

Grupo de Estudo de Linhas de Transmissão (GLT)

RELATÓRIO ESPECIAL PRÉVIO

CARLOS ALEXANDRE M. DO NASCIMENTO -
MARCOS CESAR DE ARAUJO - ELETRONORTE
SIDNEI MASSAMI UEDA - Alubar

1.0 CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.0 CLASSIFICAÇÃO DOS INFORMES TÉCNICOS

Os 35 (trinta e cinco) Informes Técnicos apresentados estão classificados segundo 7 (sete) temas preferenciais propostos pelo Grupo de Linhas de Transmissão, conforme indicado a seguir:

I. Novas concepções e tecnologias para LTs CA e CC, incluindo componentes: 12 ITs

II. Uso e ocupação das faixas de passagem de LTs: 2 ITs

III. LTs CA e CC e os campos elétricos e magnéticos: 1 IT

IV. Aumento da segurança, da confiabilidade e da disponibilidade das LTs: 10 ITs

V. Estudos e projetos especiais: 3 ITs

VI. Estudos de desempenho em LTs aéreas e subterrâneas: 3 ITs

VII. Manutenção, recapacitação e repotenciação de LTs: 4 ITs

2.1 441 - Novas concepções e tecnologias para LTs CA e/ou CC e seus componentes:

- 145 - LPNE DE 1670 MW COM SUBFEIXES DE CONDUTORES (SPLITFEX).
- 162 - Desenvolvimento e Avaliação de Revestimentos Super-Hidrofóbicos para Aplicações em Isoladores Elétricos
- 190 - MANUTENÇÃO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO ULTRA-ALTA TENSÃO 800 KVCC - DESAFIOS E SOLUÇÕES DE ENGENHARIA
- 221 - Backfill Fluidizado com Elevada Condutividade Térmica e Auto-Compactante para Sistemas Subterrâneos
- 456 - FLEXIBILIZAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO EM REGIÃO LITORÂNEA DE FORMA COMPACTA: ADOTANDO LINHA DE TRANSMISSÃO MISTA (AÉREA + SUBTERRÂNEA)
- 1245 - Linha de Eletrodo Conversora Terminal Rio: Características Especiais, Desafios Técnicos e Critérios Diferenciados de Projeto.
- 1318 - CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE TÉCNICA ECONÔMICA EM OBRAS DE RECAPACITAÇÃO DE LINHAS. A EXPERIÊNCIA DA CEMIG D COM A TÉCNICA DE RECONDUTORAMENTO.
- 626 - Inteligência Artificial aplicada ao projeto de estruturas para linhas de transmissão
- 632 - Projeto, fabricação e montagem de estruturas para LTs na era da Indústria 4.0 e Internet das Coisas

2.2 442 - Campos elétricos e magnéticos:

- 144 - CORONA VISUAL EM CABOS ENCORDADOS - REVISÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO E APLICAÇÕES PRÁTICAS
- 606 - Análise de procedimento de manutenção em linha viva e desenvolvimento de soluções para aumento de segurança dos eletricitistas
- 1262 - Estudo de modelos no domínio do tempo no cálculo de campo elétrico no solo em corredores híbridos CA/CC

2.3 443 - Uso e ocupação das faixas de passagem de LTs:

- 351 - DEFINIÇÃO DE ÁREA IDEAL DE MANUTENÇÃO EM FAIXA DE SERVIDÃO
- 1140 - Impacto do Seccionamento de LTs nas Interferências Eletromagnéticas em Dutos Próximos dos Trechos Existentes das LTs Seccionadas
- 879 - Implantação do MIV - Manejo Integrado de Vegetação na CEMIG GT como metodologia sistemática de manutenção e controle de vegetação nas faixas de servidão de LTs de extra alta tensão em substituição ao manejo convencional com roçada.
- 481 - VARIÁVEIS PARA O DIRECIONAMENTO DE USOS PARA AS ÁREAS DE FAIXA DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO
- 1434 - Sistema de monitoramento remoto e previsão de risco de invasão de faixas de servidão

2.4 444 - Aspectos de segurança, confiabilidade e disponibilidade das LTs:

- 12 - Modelo e análise do impacto da supercompactação de linhas de transmissão urbanas 138 kV da Copel nas sobretensões transitórias com uso do software ATP.
- 22 - A EXPERIÊNCIA DA CEMIG NA INSTALAÇÃO DE CABOS CONDUTORES AÉREOS PARA ALTAS TEMPERATURA DE OPERAÇÃO - ASPECTOS CONSTRUTIVOS, DE SEGURANÇA E CONFIABILIDADE DAS LINHAS
- 143 - Manutenção em linha energizada de corrente contínua ± 800 kV – avaliação experimental da distância de segurança
- 1118 - Análise das fundações de uma linha de transmissão de energia em estacas metálicas helicoidais
- 1084 - LINHAS DE TRANSMISSÃO COM CABOS ISOLADOS DE ALTA E EXTRA ALTA TENSÃO NO BRASIL: UMA REALIDADE COM DEMANDA CRESCENTE
- 551 - Sistema de Monitoramento e Diagnóstico de Biofilmes Condutores em Isoladores da Regional de Transmissão do Pará da Eletronorte

2.5 445 - Estudos de desempenho de LTs e seus componentes:

- 112 - Experiência inédita de Furnas no estudo e aplicação de para-raios de óxido de zinco (ZnO) em linhas de transmissão de extra alta tensão de 345 kV com resultados satisfatórios na diminuição dos desligamentos da LT provocados por descargas atmosféricas
- 370 - Novas alternativas para garantir a qualidade do aço galvanizado utilizado em linhas de transmissão
- 556 - SUPERAÇÃO DE ATIVOS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO COM CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO ACIMA DA CAPACIDADE DOS CABOS PARA-RAIOS - CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E PROPOSTA DE SOLUÇÃO
- 1204 - Ensaio de Determinação do Comportamento Vibracional de Cabos Condutores em Linha de Transmissão Experimental
- 940 - Novas metodologias para aferição da qualidade de aterramentos de pé-de-torre de Linhas de Transmissão para fins de desempenho frente a descargas atmosféricas pela medição impulsiva
- 1401 - Escolha de Materiais e Dimensionamento de Backfill em Linhas de Transmissão Subterrânea

2.6 446 - Aplicação de tecnologias não convencionais ou complementares em LTs:

- 287 - ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS ELÉTRICOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO UTILIZANDO MEDIÇÕES SINCROFASORIAIS
- 412 - RECAPACITAÇÃO DA LD 138 kV TRINDADE - DESTERRO - ANÁLISE E EXPERIÊNCIA DA CELESC-D NA UTILIZAÇÃO DE CABOS DE BAIXA FLECHA E ALTA TEMPERATURA DE OPERAÇÃO
- 997 - ESTIMAÇÃO DE ESTADOS E ANÁLISE DE ERROS GROSSEIROS APLICADOS A SISTEMAS DE MONITORAMENTO DA AMPACIDADE EM TEMPO REAL
- 1086 - Sistemas de monitoramento e Ampacidade de LTs: uma correlação entre geração eólica e o aumento da capacidade de transmissão da rede
- 673 - Sistema de vigilância de incêndios e de focos de calor (Vfogo): Plataforma de tomada de decisão para monitoramento ambiental e operação de LTs
- 547 - ESTACAS HELICOIDAIS - ANÁLISE DE PROVAS DE CARGA À TRAÇÃO

3.0 RELATÓRIO SOBRE OS INFORMES TÉCNICOS

3.1 - LPNE DE 1670 MW COM SUBFEIXES DE CONDUTORES (SPLITFEX).

ANDRE HOFFMANN(1); JOÃO NELSON HOFFMANN(1); - Fasttel(1);

As linhas tipo LPNE de 500 kV com SIL (Surge Impedance Loading) de 1670 MW e feixe de 6 cabos, foram concebidas para uso de torres tipo crossrope, as quais são apropriadas para terrenos planos e solos de boa resistência mecânica. Em regiões com topografia acidentada, que implicam na utilização obrigatória de torres autoportantes do tipo Raquete ou Cálice (mais onerosas), tem sido constatado que os empreendimentos requerem soluções alternativas, o que levou ao desenvolvimento da série de torres que denominamos Splitfex, objeto deste Informe Técnico. A solução proposta tem a propriedade fundamental de permitir a utilização de torres autoportantes mais leves de modo a manter o SIL (reatância) mesmo em terrenos acidentados, uma vez que a geometria dos cabos se mantém ao longo de toda a extensão da linha de transmissão, sem aumento de custos.

Perguntas e respostas:

A) Os autores apresentam na Figura 3 a nova configuração com 6 condutores por fase no 500 kV e 1670 MW. Seria possível essa mesma configuração de torre suportar 2 circuitos de 500 kV com três condutores por fase e aumentar a capacidade de transmissão desse corredor? Os autores poderiam comentar essa hipótese?

A configuração na forma de circuito duplo (um circuito em cada lado) não é viável com este cabo condutor. O subfeixe com 3 condutores 838MCM somente é possível pela proximidade do outro subfeixe, que alivia os campos elétricos superficiais. Ao utilizar esta configuração na forma de circuito duplo com feixes de 3 cabos, os níveis de campo elétrico superam os limites e assim, um feixe triplo, nestas condições, não seria viável para 500kV Circuito Duplo.

B) Os autores podem apresentar um comparativo mais detalhado entre as soluções estudadas para o caso real citado no item 9.0, considerando percentual de estruturas estaiadas e autoportantes, respectivos pesos totais, variação de faixa, bem como os custos respectivos?

Os casos reais onde esta solução foi aplicada, está em fase de Projeto Executivo ainda com os fatores citados estão em desenvolvimento. No início do ano de 2020 teremos os parâmetros definitivos para refinar a estimativa apresentada no item 9.0. da I.T.

C) Uma pergunta desafiadora para os autores: 1670 MW seria o limite para Lts de 500 kV? Com outras formas de feixe e otimização seria possível avançar mais, sem haver naturalmente um aumento de custos expressivos? Ainda, há possibilidade de se estender esta tecnologia para tensões, como 750 kV, com resultados benéficos aos obtidos em 500 kV?

Cada caso deve ser estudado especificamente para a aplicação pretendida, seja em 500 kV ou outro nível qualquer de tensão. Foi realizado um estudo paralelo para linhas longas (>250km) em 230kV circuito simples, dois cabos por fase, em que a Reatância máxima foi citada nos relatórios técnicos do edital. Naquela ocasião, a solução para 230kV foi considerada viável. Entendemos que não há como generalizar e responder de maneira definitiva e única a esta questão. Porém os pontos determinísticos para aplicação da solução serão: Definição formal do limite da reatância, terrenos ondulados, baixo percentual de estaiadas. Casos reais em que sejam identificados estes problemas e em qualquer tensão, tornam-se passíveis de estudos aprofundados de viabilidade técnica.

3.2 - Desenvolvimento e Avaliação de Revestimentos Super-Hidrofóbicos para Aplicações em Isoladores Elétricos

ARTHUR DE CASTRO RIBEIRO(1); JOSÉ GERALDO DE MELO FURTADO(1); LUIZ ALBERTO FERREIRA DA SILVA(1); RICARDO WESLEY SALLES GARCIA(1); - CEPEL(1);

A aplicação de revestimentos super-hidrofóbicos vem sendo recentemente proposta como alternativa para controlar a molhabilidade e evitar falhas elétricas motivadas pela formação de caminhos condutivos na superfície de isoladores elétricos instalados em ambientes poluídos e úmidos. Este trabalho objetiva descrever a influência de diferentes formulações, variando-se o tipo de cargas, nas propriedades físico-químicas, morfológicas e de resistência ao desenvolvimento de corrente de fuga de revestimentos compostos super-hidrofóbicos. Acredita-se que os resultados encontrados, principalmente em termos de redução de corrente de fuga e de incremento da resistência ao trilhamento, contribuirão para o desenvolvimento desta tecnologia, especificamente, como revestimentos em isoladores elétricos.

Perguntas e respostas:

A) Os autores afirmaram que "Acredita-se que os resultados encontrados, principalmente em termos de redução de corrente de fuga e de incremento da resistência ao trilhamento, contribuirão para o desenvolvimento desta tecnologia, especificamente, como revestimentos em isoladores elétricos.". Assim, quais serão os próximos passos para atingir esse objetivo?

O objetivo desta pesquisa é desenvolver um revestimento super-hidrofóbico para aplicação em isoladores elétricos outdoors a fim de que ele apresente características satisfatórias do ponto de vista elétrico, físico-químico e de durabilidade. O estudo apresentado no artigo revelou aspectos interessantes para algumas formulações desenvolvidas como, por exemplo, resistência ao trilhamento elétrico até 3,25 kV (método stepwise). Mais importante, foi apresentado que o tipo de carga utilizado afeta sensivelmente suas propriedades de mitigação da corrente de fuga e de carga elétrica acumulada. Entretanto, as espessuras dos revestimentos revelaram-se pequenas e houve problemas de coesão entre camadas, o que indica a necessidade de se aprimorar a formulação ou o método de aplicação. Assim, o trabalho atual está focado principalmente em melhorar estes aspectos do revestimento. Sendo isto superado, pretende-se testar os revestimentos desenvolvidos em isoladores de vidro, por exemplo, nos ensaios de névoa salina. Caso os resultados sejam promissores, os revestimentos serão avaliados em campo quanto a sua durabilidade e eficiência.

