos ensaios elétricos, foi montada uma cabeça de torre tipo estaiada real de ± 800 kV CC, com arranjo das cadeias em suspensão e com os feixes de cabos semelhantes aos existentes na linha, conforme mostrado na Figura 10.

A segurança elétrica do trabalho da linha viva é baseada em dois requisitos relativos à linha: a distância mínima de aproximação e o número mínimo de isoladores em bom estado na cadeia.

Há diferentes normas e guias regionais ao redor do mundo mas que não abrangem níveis de UAT. Semelhantemente, as normas internacionais não trazem parâmetros de análise para sistemas de UATCC, então a norma existente IEC61472 para sistema CA [5] foi usada como referência para balizar os cálculos iniciais para serem confirmados pelos ensaios no laboratório.

Os ensaios foram realizados considerando como máxima sobretensão no sistema devido à falta na linha o valor de 1,76 pu, conforme projeto.

A onda de tensão aplicada teve o formato padronizado de 250/2500 μ s.

3.1.1 - Distância mínima de aproximação (MAD)

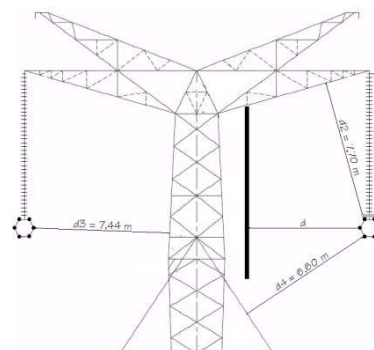
Para determinar este parâmetro, um painel metálico foi colocado entre o corpo da torre e os cabos condutores em diferentes distâncias, conforme mostrado na Figura 11(a). Todas as distâncias envolvidas na avaliação elétrica estão representadas na Figura 11(b).



FIGURA 10 – Cabeça de torre estaiada de ± 800 kV CC montada no LabUAT



(a)



(b)

FIGURA 11 - (a) Painel metálico para definição da MAD e (b) distâncias consideradas.

Com base nos testes realizados, cujos resultados são apresentados em detalhe em [6], a distância mínima de aproximação foi definida em 6,70m.

3.1.2 - Número mínimo de isoladores em bom estado

Para determinar este parâmetro, várias configurações usando isoladores curto-circuitados para simular unidades quebradas foram testadas, considerando diferentes quantidades e posições ao longo da cadeia de isoladores.

A partir dos resultados obtidos nos ensaios e apresentados em [6], o número mínimo de isoladores em bom estado na cadeia de 39 isoladores foi de 31 unidades. Por conseguinte, isso significa que o número máximo de isoladores quebrados nesta configuração é 8.

3.1.3 - Arranjos para manutenção de linha viva

Após as definições anteriores, a fim de avaliar a metodologia proposta, foram realizados testes para verificar se a presença do eletricitista vestindo roupa condutiva em diferentes posições e em potencial elétrico flutuante era capaz de suportar uma possível sobretensão de falta durante o trabalho em linha viva.

O eletricitista foi simulado por um manequim vestido com roupa condutiva, sentado em uma cadeira isolante, conforme mostrado na Figura 12. A Figura 13 apresenta a simulação da troca de isolador no meio da cadeia, usando os materiais de linha viva, incluindo o dispositivo para troca pontual.



FIGURA 12 – Manequim com roupa condutiva sentado na cadeira isolante



FIGURA 13 – Simulação da troca de isolador no meio da cadeia usando dispositivo de troca

Embora o número máximo de isoladores quebrados na cadeia tenha sido determinado em 8 unidades neste caso, a presença do eletricitista e do dispositivo de troca pontual curto-circuita 6 isoladores. Isso significa que a metodologia proposta pode ser aplicada somente quando o número máximo de isoladores quebrados for 3, espalhados na cadeia.

Diversas configurações foram testadas quanto à posição do eletricitista, considerando seu deslocamento da torre para a cadeia de isoladores e a substituição do isolador quebrado em diferentes posições ao longo da cadeia. A Figura 14 mostra fotos de descargas obtidas com câmera de ultravelocidade durante os ensaios.