B) Considerando a capacidade de autolimpieza dos revestimentos super-hidrofóbicos, os autores poderiam comentar sobre as possíveis vantagens que tais revestimentos poderão trazer para as atividades de manutenção em comparação aos isoladores sem revestimento e com revestimento de RTV, como, por exemplo, a eliminação da lavagem de isoladores?

Acreditamos que a necessidade de lavagem de isoladores, que é uma característica marcante para isoladores cerâmicos sem revestimento situados em áreas com nível de poluição elevado, seria, em teoria, reduzida drasticamente com a utilização de revestimentos super-hidrofóbicos autolimpantes. A possibilidade de autolimpieza da superfície do isolador, ao se utilizar revestimentos super-hidrofóbicos, pode diminuir os custos de manutenção e inspeção de isoladores, além de poder diminuir o número de ocorrências de falhas elétricas em linhas de transmissão, distribuição e subestações de energia elétrica. Os revestimentos RTV, embora sejam utilizados atualmente para melhorar o desempenho dos isoladores em condições de poluição, não apresentam características de autolimpieza, pois possuem mecanismo de atuação baseado em migrações de LMW (transferência de hidrofobicidade) e rotações ou condensações de cadeia (recuperação de hidrofobicidade). Por esse motivo, muitas vezes também necessitam de lavagens periódicas para remover impurezas por ora formadas e postergar eventuais reaplicações do revestimento. A cada limpeza efetuada no RTV, um pouco de suas LMWs são removidas, o que diminui a eficiência no processo de transferência de hidrofobicidade. Um revestimento super-hidrofóbico, possuindo boa característica de durabilidade, em tese não perderia esta eficiência com uma eventual lavagem da linha, podendo ter menor necessidade de reaplicação que o RTV.

C) Os autores já possuem dados econômicos desses novos materiais. É previsto já um valor de mercado estimado para a sua aplicação comercial em escala industrial no Brasil?

Ainda não estamos analisando os custos envolvidos para se comercializar, pois o revestimento ainda está em fase de desenvolvimento inicial

3.3 - MANUTENÇÃO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO ULTRA-ALTA TENSÃO 800 KVCC - DESAFIOS E SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

CLERISSON MARCOS DA PAZ OLIVEIRA(1); AIRTON ZANE JUNIOR(1); CARLOS PERDIGÃO GOMES(2); - BMTE(1);TEREX BETIM(2);

O primeiro bipolo da UHE de Belo Monte, gerenciado pela Belo Monte Transmissora de Energia, é a primeira linha de transmissão a operar no Brasil com tecnologia de corrente contínua de ultra-alta tensão de 800kVCC. Esta linha de transmissão tem como características construtivas torres com alturas elevadas, longas cadeias de isoladores, grandes

vãos entre torres além de cargas de tração elevadas. Este trabalho visa apresentar os estudos realizados para determinação da distância de segurança e as soluções de engenharia empregadas no desenvolvimento de novas ferramentas para tração, locomoção e suporte, destinadas para a manutenção da primeira linha de transmissão de corrente contínua de ultra-alta tensão do Brasil.

Perguntas e respostas:

A) Os autores comentaram assim "Os desafios impostos e as soluções de engenharia desenvolvidas, trouxeram para este projeto elementos únicos e inovadores e que poderão ser compartilhados com o todo o mercado." Dessa forma, como poderá ser realizado esse compartilhamento dos conhecimentos gerados na visão dos autores uma vez que temos um mercado competitivo de leilões em curso no Brasil?

Apesar de Haver Um Mercado Competitivo Durante o Período dos Leilões, após a construção da LT, a Manutenção inicia uma nova Fase, que tem como Cultura a Troca de Informações e procedimentos de manutenções onde as empresas se comunicam para que as melhores práticas de manutenção sejam aplicadas. O compartilhamento vem através de Grupo de Trabalho e Workshop, que visam a segurança das pessoas e de equipamentos. Na Manutenção esse compartilhamento de informações faz com que todos ganhem e os Custos serão reduzidas, nessa Fase é o que interessa Para a Empresa.

B) Embora não tenha sido citado no IT, entende-se que as informações contidas nos projetos das torres servem também de subsídio para o desenvolvimento das ferramentas de manutenção. Os autores poderiam citar que informações do projeto são fundamentais para esse desenvolvimento e se reconhecem melhorias a serem propostas para futuros casos similares?

As informações essenciais para a elaboração deste projeto e execução, são obtidas através dos documentos citados abaixo: ? Projetos das Torres ? Mísula Ladeias ? Distancias De Segurança ? Distancias de Trabalho ? Esforços que a mísula e pontos de apoio podem fazer. Possíveis melhorias, seriam através dos projetos de estruturas e acessórios, onde os mesmos já poderiam conter pontos específicos e projetados para melhor adaptação dos ferramentais de trabalho em Linha Viva. Estes pontos poderiam ser obtidos através de estudos entre fornecedores de estruturas metálicas e acessórios em conjunto com as equipes de manutenção das LTS.

C) Os autores mencionam nas conclusões que a vestimenta condutiva para linha transmissão de corrente contínua de ultra-alta tensão de 800kVCC, ainda não está regulamentada no Brasil. Contudo ela fez parte do ensaio elétrico realizado. Assim, o que falta para que essa importante ferramenta de trabalho para o 800 KVcc seja regulamentado no Brasil?

Por se tratar de uma nova classe de tensão utilizada no Brasil, o que falta é a publicação da revisão da IEC 60895, Roupas Condutivas para uso em Tensão Nominal de até 800 kV AC e /- 600 kV dc, onde através dela poderá ser utilizada como Base Para o Ministério do Trabalho, executar a análise e posterior aceitação do C.A. para a Roupas Condutivas, nesta classe de tensão.

3.4 - Backfill Fluidizado com Elevada Condutividade Térmica e Auto-Compactante para Sistemas Subterrâneos

JULIO CESAR RAMOS LOPES(1); WALTER PINHEIRO(2); SIMONE CRISTINA NUNES ARAÚJO(3); GERALDO ROBERTO DE ALMEIDA(4); ROGERIO ALENCAR BIMBATO ROCHA(5); EDUARDO LEANDRO INUCENCIO(5); PAULO DEUS DE SOUZA(5); - TAG(1);TAG(2);TAG(3);TAG(4);ELPA(5);

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um backfill fluidizado, de baixa resistividade térmica, estável termicamente e friável. A baixa resistividade e a estabilidade térmica permitem otimizar o dimensionamento dos cabos e as dimensões das valas e banco de dutos. A friabilidade permite uma maior facilidade de acesso para reparo dos cabos nos pontos onde forem eventualmente danificados. As etapas do projeto de pesquisa e desenvolvimento e os resultados alcançados são apresentados. Os materiais básicos, os agregados de alta condutividade térmica e os aglomerantes pesquisados são mencionados.

Perguntas e respostas:

A) O IT relata que não haviam sido feitas medições no material completamente seco até o momento da sua publicação. Quais os resultados finais alcançados com o material completamente seco? O projeto atingiu seus objetivos?

O projeto desenvolveu a composição de dois materiais ao invés um que estava previsto inicialmente no P

B) Existe previsão para aplicação deste material em futuras obras de linhas subterrâneas de alta tensão da concessionária que patrocinou o projeto de P&D? Caso outras empresas concessionárias pretendam utilizar este material como devem proceder para obter o fornecimento deste backfill?

Sim a empresa que patrocinou o P

C) Este material desenvolvido poderá ser utilizado em outras instalações subterrâneas, tais como redes de distribuição de média tensão, redes coletoras de parques eólicos, linhas de transmissão de extra alta tensão? Quais os benefícios esperados?

O material desenvolvido poderá ser utilizado em outras instalações subterrâneas, tais como redes de distribuição de média tensão, redes coletoras de parques eólicos e linhas de transmissão de extra alta tensão. O emprego deste material proporcionará uma redução nas bitolas dos cabos isolados destas instalações, resultando em uma redução dos investimentos nestes ativos. Os percentuais de redução nos investimentos totais das instalações serão variáveis em função das seções transversais dos cabos a serem empregados e da proporção dos custos dos cabos e acessórios no total da obra.

3.5 - FLEXIBILIZAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO EM REGIÃO LITORÂNEA DE FORMA COMPACTA: ADOTANDO LINHA DE TRANSMISSÃO MISTA (AÉREA + SUBTERRÂNEA)

VINICIUS DOS SANTOS LIMA(1); EMMANUEL PASQUA DE MORAES(2); JOSÉ VENANCIO DE PAULA JUNIOR(2); CHANDER PAULO MENDONÇA SIMÕES(2); THIAGO MICHEL DO VALLE PEDROSO(3); PAULO EMMANUEL DE ABREU JUNIOR(3); - EDS(1);ELEKTRO(2);SECCIONAL(3);

A abordagem que será feita neste trabalho sobre os diversos aspectos que envolvem a compactação das conexões de linhas de transmissão, visa criar uma oportunidade concreta para que os profissionais da área conheçam as particularidades de tais experiências e possam, dessa forma, obter subsídio técnico para tomada de decisões e desenvolvimento de soluções em casos correlatos. Iremos demonstrar 2 tipos de enterramento para conexão em uma mesma subestação, bem como as dificuldades de viabilizar a linha de transmissão subterrânea em local de solo arenoso e alagadiço.

Perguntas e respostas:

A) Foi realizado algum estudo com relação a área alagada do trecho subterrâneo da LT Manuel da Nóbrega – Mongaguá?

B) Pensou-se em adotar outro tipo de proteção mecânica no entorno da estrutura de transição da LTS Mongaguá – Peruíbe?

C) Tendo em vista que a LTS Manoel da Nóbrega – Mongaguá, compartilha a faixa de servidão com a LT Henry Borden – Pedro Taques, e a futura construção de um complexo viário próximo ao local, foi verificado o compartilhamento da faixa por 2 linhas subterrâneas?

3.6 - Linha de Eletrodo Conversora Terminal Rio: Características Especiais, Desafios Técnicos e Critérios Diferenciados de Projeto.

ROBERTO LUIS SANTOS NOGUEIRA(1); P. C. V. ESMERALDO(2); ALLAN LACERDA FRANÇA(3); ALCEDO QUINTILIANO(4); JOSÉ ANTONIO JARDINI(5); KELLY CHAN LAM(6); CLÁUDIO DA COSTA TEIXEIRA(7); NELITON LUIS MACHADO(7); FABIAN ROJAS LAGO(8); - SGBH(1);SGBH(2);SGBH(3);ENGEPRO ENGENHARIA(4);USP(5);SGBH(6);GRANTEL(7);SBEI SK(8);

As Linhas de Eletrodo possuem características e condições operativas singulares que requerem critérios específicos de projeto consoantes aos requisitos de desempenho da instalação. No Sistema de Transmissão Xingu-Rio, uma das Linhas de Eletrodo possui extensão de 150km, comprimento este que é significativamente superior ao típico existente em sistemas HVDC. As linhas de eletrodo de sistemas HVDC possuem baixo nível de isolamento e não possuem cabos para-raios, portanto, estão mais suscetíveis a falhas de isolamento. Por sua vez, o método de eliminação de curto-circuito ao longo da mesma difere das LTS convencionais, pois sendo uma linha de "terra", não ocorre a alteração perceptível da impedância vista pela Conversora. Assim, a eliminação da falta precisa ocorrer através da auto-extinção do arco pela cadeia de isoladores, daí a necessidade de centelhadores. O artigo apresenta também demais critérios de projeto eletromecânico especiais a esta Linha, indicando as principais avaliações, parametrizações, estudos especiais e ensaios que foram desenvolvidos para este projeto, considerando a relevância/impacto e especificidades desta Interligação.

Perguntas e respostas:

A) Considerando que uma das conclusões do IT refere-se à recomendação de que, em eventuais novos ensaios, é conveniente ter uma fonte CC de 10 kV e circuito que dê resposta transitória da linha real, poderiam os autores comentar sobre eventuais imprecisões do desempenho da linha de eletrodo do Terminal Rio em relação às condições em que os testes reportados no IT foram realizados?

B) Existe possibilidade de otimizar a configuração dos condutores, em número por feixe e em diâmetro, para tentar otimizar o projeto estrutural da linha de eletrodo?

C) Pensando em uma otimização radical seria possível utilizar as estruturas do link DC para suportar os condutores do eletrodo e assim reduzir o custo de 150 km desse projeto de linha eletrodo?

3.7 - CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE TÉCNICA ECONÔMICA EM OBRAS DE RECAPACITAÇÃO DE LINHAS. A EXPERIÊNCIA DA CEMIG D COM A TÉCNICA DE RECONDUTORAMENTO.

IGOR LUIZ DE MELLO MOTTA(1); SANDRO DE CASTRO ASSIS(1); VALERIO OSCAR ALBUQUERQUE(2); BRENO SERGIO LESSA MOREIRA(2); WESLEY EDNEY DE SOUSA(1); - Cemig D(1);Consultor(2);

O trabalho apresenta a experiência recente da CEMIG D em obras de recapacitação de linhas de distribuição, utilizando a técnica de recondutoramento. Esta técnica consiste na substituição total dos condutores da linha visando o incremento da sua potência de transmissão. São abordados três casos reais cujas implantações ocorreram ao longo da última década. Foram analisadas as relações de favorabilidade de cada uma, aspectos específicos, relações de custos e justificativas para adoção desta técnica. Adicionalmente, são propostos dois indicadores que auxiliam na tomada de decisão para recapacitação de uma linha de distribuição/transmissão, frente a possibilidade de sua substituição.

Perguntas e respostas:

A) O IT apresenta históricos, com justificativas plausíveis, de obras planejadas e realizadas com diferenças bem consideráveis na dimensão financeira. Nesses projetos de recapacitação não seria mais assertivo se elaborar os projetos de recapacitação ao invés do estudo de viabilidade técnica e financeira? O que os autores podem comentar sobre essa afirmação?

Prezado, em atencao ao questionamento esclarecemos que a CEMIG executa tanto o estudo de viabilidade, quanto o projeto executivo. O estudo eh elaborado na fase de planejamento do portifolio quinquenal de obras concernente ao ciclo tarifario. Uma vez verificada a viabilidade o projeto eh desenvolvido. Conforme exemplificado no IT, varias melhorias ou situacoes nao previstas no planejamento acabam sendo incorporadas e geram as diferencas financeiras apontadas.

B) Considerando o grande incremento de capacidade de transmissao propiciado pelos cabos HTLS, os autores consideram a viabilidade de sua aplicacao na recapacitacao de linhas de transmissao de grande extensao? Há experiências nesse sentido?

Prezado, em atencao ao questionamento informamos nos termos conhecimento de obra de reconduoramento em linhas de longa extensao. Via de regra as tecnologias disponiveis sao mais viaveis de serem aplicadas em corredores curtos com grande demanda, normalmente existentes em grandes metropolis (Sao Paulo, Rio de Janeiro etc...). Acreditamos que as perdas electricas possam representar empecilho para aplicacao em linhas longas, devido as caracteristicas de resistencia ohmica intrinseca dos cabos nao convencionais.

C) Quando se trata de recapacitacao com aumento de capacidade de transmissao da linha, naturalmente é obtido com maior corrente elétrica. Pergunta aos autores: como fica a questão do campo magnético sobre e no limite da faixa de servidão da linha?

Prezado, em atencao ao questionamento informamos que o quesito de interferencia magnetica eh verificado na etapa de projeto executivo. Para os exemplos apresentados no IT, os parametros de campo ficaram abaixo dos previstos em normas.

3.8 - Inteligência Artificial aplicada ao projeto de estruturas para linhas de transmissão

PEDRO HENRIQUE ROCHA DE MENEZES BRAGA(1); PEDRO HENRIQUE DE OLIVEIRA LIBERATO(1); RICARDO DE OLIVEIRA E BRITTO PERUCCI(1); JEAN MARK CARVALHO OLIVEIRA(1); TIAGO CORRADI MELLO(1); - EEC(1);

Este Informe Técnico descreve a experiência da Engetower Engenharia na aplicação de conceitos e técnicas de Inteligência Artificial para acelerar e otimizar as soluções definidas ao longo do projeto de estruturas metálicas treliçadas para linhas de transmissão, com ênfase na etapa de detalhamento para fabricação e montagem das estruturas. Descreve-se sucintamente os resultados obtidos no uso de ferramentas baseadas em Algoritmos Genéticos e Redes Neurais para a tratativa de problemas concernentes ao desenvolvimento do projeto estrutural. Conclui-se que, no modelo de processo baseado no conceito BIM, a utilização de tais recursos é viável e possui expressivo potencial à ser explorado.

Perguntas e respostas:

A) O IT apresenta um trabalho de otimização utilizando técnicas otimização AG e RN. Quais foram os motivadores para usar essas duas técnicas?

A motivação primária para se recorrer ao uso de técnicas de Inteligência Artificial para o desenvolvimento dos projetos de estruturas foi a necessidade de se reduzir o tempo despendido na etapa de detalhamento do projeto para, além de viabilizar a modelagem 3D das estruturas, aumentar a produtividade da empresa. Associado à redução de tempo, visou-se também a obtenção de melhores soluções de detalhamento, que se apresenta como uma possibilidade intrínseca aos referidos algoritmos de otimização, em especial aos Algoritmos Genéticos. A escolha dos Algoritmos Genéticos, especificamente, se deve à elevada complexidade inerente ao problema de detalhamento de estruturas, que depende da relação de interdependência entre centenas ou até milhares de variáveis. Dessa forma, se torna inviável o uso de técnicas de otimização tradicionais, baseadas na varredura completa do espaço de soluções do problema. Nesse contexto, os Algoritmos Genéticos demonstraram ser uma alternativa eficiente para abordagem deste problema, uma vez que possui mecanismo evolutivo característico que possibilita a convergência para uma solução otimizada sem a necessidade de varredura de todo o espaço de busca. As Redes Neurais, por sua vez, são eficientes para a aceleração da obtenção de soluções de problemas para os quais se possui um conjunto prévio de dados suficientemente extenso para a sua implementação, condição que foi atendida para a questão da estimativa de pesos das estruturas, demonstrando ser uma alternativa eficaz para a redução do tempo nesta etapa do desenvolvimento dos projetos.

B) Em relação à aplicação dos projetos desenvolvidos com as técnicas de inteligência artificial na fabricação das estruturas, há também ganhos significativos no processo fabril? É viável pensar na eliminação da fase de pré-montagem de protótipo para confirmação do detalhamento de projeto?

Sim, há ganhos de natureza indireta no processo fabril, como por exemplo os obtidos pela aplicação de soluções de detalhamento mais otimizadas, que demandam menos operações especiais de fabricação como recortes e dobras, resultando desde a economia de ferramentas de corte utilizadas nas máquinas CNC até a redução de tempo e aumento da produtividade. Além disso, existem ganhos mais diretos, como a drástica redução de inconformidades e necessidade de alterações detectadas na etapa de pré-montagem das estruturas, uma vez que a modelagem 3D corresponde a uma pré-montagem virtual, antecipando a realização de eventuais ajustes ainda na etapa de projeto. Tais melhorias demonstram ser bem significativas e, a crescente redução da necessidade de alterações detectadas na pré-montagem, indica que é absolutamente viável cogitar a eliminação desta etapa no processo fabril. No entanto, ressalta-se que a eliminação da pré-montagem é viável em relação à validação do detalhamento, cabendo ao controle de qualidade da produção da fábrica garantir que as peças sejam fabricadas conforme o projeto, considerando que, uma vez eliminada esta etapa, eventuais erros de fabricação não seriam detectados na pré-montagem.

C) As técnicas de otimização utilizadas pelo IT já foram aplicadas em algum projeto comercial pelos autores? Caso afirmativo, os autores poderiam apresentar ganhos econômicos atingidos com essa nova modelagem de trabalho para desenvolvimento de estruturas de linhas aéreas no Brasil?

Sim, as técnicas de otimização baseadas em IA são utilizadas nos novos projetos de estruturas desenvolvidos pela Engetower. Os ganhos econômicos devidos à utilização destes recursos são diversos. Pode-se citar ganhos diretos e mais facilmente mensuráveis, como as horas técnicas poupadas pelo engenheiro responsável pela estimativa prévia de pesos das estruturas para a participação em leilões, que, com o uso da ferramenta baseada em redes neurais, se resume à cerca de 1h por estrutura, contra em média 15h pelos métodos de estimativa manuais. Existe também o ganho devido ao aumento da produtividade da empresa, que aumentou consideravelmente devido à redução de tempo na etapa de detalhamento proporcionada pelo uso concomitante de técnicas de otimização como os Algoritmos Genéticos. Os resultados indicam que, através destas tecnologias, é possível reduzir o prazo de entrega de projetos em até 80%. Os ganhos decorrentes do uso destas tecnologias se estende ainda, de maneira indireta, para as etapas de fabricação e montagem das estruturas, impactando no empreendimento como um todo. Para exemplificar, pode-se mencionar a otimização dos comprimentos de montantes e a redução de operações de fabricação, como recortes e dobras, que ocorre com o desenvolvimento de soluções de detalhamento mais otimizadas, resultando em um processo de fabricação mais célere e eficiente. Vale ressaltar ainda o ganho econômico devido à redução de inconformidades e necessidade de alterações nas peças detectadas na pré-montagem em fábrica, que é possibilitada pela validação prévia do detalhamento a partir da modelagem 3D, que equivale à uma pré-montagem virtual das estruturas. Levantamentos feitos com os projetos realizados através desta tecnologia indicam uma redução superior à 80% nas alterações de projetos modelados em 3D em relação aos projetos detalhados pelos métodos usuais.

3.9 - Projeto, fabricação e montagem de estruturas para LTs na era da Indústria 4.0 e Internet das Coisas

PEDRO HENRIQUE DE OLIVEIRA LIBERATO(1); PAULO RICARDO R LIBERATO(1); FILIPE GUERRA SOARES(1); JEAN MARK CARVALHO OLIVEIRA(1); SIRIO JOSE FERREIRA(1); PEDRO HENRIQUE ROCHA DE MENEZES BRAGA(1); TIAGO CORRADI MELLO(1); RICARDO DE OLIVEIRA E BRITTO PERUCCI(1); JULIANA AUGUSTO DA SILVA(1); - EEC(1);

O presente Informe Técnico apresenta os conceitos de Indústria 4.0 e Internet das Coisas, contextualizando-os no cenário contemporâneo do setor de Engenharia e Construção no Brasil. Descreve a experiência da Engetower Engenharia na reestruturação de seus processos internos e no desenvolvimento de novas tecnologias visando à incorporação do conceito BIM ao projeto de estruturas metálicas para linhas de transmissão. Por fim, propõe um novo modelo de processo que integra projetistas, fabricantes e montadores em um sistema de produção mais eficiente e produtivo. Conclui-se que tal reestruturação é inevitável e resultará em expressivos ganhos de natureza técnica e econômica.

Perguntas e respostas:

A) É possível exemplificar com maior detalhamento a utilização das novas tecnologias desenvolvidas pela Engetower na fase de gestão e manutenção pós-obra? O modelo 3D possibilita também um melhor planejamento das etapas de construção e manutenção com vistas à segurança dos montadores e eletricitistas?

Sim. A empresa disponibiliza sua plataforma de visualização dos modelos 3D para os clientes utilizarem em treinamentos de montagem, inspeção em campo, para geração de listas de materiais e obtenção de qualquer informação necessária para gestão e manutenção das linhas. O modelo 3D está sendo alimentado com o máximo possível de informações para os montadores. A empresa disponibilizará informações pertinentes ao processo, como por exemplo a indicação explícita de barras e furos auxiliares para operação de içamento das estruturas, lançamento dos cabos etc. O sistema de visualização tridimensional das estruturas está sendo desenvolvido também para ser compatível com dispositivos de realidade virtual e aumentada, possibilitando a simulação de manobras e operações com elevado grau de realismo.

B) A plataforma BIM será requerida da engenharia em breve como regulamentação de projetos nas áreas de construção e civil. Nesse contexto, e baseado nos investimentos dos autores em BIM, esse marco tecnológico para a indústria nacional é possível de ser atingido em quantos anos?

Primeiramente é necessário entender os níveis de maturidade de implementação do BIM, para entender, além do conceito por trás da tecnologia, o nível de maturidade que a empresa precisa alcançar para conseguir utilizar plenamente a plataforma BIM. Podemos dividir os níveis de maturidade BIM em 3 estágios: Estágio 1 - Modelagem 3D baseada em objetos. Pode ser entendida como a migração CAD para BIM. Os objetos evoluem de desenhos primitivos compostos por linhas, círculos e arcos, para modelos virtuais ricos em informações sobre propriedades geométricas e lógicas vinculadas aos objetos. Estágio 2 - Colaboração. É o processo que envolve o trabalho de diversas pessoas para alcançar objetivos compartilhados. No caso dos projetos das estruturas para linhas de transmissão existe, por exemplo, a colaboração entre engenheiros civis e mecânicos e os projetistas que modelam as torres. Estágio 3 - Integração utilizando a rede. É o processo de integração entre equipes e empresas que trabalham simultaneamente em um mesmo projeto, como por exemplo a integração entre o projetista de estruturas e o fabricante através da geração automática de arquivos CAM e comunicação de informações de maneira geral, se estendendo até as etapas de construção e manutenção das linhas. Atualmente, a Engetower está habilitada para entregar seus projetos atendendo plenamente as exigências do primeiro marco governamental, que foi estipulado para Janeiro de 2021, e parcialmente as exigências das etapas subsequentes. A empresa está desenvolvendo soluções tecnológicas para conseguir em até 2 anos integrar totalmente seus projetos com os fabricantes de estruturas metálicas e em até 3 anos integrar os projetos com as empresas envolvidas no processo de execução das obras. Para alcançar o nível 3 de maturidade BIM, que é a integração total entre equipes e empresas, é necessário que as empresas do setor se aproximem cada vez mais das empresas responsáveis pelos projetos para que seus processos estejam cada vez mais integrados.

C) Já existe alguma aplicação real das ferramentas desenvolvidas nesse IT que podem aferir os ganhos aos projetos de estruturas para LTs?