(a)



(b)



(c)

FIGURA 14 – Fotos de descargas com eletricitista (a) embaixo, (b) no meio e (c) no topo da cadeia

Os resultados dos testes, descritos detalhadamente em [7], confirmaram que todos os arranjos testados para avaliar a segurança do eletricitista que executa a manutenção da linha viva junto à cadeia de isoladores suportam valores de sobretensão maiores do que o valor máximo esperado para ocorrer na linha, sob condições de falta.

3.2 - Testes mecânicos

Alguns ensaios mecânicos foram realizados no laboratório LabMM do Cepel para avaliar a resistência mecânica do conjunto formado pelo dispositivo de troca e pelos isoladores. A máquina de teste de tração usada tem uma carga limite de 300 kN. A Figura 15 apresenta o arranjo de teste.

Levando-se em consideração que a carga máxima de tração durante a manutenção da linha viva é da ordem de 100 kN, os resultados dos testes de carga mecânica realizados no conjunto mostraram que este tipo de dispositivo pode ser aplicado na linha para substituir isoladores danificados pontualmente [8].

Foi realizado um ensaio de ruptura para avaliar o limite de carga de tração que suporta o conjunto dispositivo e isoladores de 320 kN. O resultado apresentado em [8] mostra que o conjunto suportou uma carga de tração de aproximadamente 250 kN sem romper, bem superior à carga de serviço.

Este resultado indica que o dispositivo pode ser aplicado sem a necessidade da presença dos bastões tensores para aliviar a carga na cadeia de isoladores. Contudo, por questão de segurança do eletricitista e também da confiabilidade do sistema, a proposta de trabalho inclui os bastões.

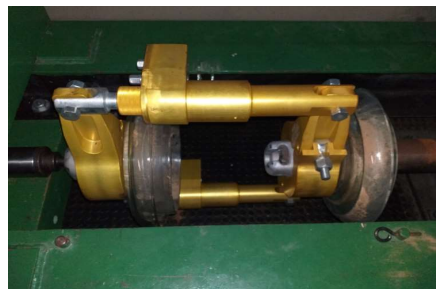
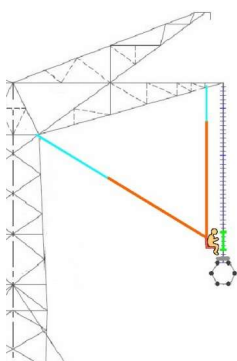


FIGURA 15 – Arranjo submetido ao ensaio de tração para conjunto de 320 kN

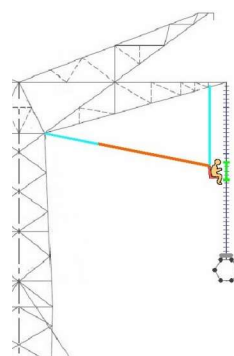
4.0 - DEFINIÇÃO DO PROCEDIMENTO DE LINHA VIVA

As três posições do eletricitista mostradas na Figura 16 [7] foram consideradas como base para definir a metodologia a ser aplicada na substituição de unidades quebradas em cadeia de isoladores de suspensão dos bipolos de ± 800 kV CC. Dois outros arranjos incluindo os bastões tensores nas configurações com o eletricitista próximo aos condutores e no meio da cadeia também foram considerados.

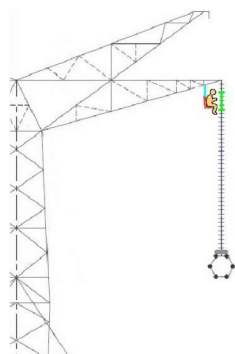
Somente para a substituição do isolador conectado ao balancim, identificado como o primeiro, ou daquele conectado ao prolongador no lado da mísula, identificado como o último isolador, não se aplica o dispositivo para troca local, já que o dispositivo utilizado precisa ser fixado a um isolador superior e/ou inferior ao que será trocado.



(a)



(b)



(c)



FIGURA 16 - Simulação de troca (a) do 5º isolador; (b) do 21º isolador e (c) do 37º isolador

Foram estabelecidos quatro procedimentos em função da posição do isolador quebrado. Em cada uma das situações, o eletricitista deve acessar a cadeia de isoladores de maneira diferente, usando os equipamentos adequados.

Por não poder testar os procedimentos em campo com linha desenergizada, devido à impossibilidade de desligar a linha, eles foram realizados no laboratório, tendo sido confirmada sua adequação. Assim, após a homologação da roupa condutiva pelo Ministério do Trabalho, a aplicação do método estará liberada para linha viva.

Para todos os procedimentos, a primeira atividade é a colocação do conjunto bastões tensores e jugos que vai liberar a carga da cadeia de isoladores. Um eletricista com roupa condutiva deve ser deslocado do corpo da estrutura até ao potencial usando uma cadeira isolante. Este eletricista permanece no potencial até o fim do trabalho. Resumidamente, as informações a seguir apresentam os procedimentos para troca da unidade quebrada em função da sua posição na cadeia de isoladores.

4.1 - Isolador quebrado na parte superior da cadeia

No caso de o isolador quebrado ser uma das quatro unidades próximas à mísula, é utilizada uma escada plataforma com ganchos para fixá-la diretamente na estrutura. Um eletricista com roupa condutiva desce até a plataforma para proceder a troca da unidade quebrada.

4.2 - Isolador quebrado na metade superior da cadeia

No caso de o isolador quebrado ser um entre os isoladores 36 e 21, o deslocamento do eletricista com roupa condutiva é feito a partir do corpo da estrutura com cadeira isolante sustentada por um bastão isolante tipo olhal e dois moitões triplos conectados na torre conforme Figura 16(b). Ele permanece sentado durante todo o procedimento de troca.

4.3 - Isolador quebrado na metade inferior da cadeia

No caso de o isolador quebrado ser um entre os isoladores 20 e 5, o deslocamento do eletricista com roupa condutiva é feito a partir do corpo da estrutura com cadeira isolante sustentada por dois bastões isolantes tipo olhal e dois moitões triplos conectados na torre conforme Figura 16(a). Ele permanece sentado durante todo o procedimento de troca.

4.4 - Isolador quebrado na parte inferior da cadeia

No caso de o isolador quebrado ser um entre os isoladores 4 e 1, o deslocamento do eletricista com roupa condutiva é feito a partir do corpo da estrutura usando a mesma cadeira que movimentou o primeiro eletricista. Neste caso, a cadeira é retornada ao corpo da estrutura e os eletricistas ficam apoiados no arranjo condutores-balancim para a realização do serviço.

Em todos os casos:

- Como primeiro procedimento ao atingir o ponto de trabalho, o eletricista precisa equalizar o potencial dos 6 isoladores ao redor daquele a ser trocado com o bastão de aterramento estático.
- O dispositivo para a troca pontual é levado ao eletricista por outros membros da equipe usando ferramentas de linha viva de modo que seja montado por partes.
- Tendo sido tracionado o conjunto tensor, o eletricista traciona o dispositivo para liberar a unidade a ser trocada.
- O isolador quebrado é retirado e o isolador novo, levado por outros membros da equipe por meio de ferramentas de linha viva, é colocado.
- Após a troca, todo o processo é refeito na sequência inversa em relação aos passos realizados.

5.0 - CONCLUSÕES

Os testes elétricos realizados no LabUAT externo do CEPEL mostraram que todos os resultados obtidos nos diferentes arranjos testados apresentaram valores de sobretensão maiores do que a máxima sobretensão de falta esperada para o sistema de ± 800 kV CC.

Os resultados dos ensaios mecânicos realizados no LabMM do CEPEL também indicaram que o conjunto dispositivo + isoladores pode suportar a carga operacional da linha em condições de trabalho em linha viva.

Dos resultados obtidos, conclui-se que é viável a execução de trabalho em linha viva sem a necessidade de retirada da cadeia de isoladores no arranjo de suspensão para substituição das unidades quebradas nas linhas de transmissão ± 800 kV DC de Belo Monte, diminuindo o esforço físico da equipe e possibilitando redução de tempo de trabalho e, conseqüentemente, de custo envolvido, garantindo segurança e confiabilidade no procedimento.

Embora não tivessem sido realizados ensaios para cadeias de ancoragem, esta metodologia também pode ser empregada para troca pontual nessas cadeias já que neste caso as demais cadeias em paralelo facilitam a divisão da carga. A entrada do eletricista com roupa condutiva deve ser feita por escada, em movimento circular a partir da mísula.