Sim. A Engetower já utiliza as ferramentas apresentadas neste IT para a elaboração de seus projetos e pretende, em médio prazo, que todos seus projetos sejam desenvolvidos integralmente através desta tecnologia. Os ganhos advindos desse novo modelo de processo são diversos. Vale ressaltar o ganho devido à drástica redução de inconformidades e necessidade de alterações detectadas na etapa de pré-montagem das estruturas em fábrica, uma vez que a modelagem 3D corresponde a uma pré-montagem virtual,

validando o detalhamento e antecipando a realização de eventuais ajustes ainda na etapa de projeto. Levantamentos feitos com os projetos realizados através desta tecnologia indicam uma redução superior à 80% nas alterações de projetos modelados em 3D em relação aos projetos detalhados pelos métodos usuais. Considerando as melhorias e o desenvolvimento contínuo do programa, acredita-se que em um futuro próximo será possível eliminar completamente a ocorrência de interferências e outras inconformidades no detalhamento dos projetos. Além disso, a maior integração entre os envolvidos na elaboração do projeto e automatização de etapas como geração de arquivos CAM para máquinas CNC, possibilitam a redução do tempo de fabricação e de entrega das estruturas e da ocorrência de erros introduzidos quando tais etapas são realizadas manualmente. Observa-se também um aumento em geral da produtividade da empresa e redução do prazo de entrega dos projetos devido ao uso destas ferramentas.

3.10 - CORONA VISUAL EM CABOS ENCORDADOS - REVISÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO E APLICAÇÕES PRÁTICAS

JOAO NELSON HOFFMANN(1); MARCIO TONETTI(2); MURYLLO AMALIO DE SOUZA(3); - Consultor(1); Copel GET(2); COPEL DIS(3);

Linhas de transmissão compactas e LPNE's operam com campos elétricos mais intensos na superfície dos condutores, e assim requerem maior aprofundamento dos estudos relacionados ao efeito corona. Tais estudos são de apresentação e aprovação obrigatória em Projetos Básicos de linhas aéreas de transmissão. As considerações sob as quais o efeito corona ocorre são fundamentais, uma vez que podem limitar a concepção de novas iniciativas de projeto e o desempenho futuro das instalações. Neste artigo, um método mais aprimorado para a determinação da Tensão de Início de Corona (Corona Onset Voltage) de um fio encordado é descrito e aplicado. O critério inclui as características do campo elétrico na vizinhança da superfície do condutor, e não apenas em sua superfície, como se tem considerado. Verifica-se que este método permite análise de cabos com diferente número de fios na camada externa, em concordância com os dados experimentais já realizados ao longo de várias décadas.

Perguntas e respostas:

A) O novo método de cálculo do corona visual pode ser aplicado em condutores trapezoidais, caso esse tipo de condutor for utilizado em novos projetos de LTs? Os autores poderiam comentar sobre essa condição?

De modo geral, o método será válido para qualquer tipo de condutor. No entanto, entendemos que o parâmetro $K(\sigma)$ da equação (2) do artigo deverá ser determinado por meio de ensaios nos respectivos condutores, tal como feito para condutores fios cilíndricos, para os quais se concluiu que $K(\sigma) = 3500$.

B) Devido a grande quantidade de ensaios de corona visual já realizados, é possível admitir que um estudo comparativo dos resultados desses ensaios com os cálculos de projeto previamente efetuados demonstraria a aplicabilidade do método proposto?

A metodologia de ensaios usualmente aplicada tem considerado apenas um valor de "Tensão de Ensaio" a ser suportada sem corona, sem a preocupação de se avaliar o campo elétrico efetivamente gerado na superfície (tal como IEC 61284, Anexo H). Desta forma, no nosso entender, a qualidade das conclusões destes ensaios pode estar prejudicada. Por outro lado, o novo método apresentado é baseado em resultados de medições já realizadas sobre amostras de cabos com diferentes números de fios na camada externa, realizadas por outros autores a várias décadas e reportadas na literatura especializada (vide referências do artigo).

C) A análise e o critério adotado até o momento para o corona visual na superfície do condutor melhoraram com a medição por aparelho, comparativamente ao adotado por muito tempo, que era a da percepção visual do operador. Pergunta para os autores: há equipamento para realizar a medição do corona na vizinhança do condutor? Como padronizar este procedimento?

O artigo não está propondo uma revisão no modo de observação do corona visual, mas sim no modo de cálculo da tensão em que o efeito corona se inicia. O que se propõe é que este corona depende dos valores dos campos elétricos na vizinhança do cabo condutor, e não somente do campo elétrico em um único ponto sobre sua superfície, como se tem considerado usualmente. Portanto, o modo de constatar ou se identificar o corona visual em si, não se altera, seja a olho nu ou com aparelhos.

3.11 - Análise de procedimento de manutenção em linha viva e desenvolvimento de soluções para aumento de segurança dos eletricitistas

LUIS ADRIANO DE MELO CABRAL DOMINGUES(1); ATHANASIO MPALANTINOS NETO(1); CARLOS RUY NUNEZ BARBOSA(1); PAULO ROBERTO GOMES DE OLIVEIRA(1); GERSON VALE DE RESENDE(2); - CEPEL(1); Furnas(2);

As características do sistema de transmissão no Brasil, com presença de linhas longas e redundância ainda insuficiente, requerem a necessidade de realizar atividades de manutenção em linha viva. Os elevados requisitos de segurança impostos nestas atividades demandam o estudo e aperfeiçoamento constantes das normas e práticas em uso. Note-se que, como muitos países puderam abdicar desta prática, este desenvolvimento é conduzido em poucos países, não havendo os plenos benefícios de intercâmbio técnico. A segurança de pessoas expostas em ambientes com campos elétrico e magnético elevados envolve dois fenômenos distintos: a exposição do organismo aos campos elétrico e magnético (efeitos diretos), circulação de correntes elétricas no organismo através de contato com objetos metálicos num ambiente onde há presença de campos eletromagnéticos (efeitos indiretos). A proteção contra efeitos indiretos, que apresentam risco mais imediato à saúde, devido à possibilidade de passagem de corrente elétrica pelo corpo, é garantida por conjunto integrado de práticas consolidadas e continuamente aperfeiçoadas de segurança do trabalho em locais de risco, equipamentos e instrumentos especializados, procedimentos de verificação e controle durante a execução dos trabalhos, tudo isso ancorado em normas como, por exemplo, a NR-10. Este trabalho, realizado em 2017, apresenta o desenvolvimento e conclusão de um trabalho de avaliação de um procedimento particular de trabalho em linha viva - troca de espaçadores. O trabalho foi desenvolvido por CEPEL e FURNAS, para investigar a causa de relatos de desconforto e choques elétricos, fora do comum, em eletricitistas de uma empresa terceirizada por Furnas, durante a realização de trabalhos de troca de espaçadores em linha viva. O trabalho seguiu as etapas de análise, identificação e verificação do problema. A seguir foi desenvolvida uma hipótese explicativa do problema que foi testada em campo. Finalmente foi desenvolvido um dispositivo para proteção dos eletricitistas. Após a realização destas etapas as atividades de manutenção foram retomadas sem relatos de novos incidentes.

Perguntas e respostas:

A) Foi apresentado nesse IT uma solução/hardware de equilíbrio de correntes em feixe de condutores por meio dispositivo no formato Y. Não seria possível utilizar o próprio veículo metálico do eletricitista para fazer esse equilíbrio nos condutores do feixe?

A utilização do próprio veículo como elemento equalizador seria natural. Como esse efeito não estava se verificando decidiu-se investigar o comportamento elétrico do carrinho com mais detalhe. Medindo-se a continuidade elétrica entre os pontos que fazem contato com os cabos verificou-se que esta era muito baixa. Verificando os componentes observou-se que os rolamentos são feitos de material não condutor (plástico ou cerâmica). De qualquer modo a utilização de um dispositivo equalizador sempre seria necessária pois há situações nas quais o eletricitista prefere andar pelo feixe, sem o veículo, pois isso proporciona mais agilidade no deslocamento.

B) Considerando que houve a necessidade de medições em campo durante as fases de diagnóstico do problema, e que não havia se chegado ainda ao desenvolvimento do dispositivo, como foram realizadas tais medições?

No decorrer do diagnóstico foram realizadas diversas medições com o objetivo de tentar localizar possíveis anomalias na linha, verificar o desempenho de equipamentos e acessórios, e finalmente validar os cálculos que iam sendo efetuados com os modelos computacionais. Desta forma foram realizadas inúmeras medições de campo elétrico no nível das fases, na estrutura e próximo ao solo, sempre com resultados de acordo com o esperado. Foram também colocados medidores de campo elétrico dentro das roupas condutivas utilizadas pelos eletricitistas, comprovando-se que o efeito de blindagem das roupas estava intacto. Quando se começou a investigar o desbalanço de correntes nos cabos das fases foi inicialmente medida, com amperímetro tipo alicate, a corrente em cada cabo das fases, comprovando-se o desbalanço das correntes, da ordem de ampères. O fenômeno de equalização foi verificado ligando-se sucessivamente cada par de condutores da fase por uma cordoalha e medindo-se a corrente transversal? nessa conexão, estando esta conforme o esperado, de acordo com os cálculos, efetuados com o programa PLT do Cepel. Finalmente ao colocar o dispositivo de equalização no feixe as correntes nas três pernas do dispositivo foi verificada, e novamente estava de acordo com a modelagem. Naturalmente o teste definitivo foi a retomada dos trabalhos com a utilização do dispositivo quando os choques não se verificaram mais.

C) O novo arranjo de formato Y foi padronizado pela empresa que teve o problema em seus ativos? Caso afirmativo, existe esse produto no mercado para aquisição comercial por qualquer empresa de transmissão?

O arranjo está disponível para utilização na empresa. O produto não está no mercado, mas Furnas está em contato com fabricantes para disponibilização comercial.

3.12 - Estudo de modelos no domínio do tempo no cálculo de campo elétrico no solo em corredores híbridos CA/CC

FELIPE TEODORO DE OLIVEIRA(1); CARLOS KLEBER DA COSTA ARRUDA(1); ANTONIO CARLOS SIQUEIRA DE LIMA(2); - CEPEL(1); COPPE/UFRJ(2);

Neste informe técnico (IT) será apresentado um estudo baseado em simulações ao longo do tempo, caracterizando corretamente os fenômenos de cargas espaciais por efeito corona. A simulação parte do princípio de emissão de cargas em função do campo elétrico superficial em cada condutor, a partir de dados de ensaio em gaiola corona. Serão comparados os resultados computacionais de campo elétrico e densidade de corrente no solo de dois métodos: particle-in-cell (PIC) e elementos finitos (MEF), discutindo-se sua validade e contrapondo os resultados obtidos com medições de campo.

Perguntas e respostas:

A) Uma característica do programa Comsol é a interface de multifísica, permitindo a integração de diversos módulos. Os autores poderiam mostrar as vantagens da ferramenta Comsol Multiphysics que foi utilizada nesse IT?

A forma como se utiliza o Método dos Elementos Finitos depende bastante do problema a ser solucionado e dos custos envolvidos em relação ao tempo computacional de solução e tempo de programação do código. O Comsol Multiphysics é um software maduro, que apresentou desempenho e resultados satisfatórios em experiências anteriores dos autores. No caso específico do problema do IT, o software permitiu a integração dos módulos de física Eletrostática e Transporte de Espécies Diluídas para a elaboração da simulação multifísica onde foi possível a inserção do fenômeno de cargas espaciais. Também foi possível agregar todos os passos de pré-processamento, resolver e pós-processamento na mesma plataforma.

B) Os autores poderiam detalhar melhor como foram obtidas as medições de campo?

Os dados foram obtidos a partir de uma campanha de medição do CEPEL realizada nos anos 1996/1997, patrocinada pela ELETROBRAS, com apoio de FURNAS, onde diversas grandezas elétricas e ambientais foram medidas em um vão da LT 600 kV CC Foz do Iguaçu - Ibiúna. A campanha durou quatro meses e foram publicados dados de campo elétrico e densidade de corrente iônica no solo, entre outros, associados às grandezas meteorológicas do momento da medição, assim como avaliações estatísticas. Para as medições, foi empregado o Sistema de Aquisição de Dados Móvel (SADAM), que tinha um sistema automático de aquisição e tratamento de dados fornecendo consistência às medições efetuadas no campo. Para as medições, priorizou-se afastamento de qualquer elemento que possivelmente interferiria nos dados medidos, como linhas telefônicas, transposições ou cruzamentos com outras linhas, fim-de-linha, etc. Alguns resultados foram publicados na ref. (19): DOMINGUES, L. A. M. C. et al. Performance of HVDC Transmission Lines in Brazil - Analysis of Field Data and Calculation Methods. Bienal Cigré, 2010. Uma análise também foi apresentada em edição anterior deste Seminário Nacional: DART et. al., "Linhas de transmissão de corrente contínua? avaliação de campos interferentes", XIX SNTPEE, 2007.

C) O IT apresentou resultados de campo elétrico para velocidade de vento até 2 m/s. Os autores poderiam apresentar esses resultados para valores de rajada de vento de 32 m/s?

Simulações com rajadas de vento podem ser feitas, bastando alterar o valor da velocidade do vento nas simulações. No caso do modelo PIC empregado, isto pode ser feito sem grandes ajustes adicionais. Porém, os autores entendem que rajadas de vento removem todas as cargas espaciais ao redor da linha e, na maioria dos casos, duram um pequeno intervalo de tempo. Para análise de efeitos ambientais do corona, acreditamos que ventos intensos são de baixa importância. Mesmo na literatura, é muito difícil encontrar trabalhos semelhantes, ou seja, focado no efeito corona, utilizando velocidades de vento maiores do que 4 m/s.