6.0 - AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Técnico Peterson Paes Leme de Souza pelo apoio na realização dos ensaios elétricos e aos técnicos da Oficina Mecânica pelo apoio na montagem dos arranjos no LabUAT e aos Técnicos Antonio Carlos de Andrade e Silva e Belchior Reis Neto pelo apoio na condução os ensaios mecânicos no LabMM

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ZUO, F. et all, "Development of Methodology for Replacement of Damaged Glass Insulators in UHVDC Transmission Lines", 16th IET International Conference on AC and DC Power Transmission (ACDC 2020) Virtual Conference, paper no., vol. 2, pp.1328-1334, July, 2nd-3rd 2020
- [2] BMTE - Belo Monte Transmissora de Energia, <http://www.bmte.com.br/en/>, acessado em 27 de dezembro de 2019
- [3] <https://www.nsenergybusiness.com/projects/belo-monte-rio-de-janeiro-uhvdc-transmission-project/>, acessado em 27 de dezembro de 2019
- [4] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Live working – Conductive clothing. IEC 60895 3rd ed., 2020, Switzerland
- [5] INTERNATIONAL ELECTROTECHNIC COMMISSION. Live working – Minimum approach distances for a.c. systems in the voltage range 72,5 kV to 800 kV – A method of calculation. IEC61472, 3rd ed., 2013, Switzerland
- [6] GARCIA, R. W. S., SILVA, F. T. S., CARDOSO, J. A. A. S., NIGRI, A. I., Minimum Approach Distance and Maximum Number of Damaged Insulators – Experimental Results, Technical Report CEPEL no. DLE-1704/2020
- [7] GARCIA, R. W. S., CARDOSO, J. A. A. S., SILVA, F. T. S., NIGRI, A. I., Results of Switching Impulse Tests to Define Live Line Procedures to Be Applied to ± 800 kV DC Suspension Tower, Technical Report CEPEL no. DLE-7383/2019
- [8] MATT, C. F. T. et all, Mechanical tests on assemblies composed by glass insulators and a clamping tool for replacing ultra-high-voltage tonnage insulator, Test Report CEPEL no. DLF-1812/2020

DADOS BIOGRÁFICOS



Ricardo Wesley Salles Garcia – Graduado em Engenharia Elétrica pela UFRJ (1982), com mestrado em Engenharia Elétrica pela COPPE/UFRJ (1988). Pesquisador do Cepel desde Março/1985, onde atua em diversas atividades relacionadas a comportamento elétrico de isoladores e em estudos de manutenção de linhas de transmissão. Membro dos Comitês de Estudos CE-D1 e CE-B2 do Cigre-Brasil, sendo coordenador do GT CE-B2.03 – Isoladores, e representante em Working Groups dos Study Committees SC-D1 e SC-B2 do Cigre Internacional, desde 2000. Participa do Comitê de Normalização sobre Isoladores do COBEI/ABNT. Mais de 30 artigos apresentados em eventos técnicos nacionais e no exterior.

(2) JOSÉ ANTONIO DAFFONSECA SANTIAGO CARDOSO

Graduação em Engenharia Elétrica - Eletrotécnica pela UFRJ (2001) e mestrado em Engenharia Elétrica pela UFRJ (2006). É pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL desde 2002, atuando no laboratório de Ultra Alta Tensão. Trabalhou também na EPE entre 2011 e 2015, na superintendência de Transmissão de Energia. Área de atuação: técnica de ensaios de Alta Tensão (avaliação do desempenho de equipamentos e linhas de transmissão e desenvolvimento de tecnologia da câmera UV) e estudos de transitórios eletromagnéticos de sistemas CA e CC. Membro do CE D1 e A3 Brasil e WG internacionais.

(3) FREDERICO TASSI DE SOUZA SILVA

Graduado em Engenharia Elétrica pela UFJF e Mestre em Sistemas de Energia Elétrica pela UFJF. Atualmente, atua como pesquisador no Departamento de Gestão de Ativos no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica CEPEL. Interessa-se por isoladores em alta tensão, coordenação de isolamento e técnicas em ensaios com isoladores.

(4) CARLOS FREDERICO TROTTA MATT

Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1997. Mestre e Doutor em Ciências em Engenharia Mecânica pela COPPE/UFRJ em 1999 e 2003. Possui experiência com métodos híbridos para a solução de sistemas de equações diferenciais parciais, métodos determinísticos e estatísticos para solução de problemas inversos. Desde Junho de 2002 é pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). Atua em projetos de pesquisa voltados para análise de vibrações mecânicas em componentes e equipamentos de usinas de geração e sistemas de transmissão em alta tensão.