3.13 - DEFINIÇÃO DE ÁREA IDEAL DE MANUTENÇÃO EM FAIXA DE SERVIÇÃO

ALESSANDRO CESAR DE SOUSA BERREDO(1); CARINA DE SOUSA RODRIGUES(2); ALEX DA SILVA SOUSA(2); LUCIANA SATIKO ARASATO(2); DANILO MORI PALOMO(2); ALBERTO RODRIGUES DE SOUSA(1); FÁBIO DA SILVA COUTINHO(1); - TAESA(1); Geoambiente(2);

A ocorrência de queimadas representa estatisticamente uma das maiores ameaças de interrupção de fornecimento dos serviços, correspondendo a uma das principais causas de desligamento no Brasil. Por este motivo, uma parte considerável dos recursos de O&M e das ações de manutenção em linhas de transmissão estão relacionados à prevenção de queimadas e consequente mitigação de desligamentos atribuídos a esse fenômeno, com o apontamento de áreas para a supressão de vegetação e em ações preventivas de campanhas socioambientais. Outrossim, os métodos adotados pelas equipes de manutenção para o apontamento de vãos críticos e as técnicas de supressão e controle da vegetação local para a prevenção de incêndios sob as linhas, são pautadas pelo empirismo praticado pelos agentes. Como base nisso foi desenvolvida uma metodologia de avaliação da vulnerabilidade, tendo como piloto a LT 500 kV Ribeiro Gonçalves – São João do Piauí, levando em conta fatores construtivos e dos meios físico e biótico. Através dela foi possível estabelecer os vãos com maior risco de desligamento por queimada e uma definição espacializada das áreas ideais para a manutenção na faixa de serviço, com objetivo de minimizar o risco de desligamento. A metodologia, que envolve modelos construtivos e de risco de fogo, foi posteriormente sistematizada em um plugin (atualmente em fase de desenvolvimento) para um sistema de informações geográficas de código aberto, que poderá ser utilizada pelos agentes de transmissão.

Perguntas e respostas:

A) Queimadas também são geradas por ação humana, principalmente próximo às grandes cidades. Nessa condição a metodologia não deveria levar em conta essa variável? Os autores poderiam comentar isso?

B) Existe algum acompanhamento sistema dos estudos simulados com dados reais em campo? Caso afirmativo, os autores poderiam apresentar dados mais atuais sobre essa comparação?

C) Considerando que os órgãos de licenciamento ambiental têm imposto a utilização de estreitas faixas de abertura da vegetação para os serviços de construção das LTs, os autores poderiam comentar sobre as eventuais consequências que tais restrições representam na fase de manutenção com relação aos riscos de ocorrência de queimadas?

3.14 - Impacto do Seccionamento de LTs nas Interferências Eletromagnéticas em Dutos Próximos dos Trechos Existentes das LTs Seccionadas

ELILSON EUSTÁQUIO RIBEIRO(1); EDGAR JOSÉ OLIVEIRA RIBEIRO(2); SHEILLA CONCEIÇÃO GONÇALVES DA SILVA(3); RODOLFO CABRAL DA CUNHA(4); MAISA LAILA DE FÁTIMA OLIVEIRA(5); - NSA(1);NSA(2);NSA(3);NSA(4);NSA(5);

Este artigo tem por objetivo demonstrar o efeito do seccionamento de linhas de transmissão existentes no aumento dos níveis de curto-circuito fase-terra em suas estruturas e, consequentemente, das tensões induzidas em dutos metálicos que estejam localizados em suas proximidades, mesmo nas situações onde os dutos não cruzam ou tenham pontos de paralelismo e aproximação com os trechos de seccionamento a serem construídos. Para corroborar tal afirmação, são apresentados os resultados de avaliações específicas de paralelismo e cruzamento de um duto com uma LT de 500 kV a ser seccionada.

Perguntas e respostas:

A) Tendo em vista os riscos apontados no IT oriundos do impacto dos seccionamentos de LTs existentes nos níveis de curto-circuito, com efeitos em dutos paralelos ou que cruzam a LT existente, que medidas mitigatórias podem ser adotadas visando à segurança de pessoas e integridade de instalações?

As medidas de mitigação a serem adotadas serão definidas em função da amplitude das tensões induzidas dos dutos, do tempo de eliminação de falta fase-terra na LT e da resistividade do solo local. As medidas de mitigação necessárias para garantir a segurança de pessoal e integridade da tubulação são as tradicionais já adotadas atualmente: instalação de fios de aterramento conectados ao do duto via desacoplador DC, fios de blindagem, sistemas de aterramento (conectados ao do duto via desacoplador DC) e cobertura do solo em pontos de teste, retificadores e válvulas, utilização de plataformas isolantes, malhas de equipotencialização e utilização de juntas de isolamento elétrico. A quantidade e a complexidade das medidas a serem adotadas devem ser definidas para cada caso específico.

B) No IT são apresentados os resultados de avaliações específicas de paralelismo e cruzamento de um duto com uma LT de 500 kV a ser seccionada. Os autores teriam como aferir os cálculos com medições em campo para poder apresentar o fenômeno em referência, que foi o tema desse IT?

A avaliação em campo, através de medições, das tensões induzidas durante a ocorrência de faltas fase-terra em LTs para aferição de cálculos não foi por nós realizada. A realização de tal avaliação em uma condição real do sistema elétrico envolve riscos e custos elevados. Porém, tendo em vista que os cálculos foram realizados em uma condição de circulação de correntes de 60 Hz e que as tensões e correntes induzidas nos dutos são proporcionais às correntes circulantes na LT, uma alternativa poderia ser a realização das medições com a LT desconectada do sistema de EAT, mas interligada, por exemplo, a um alimentador de média tensão. Com os necessários ajustes na proteção do alimentador para o teste (para permitir a circulação de uma corrente monofásica de regime permanente até um ponto de falta na LT) bem como eventualmente, as tensões induzidas entre a parte metálica do duto e o solo adjacente a ele poderiam ser limitadas a valores baixos o suficiente para sensibilizar os equipamentos de medição, mas sem representarem riscos significativos para a segurança de pessoal (que estariam utilizando EPIS) e das instalações. Por outro lado, as tensões induzidas nos dutos em regime permanente podem ser medidas durante a operação da LT real, pois as tensões induzidas nesta situação geralmente são inferiores a 50 V, não implicando exigindo apenas EPIS tradicionais. É importante observar que o processo de avaliação das tensões induzidas por LTs em dutos envolve apenas a modelagem na frequência industrial do sistema elétrico, das LTs e dos dutos, como pode ser visto nas referências ([1] a [4]).

C) Dado que esse novo fenômeno seja requerido por critérios de engenharia de seccionamento de LTs, em normas técnicas, os autores já teriam alguma proposta para sugerir com critério de cálculo? Caso afirmativo, os autores poderiam comentar sobre essa questão?

O objetivo do estudo é chamar a atenção para o fato do seccionamento de uma LT alterar os níveis das correntes de curto-circuito ao longo dela, com possíveis impactos significativos em dutos que estejam em suas proximidades, ainda que não exista um cruzamento ou um trecho de paralelismo do duto com o trecho de seccionamento da LT. O aumento dos níveis de curto-circuito nos trechos remanescentes da LT seccionada pode implicar em aumento das tensões induzidas no duto a um nível que pode colocar em risco a segurança do pessoal de operação e manutenção do duto, bem como a integridade do seu revestimento. Atualmente, a análise das interferências eletromagnéticas de LTs em dutos tem sido feita apenas quando uma LT nova ou um trecho de seccionamento de LT cruza um duto. Quando um trecho de seccionamento de LT não cruza um duto tal análise não é feita mesmo quando a LT seccionada já cruza um duto nas proximidades do ponto de seccionamento. Independentemente se tratar de induções em dutos geradas por uma nova LT ou por uma LT gerada a partir do seccionamento de uma LT existente, devem ser observados os limites de indução especificados na NBR 16563-1. Nesta norma são citadas ainda possíveis medidas de mitigação das interferências, para o caso das mesmas excederem os limites máximos admissíveis.

3.15 - Implantação do MIV - Manejo Integrado de Vegetação na CEMIG GT como metodologia sistemática de manutenção e controle de vegetação nas faixas de serviço de LTs de extra alta tensão em substituição ao manejo convencional com roçada.

CLEBER VIEIRA DA TORRE(1); ROBSON HENRIQUE GOMES(2); PEDRO MENDES CASTRO(3); LEANDRO VELOSO CUNHA(4); - CEMIG GT(1);CEMIG GT(2);Cemig D(3);CEMIG GT(4);

Atualmente, a maioria absoluta das concessionárias brasileiras utiliza métodos convencionais como roçada manual ou mecanizada para limpeza de faixa das linhas de transmissão. Recentemente, devido a vantagens constatadas em pesquisas e testes, a Cemig GT iniciou a transição da metodologia de limpeza de faixa convencional para o Manejo Integrado da Vegetação-MIV. Este trabalho apresenta a metodologia de MIV, os resultados obtidos até o momento, a estratégia de implantação na Cemig GT, a perspectiva de obtenção redução de custos no longo prazo, aumento da confiabilidade e disponibilidade das linhas de transmissão, vantagens para o meio ambiente e segurança dos trabalhadores.

Perguntas e respostas:

A) Tendo em conta as experiências realizadas e reportadas neste IT, o MIV pode ter sua aplicação consentida em todo e qualquer tipo de vegetação ou os autores presumem alguma impossibilidade de aplicação imposta pelos órgãos de controle ambiental para determinados biomas?

B) Os autores explicitam no IT que o MIV já é uma realidade nos EUA por mais de 50 anos. O MIV que a Cemig está desenvolvendo via programa de P&D tem diferenças em relação aos dos EUA ou seria uma tropicalização da tecnologia? Os autores poderiam comentar sobre isso?

C) O MIV que a Cemig está aplicando já está padronizado nas áreas envolvidas com gestão de faixas da Cemig GT? Caso afirmativo, os autores poderiam apresentar quais mudanças são requeridas para uma empresa de transmissão iniciar as atividades de contratação dos serviços em MIV?

3.16 - VARIÁVEIS PARA O DIRECIONAMENTO DE USOS PARA AS ÁREAS DE FAIXA DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO

GIRLEI COSTA DA CUNHA(1); LUCIANA CAVALCANTE PEREIRA(1); FREDERICO T. DE S. MIRANDA(1); FERNANDA CORRÊA DE MORAES(1); EDUARDO GUSSON(1); ANDRÉ RUOPOLLO BIAZOTI(1); GUILHERME S. G. DO AMARAL(2); MARCOS SORRENTINO(1); - IPEF(1);CTEEP(2);

As ocupações humanas das faixas de segurança sob as linhas de transmissão de energia elétrica são desafiadoras para as concessionárias garantirem a segurança da população, a operação do sistema e os serviços de manutenções periódicas de linhas e faixas. A ISA CTEEP realiza projeto de P&D "Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento e Gestão Sustentável de Faixas de Serviço" que visa a detecção de usos irregulares por sensoriamento e desenvolver metodologia para fomentar usos adequados dessas áreas. A seleção de usos é realizada por meio da avaliação de diferentes critérios observados a partir de variáveis ambientais e socioeconômicas em ambiente SIG.

Perguntas e respostas:

A) Tendo em conta que as oportunidades de usos das faixas das linhas de transmissão têm o caráter socio-ambiental, os investimentos nas soluções a serem propostas podem ser compartilhados com as instâncias do poder público?

B) O IT trabalhou com 7 dimensões de vocação social na comunidade do entorno. Na hipótese de surgirem novas vocações social é possível inseri-la na metodologia de análise? Os autores poderiam comentar sobre isso?

C) Os autores chegaram a conclusão do IT assim, "A iniciativa da Companhia de enfrentar esse desafio e se tornar protagonista e proponente de projetos que, além da manutenção da faixa em ordem, visem estimular o desenvolvimento sustentável de regiões socialmente estigmatizadas, é oportuno e pode resultar em impactos positivos e com longo prazo de duração. Para tanto a participação ativa dos interessados (stakeholders) em todas as fases dos projetos (concepção, implementação e monitoramento), são essenciais para o sucesso das iniciativas." Então, como os autores estão tendo êxito na participação ativa das partes envolvidas com tantos projetos concorrentes nas empresas do setor de transmissão? Os autores poderiam comentar sobre isso?

3.17 - Sistema de monitoramento remoto e previsão de risco de invasão de faixas de servidão

PAULO GUILHERME MOLIN(1); FREDERICO TOMAS DE SOUZA E MIRANDA(2); ANDRÉ MARCONDES ANDRADE TOLEDO(3); CAIO HAMAMURA(4); ENIO AKIRA OISHI(4); NATHALIA VIRGINIA VELOSO AGUIAR(5); LUZAY LOPO GENEROSO FILHO(6); Roberta Averno Valente Botezelli Tolini(7); Aline Delfino Germano(8); Giulio Brossi Santoro(9); Vinicius Moura Costa(10); Michel Liberato Guilherme(11); Bruna Renata de Melo Dino(12); Jarbert Ditzel de Azevedo(13); - UFSCar(1); IPEF(2); UFSCar(3); IFSP(4); UFSCar(5); CTEEP(6); UFSCar(7); UFSCar(8); UFSCar(9); UFSCar(10); UFSCar(11); UFSCar(12); UFSCar(13);

Ocupações humanas sob linhas de transmissão de energia elétrica são nitidamente um dos desafios de gestão das concessionárias para garantirem a segurança, manutenção e operação do sistema. Tendo em vista as dificuldades de se monitorar todas as faixas de segurança, a ISA CTEEP elaborou o projeto de P&D "Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento e Gestão Sustentável de Faixas de Servidão", que visa apresentar uma metodologia para a construção de uma ferramenta de monitoramento baseado em Sistema de Informação Geográfica para a identificação, caracterização e classificação de faixas de servidão e seu ambiente em relação ao risco de invasão.

Perguntas e respostas:

A) Tendo em vista que o mapeamento de probabilidade de novas ocupações constatou que 23,6% de toda a faixa de segurança na RMSF encontra-se em um nível elevado de criticidade, que ações podem ser realizadas a partir dos dados obtidos para evitar a ocupação irregular da faixa?

B) A partir dos dados levantados das ocupações irregulares atuais, os autores poderiam detalhar as características das regiões de maior criticidade?

C) Que avaliação os autores fazem quanto à precisão do método de detecção de mudança do uso e ocupação da terra face à utilização de imagens de satélite gratuitas? As imagens pagas poderiam resultar em melhor custo-benefício?

3.18 - Modelo e análise do impacto da supercompactação de linhas de transmissão urbanas 138 kV da Copel nas sobretensões transitórias com uso do software ATP.

MURYLO AMALIO DE SOUZA(1); ULISSES CHEMIN NETTO(2); - COPEL DIS(1); UTFPR(2);

Este trabalho apresenta a metodologia e os resultados dos estudos sobre transitórios de manobra e descarga atmosférica aplicados aos arranjos compacto e supercompacto de linhas de transmissão 138 kV da Companhia Paranaense de Energia (Copel). São apresentados os critérios para modelamento dos arranjos no software Alternative Transients Program (ATP) e os resultados do comportamento de ambos os arranjos frente a manobra de energização e descarga atmosférica, concluindo que a redução da distância entre fases apresentada pelas linhas supercompactas não altera significativamente os resultados de sobretensão.

Perguntas e respostas:

A) Os autores relataram assim ... Os transitórios devido descargas atmosféricas há casos, no entanto, que a utilização dos resistores de pré-inserção ou dos para raios-não é viável. Nesses casos é importante o estudo do comportamento do arranjo sob as condições de surto de manobra e descarga atmosférica. Qual seria a solução de engenharia para poder utilizar a configuração supercompacta? Os autores poderiam comentar sobre essa restrição?

A intenção do texto era destacar casos em que não houvesse possibilidade de instalação de resistores de pré inserção (nos casos em que o disjuntor não tenha essa opção) ou instalação de para raios (como por exemplo em linhas supercompactas, onde o espaço é bastante limitado e não há cruzetas para fixação desse equipamento). Nesses casos, então, a modelagem proposta poderia ser uma ferramenta rápida e acessível para o projetista verificar a possibilidade de violação dos limites de sobretensão de um linha específica. A solução de engenharia para utilização da configuração supercompacta (nos casos em que não fosse possível a aplicação dos equipamentos supracitados) seria verificar, através da modelagem proposta no artigo, quais parâmetros poderiam ser alterados para reduzir as sobretensões relacionadas com energização e descarga atmosférica. Cabe destacar que a modelagem ainda pode ser ampliada para outras fontes de surto, tornando a metodologia mais robusta,

B) As redes supercompactas otimizam o espaço ocupado pela linha e é bem interessante em regiões urbanas. Como fica o aspecto da manutenção em linha viva? Não eleva o risco desta operação?

Como um dos limites dos arranjos compacto e supercompacto podemos citar a manutenção em linha viva. De fato, não é possível executar a manutenção em linha viva nessas linhas em função das dimensões reduzidas. Por outro lado, é bastante rara a necessidade de intervenção nesse tipo de arranjo, devido principalmente à suas características construtivas superdimensionadas. Assim, entendemos que, embora o custo para intervenção acabe elevado (pois necessita que a linha seja desligada), ele acaba sendo compensado pela pequena quantidade de intervenções necessárias.

C) A Copel pretende utilizar esta configuração em todas as linhas desta mesma tensão nas linhas futuras? O custo da instalação como um todo, houve uma redução significativa? Ou foi uma solução para os espaços exíguos?

No caso de arranjo compacto convencional, tem sido utilizada essa solução já há algumas décadas, já as "supercompactas" não há, ainda, planos para aplicação sistemática desse arranjo. Já há casos da aplicação dos conceitos do arranjo supercompacto em situações específicas, como saída de subestações e recentemente em um arranjo de circuito duplo vertical. O custo não se altera em relação ao arranjo compacto convencional se for considerada a instalação de novas linhas, mas em caso hipotético de recapacitação por elevação de tensão, a adoção do arranjo supercompacto pode evitar a construção de uma nova linha em área urbana, normalmente bastante restrita em termos de espaço físico. A compactação é ainda uma solução específica para situações pontuais, mas futuramente pode ser uma solução para recapacitação ou para espaços exíguos.

3.19 - A EXPERIÊNCIA DA CEMIG NA INSTALAÇÃO DE CABOS CONDUTORES AÉREOS PARA ALTAS TEMPERATURA DE OPERAÇÃO - ASPECTOS CONSTRUTIVOS, DE SEGURANÇA E CONFIABILIDADE DAS LINHAS

GIOVANI EDUARDO BRAGA(1); - Cemig D(1);

A Cemig tem uma das maiores, se não a maior, rede de distribuição de alta tensão da América Latina. São mais de 17.000km de linhas nas tensões de 34,5 a 161kV. Além disso, também é uma das maiores em termos de número de cliente (mais de 8 milhões), que atende ao segundo estado mais populoso do Brasil, Minas Gerais. Em função disso, a Cemig, nos últimos 20 anos, vem tendo grandes problemas para atender à crescente demanda de carga, principalmente em áreas urbanas, e as dificuldades fundiárias e ambientais para atender a este aumento de carga com a construção de novas linhas de distribuição de alta tensão. Junta-se a isto o problema de recursos financeiros restritos para o atendimento a expansão da malha de distribuição. Para tentar minimizar estes problemas, a Cemig vem adotando como solução de engenharia em seus projetos, o uso de cabos condutores com alta capacidade de corrente, já que podem trabalhar em altas temperatura sem alteração significativa nas propriedades mecânicas operativas necessárias a um cabo condutor, para garantir a segurança geral das linhas. Estes cabos condutores são construídos de materiais diferentes para que possam garantir estas propriedades, fazendo com que haja particularidades no momento de sua instalação, que requer cuidados adicionais em alguns casos, custos maiores nestas instalações e particularidades gerais na execução. A Cemig começou a instalar condutores de alta capacidade de corrente no final dos anos 90 com o uso do cabo condutor liga Tal ou liga termo resistente, que permite elevar a temperatura do cabo a mais de 100°C sem, contudo, perder a sua resistência mecânica. Depois vieram outras tecnologias de condutores para alta temperaturas, como condutores GZTACSR, ACCC, etc. Trata-se de um processo evolutivo de construção e fabricação destes cabos para aplicações específicas, onde se não forem adotados alguns cuidados no momento da instalação destes cabos, eles podem não operar adequadamente e colocar em risco a segurança da linha, que, como citado anteriormente, são em geral instaladas em proximidade ou até mesmo dentro de centros urbanos, colocando em risco a população. A experiência da Cemig mostra que, para que haja um sucesso na utilização destes cabos, é necessário um ajuste fino e maior interação entre as equipes de projeto, construção, manutenção e do fabricante do cabo, pois são projetos particulares e específicos, onde certas exigências técnicas podem não ser possíveis em campo, necessidades de adaptações, apoio do fabricante do cabo, cuidados na parte de operação e manutenção. Em função disso e da forte padronização existente principalmente nas empresas de distribuição, toda a força de trabalho envolvida precisa estar preparada para estes projetos que devem ficar cada vez mais comuns nos próximos anos em função dos problemas já elencados aqui. Mudanças de paradigmas, comportamento e forma de atuação são cada vez mais necessárias nas organizações em geral, e não é diferente no setor elétrico, e este caso, para a área de linhas, é o mais emblemático. Este trabalho tem por objetivo mostrar a experiência da Cemig com o uso de cabos condutores de alta capacidade térmica (capacidade de corrente), mais especificamente nos aspectos construtivos de instalação, mas não fugindo das questões relacionadas a operação, manutenção e engenharia, mostrando as soluções adotadas, os problemas, as dificuldades, os pontos de atenção, as dúvidas e as propostas de melhorias, de modo que o assunto possa ser discutido pela comunidade técnica e haja geração de ideias com o intuito de fazermos um setor elétrico mais eficiente.

Perguntas e respostas:

A) O autor informou que a Cemig em 2000 implantou condutor GZTACSR em seu ativo de LDs. O autor poderia relatar como está sendo o desempenho dessa tecnologia até então?

O cabo condutor GZTACSR, também chamado cabo Gap, instalado na Cemig no ano de 2008, vem tendo desempenho operativo muito bom, não tendo tido, até então nenhuma falha ou problema técnico que pudesse ser necessária alguma manutenção este cabo. Entretanto, vale ressaltar que este cabo condutor ainda não foi totalmente utilizado em sua capacidade máxima de projeto devido a restrições operativas dos equipamentos terminais das estações.

B) Considerando a abordagem da gestão de ativos no IT, particularmente quanto ao emprego de diferentes tipos de cabos especiais para altas temperaturas, o autor poderia opinar sobre a gestão de estoques desses tipos de cabos? Como definir uma adequada quantidade de cabos para reserva operacional visando a enfrentar eventuais acidentes com as LTs?

No ponto de vista da questão técnica, a reserva técnica deve ser definida baseada em cálculos de engenharia de confiabilidade, ou seja, o cálculo probabilístico de falha do cabo condutor. Do ponto de vista regulatório, o órgão regulador não reconhece reservas técnicas de materiais de linha. Portanto, isso corrobora com a necessidade de ter metodologia de estudo da confiabilidade dos cabos. Entretanto, há de se avaliar, se é possível, em uma falha destes cabos, substituir o trecho por condutor convencional e reestabelecer a linha com restrições operativas de carga. Portanto é necessário, não só um estudo de confiabilidade, mas uma avaliação global de riscos onde os custos devem precisamente computados também.

C) Entre todas as tecnologias de cabos HTLS experimentadas pela CEMIG, quais foram as principais dificuldades, ou mesmo facilidades, encontradas no manuseio e instalação dos mesmos?

As facilidades podemos dizer que a maior resistência mecânica de cabos com fios de alumínio termorresistente é maior pois dá mais segurança no processo de manuseio e instalação do cabo. As dificuldades dependem da tecnologia, mas a principal delas é a necessidade de cuidados estipulados pelos fabricantes, onde há necessidade de treinamento da equipe, algumas ferramentas ou arranjos especiais em alguns casos, necessidade de maior espaço físico, e principalmente o risco de algum rompimento ou escorregamento colocando em risco tanto a força de trabalho quanto terceiros.

Comentário: Texto necessita passar corretor ortográfico word.

3.20 - Manutenção em linha energizada de corrente contínua ± 800 kV – avaliação experimental da distância de segurança

JOSÃO ANTONIO DAFFONSECA SANTIAGO CARDOSO(1); CLERISSON MARCOS DA PAZ OLIVEIRA(2); ARMANDO ISAAC NIGRI(3); RICARDO WESLEY SALLES GARCIA(4); - CEPEL(1);BELO MONTE TE(2);AINIGRI(3);CEPEL(4);

Apresentar os resultados dos estudos elétricos realizados para o desenvolvimento de trabalhos de manutenção na linha de transmissão de corrente contínua ± 800 kV, com as instalações energizadas. Nestes estudos estão apresentadas as distâncias mínimas de aproximação entre partes aterradas e cabos energizados e o número mínimo de isoladores em bom estado na cadeia de isoladores, determinados a partir de ensaios realizados, simulando as condições reais de operação, normas existentes para sistemas CA e experiência existente sobre o assunto.

Perguntas e respostas:

A) Os autores afirmam no IT que não existem normas internacionais para linhas CC sobre "live working". Atualmente, já existem sistemas em DC operando em 800 kV em outros países e nesses locais também não existem essas normas técnicas? Os autores poderiam comentar sobre isso:

1. Além do Brasil, existem sistemas de 800 kVCC em operação na China e na Índia, todos com características construtivas diferentes, especialmente em relação às configurações de cadeia de isoladores e os tipos aplicados. Com relação à manutenção, os chineses seguem normas próprias que estabelecem os procedimentos para manutenção em linha viva com o eletricitista em contato direto com o potencial, enquanto os indianos não têm norma para esse tipo de manutenção, embora tenham procedimentos para lavagem de isoladores utilizando helicóptero.

B) Quais os cuidados metodológicos e técnicos requeridos para se utilizar normas técnicas de sistemas de AC em sistemas DC. Os autores poderiam comentar sobre isso?

No Brasil, para os sistemas de corrente contínua sempre foram realizados ensaios que dessem suporte às equipes de manutenção em linha viva. Para os sistemas pioneiros de Itaipu e Belo Monte, as empresas realizaram ensaios no Cepel para definir as distâncias de segurança necessárias, considerando a configuração da linha de transmissão e a máxima sobretensão esperada para cada projeto. Dessa forma pode-se garantir a segurança tanto do sistema quanto do eletricitista, já que as normas não podem garantir os valores de segurança.

C) Com os resultados obtidos pelo IT já ocorreu algum manutenção na LT de 800 kV DC que o método foi aplicado de forma comercial? Caso afirmativo, os autores poderiam apresentar mais detalhes da aplicação real?