(5) FABIANO RIBEIRO FARIA

Nascido em Itapeva, SP em 19 de dezembro de 1972. Técnico em Eletrotécnica (1990) Graduado em Engenharia Elétrica - UNIP – Bauru. Graduado em Tecnologia de Processamento de Dados - FATEC São Paulo. Empresas: 1996 a 2013 - CESP / CTEEP 2013 a 2019 - IE Madeira S/A – Gerente de manutenção de linha de transmissão 2019 - atual - Xingu Rio Transmissora de Energia - Gerente de manutenção de linha de transmissão.

(6) DIEGO VASCONCELOS RAMOS MACHADO

Graduado em Engenharia Civil pela UNESA (2014). Com início no setor elétrico em 2004 e desde agosto/2020 atuando como Coordenador de Engenharia de Linha de Transmissão na State Grid Brazil Holding, trabalhando na coordenação de engenheiros para o desenvolvimento de soluções técnicas e aprovações de projetos suportando as equipes de implantação e Operação & Manutenção. Membro do Comitê de Estudos CE-B2 do Cigre-Brasil. Contribuindo como coordenador de projeto na implantação de 600 km de Linha de Transmissão com 6 cabos condutores em feixe expandido nos estados de Goiás e Bahia, sendo esta a primeira do Brasil.

(7) PEDRO MARCONDES DE BRITO

Graduado em Engenharia Elétrica pela UFF (2010), com mestrado em Engenharia Elétrica pela COPPE/UFRJ (2014). Iniciou sua carreira atuando na área de projetos para o setor de óleo e gás e desde 2012 atua no setor elétrico desenvolvendo atividades de projeto e estudos referentes a linhas de transmissão e subestações. Atualmente ocupa o cargo de gerente de engenharia na State Grid Brazil Holding.

(8) RODRIGO ALMEIDA SILVA DA COSTA

Graduado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ) (2014), MBA em Gerenciamento de Projetos pelo IAG (PUC- RJ) (2016) e MBA em Finanças pelo IBMEC (2020). Experiência em grandes empresas atuando como engenheiro e/ou gerente de projetos: Grupo Águas do Brasil (Concessão de Distribuição de Águas) (2010-2011), Grupo Enel Brasil (Distribuição de Energia) (2012-2015), LIGHT SE.S.A (Distribuição de Energia) (2015 – 2018) e State Grid Brazil Holding (Concessões de Transmissão) (2018-Atualmente) .Membro titular da ABRATE (Associação Brasileira das Empresas de Transmissão de Energia) atuando como coordenador suplente da força Tarefa de P&D.

(9) JOHN FRANCIS GRAHAM

Engenheiro Eletricista desde 1965, atuando com transmissão de energia, notadamente HVDC. Anos na ABB, e desde 2013 na SGBH. Trabalhos incluiu o estudo e contratação dos dois elos de UHVDC de Belo Monte, ± 800 kV, 4000 MW. Recentemente, o foco tem sido em projetos de P&D, incluindo de sistema de transmissão UHVAC (1000

kV) para integrar energia renovável ao sistema brasileiro. Membro ativo do Cigre SC B4 "HVDC e Eletrônica de Potência" incluindo secretário do TB 388 "Linhas HVDC na Economia de Projetos" e membro do TB 417 "Avaliação Tecnológica de HVDC em 800 kV".

(10) LUAN DE OLIVEIRA SENNA

PMP Certificado pelo PMI, Graduado em Engenharia Produção pela UNESA (2014), com MBA em Gerenciamento de Projetos pela UCAM (2016) e MBA em Administração de Negócios do Setor Elétrico pela FGV (2020). Coordenador na State Grid Brazil Holding S.A, onde atua no gerenciamento dos projetos de Inovação referente ao programa de P&DI. Membro do Comitê de P&D da ABRATE. Foi o Coordenador de Contratos de Linha de Transmissão do projeto XRTE (2º bipolo de Belo Monte em 800 kV - (>2500km/LT)).

(11) ARMANDO ISAAC NIGRI

Engenheiro eletricitista- 1973 - graduado pela Pontifícia Universidade Católica PUC/RJ - 1974 a 2003 - Furnas Centrais Elétricas- 2003 a 2021 - consultor independente.