Com os resultados obtidos nos ensaios realizados, já seria possível realizar atividades com as instalações energizadas na linha de 800 kV CC, entretanto a norma IEC 60895 ? ? live working ? conductive clothing?, publicada atualmente, não atende a sistemas de 800 kV CC. Nela são definidos os ensaios para as vestimentas condutivas, utilizadas neste tipo de atividade, para tensões de operação de 800 kV CA e 600 kV CC. A 3ª edição da referida norma, ainda a ser publicada, irá contemplar as condições para as tensões de 1000 kV CA e 800 kV CC. Assim, a homologação da vestimenta para esta classe de tensão, e consequentemente a autorização para este tipo de atividade, só poderá ser feita no Brasil depois da publicação da norma.

3.21 - Análise das fundações de uma linha de transmissão de energia em estacas metálicas helicoidais

RONEY DE MOURA GOMES(1); ERISVALDO LIMA JUVÊNCIO(2); FERNANDO ARTUR BRASIL DANZIGER(2); JOSÉ DA PAZ MORAIS FILHO(3); - Groundtech(1);UFRJ(2);24140214000145(3);

As estacas metálicas helicoidais têm uso bastante difundido e crescente no Brasil, sobretudo em fundações de torres de Linha de Transmissão de energia elétrica, por conta de sua versatilidade. Esse artigo tem como objetivo apresentar uma avaliação de um vasto banco de dados de execução de estacas metálicas helicoidais utilizadas em fundações de uma obra de linhas de transmissão de energia elétrica. Na obra em questão foram executadas estacas de 2 diferentes modelos, e cerca de 1200 elementos foram submetidos a ensaios de rotina ("arrancamento"). Foram disponibilizados também ensaios de convalidação. Os seguintes parâmetros foram considerados na análise: (i) geometria das estacas; (ii) profundidade e inclinação de instalação; (iii) torque registrado ao final da instalação e (iv) deslocamento medido nos ensaios de rotina. Foram avaliados os critérios de aceitação das estacas helicoidais. Ressalta-se que a questão dos deslocamentos sob carga é um assunto que necessita ainda muitos estudos.

Perguntas e respostas:

A) Considerando que o nível do lençol freático tem influência sazonal na resistência do solo, e que os ensaios de convalidação podem não ser realizados na ocasião em que as características mais desfavoráveis estejam presentes, que avaliação os autores fazem desta condição para a execução de tais ensaios?

Não apenas o nível do lençol freático tem influência sazonal, mas a simples variação da umidade nas camadas mais superiores de solo também tem influência sazonal, e em ambos os casos há variação da resistência do solo e consequentemente na carga de ruptura da fundação. Esse assunto é um dos principais em que o binômio projeto-execução de fundações de linhas de transmissão precisa avançar, e certamente o ensaio ? de qualquer fundação, não apenas estacas helicoidais ? não necessariamente representa a pior condição de campo. Fatores de segurança precisam ser empregados para cobrir as condições mais desfavoráveis, levando em conta as possíveis variações tanto de lençol freático como de umidade decorrente de estações chuvosas. Mas a quantificação dessas variações ? e os fatores de segurança necessários ? não é nada trivial, e há que avançar ainda muito nesse assunto, como acima mencionado.

B) O fato de majoração segue orientação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) para projetos de linhas de transmissão, e leva em conta a hipótese de que a segurança global da fundação deve ser maior do que a segurança da própria estrutura, pois a recuperação de uma linha em colapso estrutural de uma torre é mais prática em relação a uma torre com colapso da fundação. Os autores não concordam com esta prática, visto que a variabilidade de parâmetros geotécnicos não é levada em conta. Dessa forma, o que deveria ser elaborado e desenvolvido na visão dos autores para que a Aneel mude a sua orientação?

Aqui há que destacar duas questões: a primeira, o conceito ou critério da ANEEL, que poderia ser utilizado. A segunda, o valor utilizado de 1,1 de majoração das cargas para quantificar a aplicação do conceito, valor esse que foi sugerido há muitos anos (já constava em especificações da década de 1970, ao menos) por técnicos que certamente não conheciam geotecnia. Retornando à questão (1) anterior, no caso de grelhas, por exemplo, já houve ensaios que mostraram resultados de carga de ruptura em estação chuvosa da metade do caso da estação seca. Em outras palavras, o valor de 1,1 é nada para as dispersões e variabilidades existentes em geotecnia. A ANEEL deveria apenas definir o conceito, não majorar carga atuante nenhuma e deixar para o projetista de fundações o valor de fator de segurança a ser utilizado no projeto para garantir que a fundação seja o último elemento a entrar em ruptura.

C) Os autores recomendam, no mínimo, uma sondagem por torre. Outros tipos de investigações poderão integrar uma campanha de investigações complementar às sondagens, objetivando a definição confiável dos parâmetros para o dimensionamento geotécnico das fundações. Nesse contexto, o que deveria ser feito para que a sondagem fosse mais realizada ao longo da LT? Teria algum tipo de ruptura tecnológica para viabilizar economicamente esse critério?

Sondagens à percussão mesmo realizadas em cada torre não são suficientes para um projeto seguro e econômico. Podem ser sugeridos ensaios de DPL em cada pé da torre, para verificar a variabilidade do centro da torre em relação aos pés. Além disso, ensaios de laboratório em cada região geológico-geotécnica existente ao longo do traçado complementaríamos os resultados das sondagens à percussão, de modo a fornecer os dados para um projeto seguro e econômico. Quanto a uma análise econômica da necessidade das sondagens, isso vai variar de caso para caso. Um exemplo desse tipo de análise foi realizado para uma linha da Abengoa, consubstanciado em um projeto de conclusão de curso da Escola Politécnica, mas infelizmente ainda não foi publicado.

3.22 - LINHAS DE TRANSMISSÃO COM CABOS ISOLADOS DE ALTA E EXTRA ALTA TENSÃO NO BRASIL: UMA REALIDADE COM DEMANDA CRESCENTE

JOAO HENRIQUE MAGALHAES ALMEIDA(1); DOURIVAL DE SOUZA CARVALHO JUNIOR(1); SERGIO FELIPE FALCÃO LIMA(1); FABIANO SCHMIDT(1); CARLOS BELMIRO CAMPINHO DE CARVALHO(2); - EPE(1);ONS(2);

Nos últimos anos, a crescente dificuldade de implantação de linhas de transmissão aéreas nas regiões metropolitanas com maior densidade demográfica tem aumentado a demanda por linhas de transmissão subterrâneas em empreendimentos de Rede Básica. Apesar de ser uma realidade no Sistema Interligado Nacional, não existe norma brasileira de projeto, premissas e critérios consolidados para o dimensionamento dessas instalações em condições de emergência, provocadas por contingências. O objetivo desse trabalho é propor critérios para condições de emergência para o dimensionamento adequado das linhas de transmissão com cabos isolados da Rede Básica.

Perguntas e respostas:

A) No Artigo B1-107 – CIGRE 2006 , assim como nos exemplos de instalações existentes apresentadas na Technical Brochure 680 – WG B1-47 , "IMPLEMENTATION OF LONG AC HV AND EHV CABLE SYSTEMS" (Referencias 3 e 8 do IT) , são citados os tipos de aterramento especiais aplicados nas instalações. Desta forma solicita-se comentar a influencia destes aterramentos especiais no dimensionamento de sistemas de cabos isolados de alta e extra alta tensões.

B) Tendo em vista que nos requisitos básicos para LTS exigidos pelo ONS , consta instalar sistema DTS /RTTR . comente o ganho na capacidade de transmissão , > Dinamic Cable Rating – DCR ?(Artigo B1-305 – CIGRE 2006 - item 6 : "Future Loading possibilities")

C) Sobre o material do condutor do cabo de potencia , tendo em vista simulações realizadas, poderiam apresentar alguns exemplos quanto a seção (mm2) alumínio x seção (mm2) cobre , para uma mesma capacidade de corrente?

3.23 - Sistema de Monitoramento e Diagnóstico de Biofilmes Condutores em Isoladores da Regional de Transmissão do Pará da Eletronorte

BRUNO ALBUQUERQUE DIAS(1); EDSON GUEDES DA COSTA(2); ANDRE DANTAS GERMANO(3); TARSO VILELA FERREIRA(4); KAL-EL BASILIO BRITO(5); LENILSON ANDRADE BARBOSA(6); ALFREDO IRINEU NETO(7); SIRNEY SILVEIRA(8); DARCY RAMALHO DE MELLO(9); ROSILDO SANTOS PAIVA(10); RICARDO DA CUNHA BEZERRA(11); - UFCG(1);UFCG(2);UFCG(3);UFS(4);UFCG(5);UFCG(6);UFCG(7);CPQD(8);UFCG(9);UFPA(10);ELETRONORTE(11);

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de análise do estado operacional de isoladores tipo disco de vidro temperado com contaminação biológica (limo). O sistema aplicado à inspeção possibilita a redução das falhas em linhas de transmissão monitorando a proliferação do limo (microalgas e fungos) que compromete a capacidade de isolamento das cadeias de isoladores. A técnica se baseia na avaliação do ruído ultrassônico emitido por ondas mecânicas. As descargas elétricas geradoras do ruído ultrassônico provêm de isoladores que estejam sob o efeito de campo elétrico intenso. Os objetos de ensaio utilizados são isoladores tipo disco de vidro temperado, limpos e poluídos com limo. A técnica empregada permitiu verificar a diferença entre cadeias de isoladores limpos e contaminados considerando diferentes condições de umidade. Também permitiu a formação de um banco de dados para futuras análises, em laboratório e em campo, com áudios de isoladores limpos e poluídos.

Perguntas e respostas:

A) Os autores apresentam uma metodologia que podem apontar, com boa precisão, o estado de poluição por limo de uma dada cadeia de isolador. Os resultados apresentaram probabilidade acima de 80% de correspondência a isoladores poluídos. No sentido oposto, em alguns testes de campo foram observados ruídos que podem comprometer essa boa qualidade de assertividade de predição acima de 80%? Os autores poderiam comentar?

A inspeção de isolamentos empregando ruídos acústicos baseia-se em um efeito mecânico das descargas elétricas. As descargas corona que ocorrem nas redondezas de isoladores poluídos e defeituosos resultam em liberação localizada e praticamente instantânea de energia que é detectada pelo equipamento, entretanto, a técnica está sujeita a captura de emissões de natureza desconhecida, como o ruído emitido por motores de carros, motos e barcos, entre outros, que podem descaracterizar o sinal captado pelo equipamento. Assim a captura do ruído deve ser feita analisando, se há ruídos desconhecidos que possam descaracterizar a medição, em campo, algumas vezes ocorreram essa situação, mas o procedimento é simples, descarta-se a captura realizada, aguarda-se um pouco e realiza-se a captura novamente.

B) No caso de a avaliação do sistema reportado no IT indicar uma probabilidade próxima de 50%, qual o critério de decisão para considerar o isolador poluído ou não? Qual providência deve ser tomada em relação aos isoladores considerados poluídos (limpeza, substituição)?

Em caso de uma avaliação de 50%, este valor indica que o isolador não está poluído consideravelmente e que isoladores com maior valor tem prioridade de limpeza em relação ao anterior. Entretanto o isolador necessitará de uma nova avaliação no futuro para acompanhar o estado de poluição do mesmo. A providência a ser tomada em relação aos isoladores considerados poluídos consiste na limpeza e posterior reavaliação para verificação do procedimento de limpeza, caso o isolador após limpo continue apresentando ruídos, novas avaliações devem ser feitas para verificação de defeitos, nesse caso, uma substituição pode ser recomendada.

C) Os autores poderiam detalhar melhor como é o processo de aquisição de dados em campo? Já existem algum critério técnico definido para essa atividade de levantamento de dados em campo?

O processo de aquisição de dados em campo consiste no posicionamento do detector de ruído ultrassônico e um computador para realização da captura, realiza-se uma varredura com o detector para verificação do ponto de maior incidência de ruído no isolador. Posteriormente realiza-se a captura do sinal de RU no ponto de maior incidência, durante pelo menos 30 segundos. Esse intervalo é suficiente para a detecção do fenômeno completo das descargas (KUFFEL et al., 2000). Os critérios técnicos definidos para essa atividade em campo, foram critérios já utilizados em laboratório e em campo em outras pesquisas como por exemplo, Ferreira, 2007. Não existe uma norma que defina procedimento, distância do isolador, ganho do detector, etc. Pois estes dados variam de acordo com a altura da torre, posição do isolador, etc. Contudo, os resultados apresentados em pesquisas anteriores provam que o método é eficiente.

3.24 - Experiência inédita de Furnas no estudo e aplicação de para-raios de óxido de zinco (ZnO) em linhas de transmissão de extra alta tensão de 345 kV com resultados satisfatórios na diminuição dos desligamentos da LT provocados por descargas atmosféricas

GERSON VALE DE RESENDE(1); RICARDO FRAGA ABDO(1); - FCE(1);

A confiabilidade de um sistema elétrico de extra alta tensão está diretamente associada a não ocorrências de distúrbios, que possam provocar desligamentos nas linhas de transmissão e seus equipamentos das subestações. Assim cada vez mais, a disponibilidade das linhas está relacionada a qualidade do fornecimento da energia, fiscalização e por conseguinte às receitas para a empresa. Nesse sentido, esse trabalho visa apresentar os resultados de ações da manutenção para melhoria do desempenho, que foram implementadas na linha de transmissão Vitória – Ouro Preto de 345 kV de FURNAS, que vinha apresentando um alto número de desligamentos provocados por descargas atmosféricas.

Perguntas e respostas:

A) Os autores relatam que "Esta LT apresentou no período de 2005 à 2010 mais de oitenta desligamentos desde sua energização, ocasionados por descargas atmosféricas, o que motivou uma investigação criteriosa quanto aos aspectos de blindagem e aterramento, o que configurava um índice elevado de faltas nesta LT." Quais são os critérios e os registros analisados que apontam que todos esses desligamentos foram causados por descargas atmosféricas? Os autores poderiam apresentá-los?

B) A partir dos dados apresentados no IT sobre a evolução dos desligamentos antes e após a instalação dos para-raios de linha, verifica-se que o desempenho da LT progride favoravelmente ao longo dos 3 primeiros anos após a primeira etapa de aplicação dos para-raios, chegando a desempenho bem melhor no quarto ano. Os autores podem explicar a que se deve essa constatação, se a uma característica dos para-raios ou não?

C) A tabela 7 mostra o resultado da redução dos desligamentos da LT em análise. Obteve 1 desligamento por ano, a partir de 2016. Nesse sentido, para atingir 1 desligamento por 100 km por ano seria possível reduzir o número de ZnO que foram aplicados nesse caso real?

3.25 - Novas alternativas para garantir a qualidade do aço galvanizado utilizado em linhas de transmissão

ELBER VIDIGAL BENDINELLI(1); FELIPE GARCIA NUNES(1); ALBERTO PIRES ORDINE(1); - CEPEL(1);

O aço galvanizado produzido por imersão a quente é bastante empregado no setor elétrico, por conjugar excelentes propriedades mecânicas e anticorrosivas. Para garantir o bom desempenho deste material, deve-se ter comprometimento com a espessura, compatível com a agressividade do meio, e com qualidade da camada galvanizada. Este trabalho tem como objetivo avaliar as técnicas de perda de massa e de voltametria anódica para caracterização da velocidade de corrosão do aço galvanizado, auxiliando no projeto de estruturas galvanizadas a partir de uma estimativa de vida útil do material em diferentes meios e do controle de qualidade da camada galvanizada.

Perguntas e respostas:

A) Focando em linhas inteligentes os autores poderiam comentar se a técnica de voltametrias anódicas, ou outra técnica de predição de corrosão, poderiam ser concebidas por meio de sensores inteligentes que ficariam instaladas nos ativos em campo, e com aquisição de dados em tempo real?

A técnica de voltametria anódica não poderia ser utilizada com essa finalidade, visto que ela é uma técnica destrutiva. Por isso, necessita-se de amostras específicas para essa finalidade. Existem equipamentos que usam sensores para medir velocidade de corrosão online, porém muitos deles não são acertivos.

B) Tem sido usual, em tempos recentes, o emprego de hastes metálicas helicoidais de aço galvanizado ou aço patinável nas fundações das torres de linhas de transmissão. Os autores poderiam apresentar suas impressões sobre a avaliação da vida útil do aço em contato com o solo e com umidade?

Tradicionalmente no setor elétrico brasileiro o aço carbono galvanizado é considerado o principal material utilizado na fabricação de fundações de linhas de transmissão, justificado por suas notáveis propriedades anticorrosivas e de resistência mecânica, além de apresentar excelente custo-benefício. A aplicação do aço patinável está respaldada tecnicamente para proteção contra a corrosão atmosférica devido à formação de uma camada de ferrugem aderente e protetora, conhecida como pátina. Porém, o uso do aço patinável enterrado, em condições de ausência de ciclos de secagem e molhagem, e de poluentes atmosféricos, que dificultam a formação da pátina, não está respaldada tecnicamente.

C) Neste estudo, muito importante, foi possível identificar as possíveis ações, tanto no método como no processo, que pudessem ser adotadas para melhorar a resistência do aço galvanizado com a finalidade de se prolongar a vida útil quando submetidos em ambientes agressivos ou corrosivos?

O controle dos parâmetros de qualidade do aço galvanizado e a correta especificação do mesmo, levando em consideração a agressividade do meio, são as melhores formas de se prolongar a vida útil do aço galvanizado. Fatores que muitas vezes são ignorados.

3.26 - SUPERAÇÃO DE ATIVOS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO COM CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO ACIMA DA CAPACIDADE DOS CABOS PARA-RAIOS - CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E PROPOSTA DE SOLUÇÃO

SANDRO DE CASTRO ASSIS(1); WALLACE DO COUTO BOAVENTURA(2); JOSE OSVALDO SALDANHA PAULINO(2); - Cemig D(1);UFMG(2);

Os cabos para-raios, fundamentalmente, têm a função de proteger os cabos condutores contra a incidência direta de descargas atmosféricas, diminuindo o número de desligamentos provocados por sobretensões atmosféricas. O dimensionamento do cabo para-raios é realizado considerando o aquecimento provocado pelas elevadas correntes durante curtos-circuitos, em especial o curto-circuito fase-terra, comumente associados à incidência de descargas atmosféricas na linha. Neste contexto, este trabalho discute questões relativas à capacidade de condução de correntes de curto-circuito em cabos para-raios de linhas de transmissão ao longo de sua vida útil e apresenta propostas de soluções para a superação de ativos.

Perguntas e respostas:

A) A superação de cabos para-raios por correntes de curto-circuito acima da capacidade dos mesmos tem ocorrido também devido a introdução de novas subestações por meio do seccionamento de linhas existentes. Que aspectos do tema abordado no IT podem ser estendidos para esses casos?

B) De acordo com relato das equipes de construção e manutenção de concessionárias, em especial da CEMIG, foram observadas desgastes físicos, com rompimento de tentos (fios que compõem o cabo) em diversas linhas de transmissão nas quais houve trocas de cabos para-raios. Os desgastes observados podem ter sido causados por solicitações severas provocadas pela elevação do nível de curto-circuito do sistema e/ou ação de poluição sobre a camada externa dos cabos. Nesse contexto, os autores poderiam comentar se amostras desses cabos passaram por testes em laboratórios para confirmar esse fim de vida útil. Caso afirmativo, os autores poderiam apresentar alguns resultados?

C) Na proposta de soluções com intervenções físicas nas LTs os autores consideraram a inclusão de um novo cabo para-raios em feixe com o cabo existente e assim aumentar consideravelmente a capacidade de condução das lcc? Os autores poderiam comentar sobre essa possibilidade ou não de aplicação?

3.27 - Ensaio de Determinação do Comportamento Vibracional de Cabos Condutores em Linha de Transmissão Experimental

MARCOS JOSE MANNALA(1); GABRIEL RUGGIERO DO AMARAL(1); MARCIO TONETTI(2); ILMAR DA SILVA MOREIRA(2); - LACTEC(1); Copel GET(2);

Neste artigo é apresentado o trabalho desenvolvido para determinar a redução na vida à fadiga de três cabos condutores constituídos de diferentes materiais sob o efeito do aumento da tração de projeto para valores acima dos níveis normalmente utilizados. A determinação da resistência a fadiga dos cabos foi feita por meio de ensaios para a obtenção da curva de Wöhler em laboratório indoor, ao passo que a medição das tensões alternadas e a contabilização do número de ciclos de vibração se deram em linha de transmissão experimental (laboratório outdoor). A partir dos dados obtidos, foi possível estimar, qualitativamente, a redução da vida útil de cada cabo com o aumento da tração, bem como comparar o desempenho a fadiga de cabos distintos lançados em linha com o mesmo parâmetro H/w.

Perguntas e respostas:

A) A LTE está localizada em uma região urbana de Curitiba-PR. Os dados do Cigre SBL foram obtidos em campo aberto. O autor poderia comentar sobre essa diferença de localização da base de dados de coleta, e se isso poderia comprometer as análises comparativas entre as bases?

Os dados obtidos em laboratório predial e na linha são complementares. O mesmo cabo que foi instalado na linha foi testado em banco de teste fechado. Com base na curva SN levantada em laboratório e os dados de fadiga dos cabos testados obtidos na linha, obteve-se a previsão da durabilidade do condutor quanto a fadiga.

B) Considerando os resultados obtidos dos ensaios para dois diferentes valores do parâmetro H/w, que conclusões podem ser tiradas sobre a comparação dos resultados para os três cabos testados em relação às recomendações da Brochura Técnica 273 do Cigre?

O parâmetro H/w adotado para os três cabos foi de 1497 e 1946 m, os dois se encontram dentro da área do gráfico que exige amortecimento. Os testes foram realizados sem amortecedores, sendo que com o incremento da tração verificou-se com o cálculo de vida dos cabos, notou-se uma sensivelmente queda. Nenhum deles, no entanto, apresentou valor menor que 100 anos, levando em consideração que o vão seja curto, 270m, e os ventos na região não tenham características para causar vibrações severas por muito tempo. No entanto é possível localizar registros de ventos x nível de vibração e fazer extrapolações para vão maiores e estender os efeitos dos danos quando os ventos são mantidos naquela intensidade maior de vibração. Esse trabalho não foi contemplado no artigo, mas poderá ser num outro trabalho futuro.

C) Pergunta aos autores que mostram as grandes diferenças de resistência à fadiga do cabos por vibração eólica entre os tipos de condutores: qual foi a amostragem? Não seria muito superficial tal afirmação se a amostragem for de apenas 1 amostra? Todas as amostras foram de um só fornecedor?

a) Qual foi a amostragem: foi utilizado um condutor de tipo para a realização dos ensaios: para cada condutor foi utilizado nove amostras para a determinação da curva SN. Três para cada nível de tensão estática, sendo elas: baixa, média e alta. Para cada nível de tensão estática foi utilizado três níveis de tensão dinâmica, também baixa, média e alta (baseada em referência). No total foram utilizadas 54 amostras, 27 Phosphorus e 27 para o Tern. O cabo Greeley foi utilizado para complementar uma das fases e os dados da SN foram tirados da literatura. Todas as amostras foram de um fabricante de cabos.

3.28 - Novas metodologias para aferição da qualidade de aterramentos de pé-de-torre de Linhas de Transmissão para fins de desempenho frente a descargas atmosféricas pela medição impulsiva

SILVERIO VISACRO(1); FERNANDO HENRIQUE SILVEIRA(1); CAIO HENRIQUE DUARTE DE OLIVEIRA(1); - UFMG(1);

A resposta dos eletrodos de pé de torre de linhas de transmissão submetidos a correntes de descargas atmosféricas pode ser estimada por parâmetros concisos, em particular a resistência de aterramento de baixa frequência e de 25kHz (RT e R25kHz) e a impedância impulsiva de aterramento ZP. Os métodos de medição desses parâmetros são abordados e suas limitações são discutidas neste trabalho. Resultados experimentais e de simulação foram desenvolvidos para estimar a consistência desses métodos e os erros fornecidos pelos seus resultados. Medições realizadas em linhas de transmissão reais confirmam a expectativa teórica de que $RT > R25kHz > ZP$. Os procedimentos para realização de medições confiáveis desses parâmetros são explicitados. A tendência disseminada de uso de instrumentos de 25kHz que não requerem desconexão de cabos de blindagem tende a ser substituída pela medição da impedância impulsiva de aterramento, que melhor qualifica a resposta dos eletrodos frente a correntes de descargas, pois instrumentos dedicados a este tipo de medição estão tornando-se disponíveis no mercado.

Perguntas e respostas:

A) Os gráficos apresentados na Figura 1 do IT sugerem que a impedância impulsiva é maior que a resistência de baixa frequência para solos de baixa resistividade para comprimentos de cabo contrapeso superior a 30 m. Tal constatação leva a crer que, nesses tipos de solos, a medição usual da resistência de baixa frequência a rigor seria contra-indicada. Os autores podem opinar sobre essa questão?

B) Tem-se verificado desempenho insatisfatório de LTs localizadas em regiões com solo de alta resistividade, levando a soluções como a instalação de para-raios de ZnO. A avaliação da impedância impulsiva das torres instaladas em solos com tal característica é recomendável nessas situações e poderia indicar soluções por meio da atuação na configuração dos aterramentos?

C) O IT conclui que a medição direta da impedância impulsiva deve se tornar comum em um futuro próximo. Os autores poderiam comentar sobre o desenvolvimento ou existência dos equipamentos de medição para disponibilização em escala comercial, sugerindo uma estimativa de tempo para que isso ocorra?

3.29 - Escolha de Materiais e Dimensionamento de Backfill em Linhas de Transmissão Subterrânea

GERALDO ROBERTO DE ALMEIDA(1); Rogerio Alencar Bimbato Rocha(2); Arnaldo G. Kanashiro(3); - TAG(1); ENEL SP(2); IEE(3);

Este trabalho apresenta ferramentas de engenharia para dimensionamento e escolha de materiais para backfill em linhas de transmissão subterrânea diretamente enterrada. O backfill (reaterro – na melhor tradução) em linhas de transmissão subterrânea somente se apresentou como problema, a ser estudado e resolvido, na Inglaterra em 1960. Até esta data o material usado para reenterrar os cabos diretamente era o próprio solo retirado da trincheira escavada. As linhas de transmissão subterrânea iniciaram de modo efetivo desde 1923 com a instalação do primeiro anel de 230 kV na cidade de Paris. Desde então esta modalidade de linha de transmissão teve um impulso muito grande nos subterrâneos das cidades de Nova York e Chicago nos USA. No Brasil as primeiras linhas de transmissão subterrâneas foram instaladas no Rio de Janeiro e São Paulo em meados dos anos 50. Até 1960 as temperaturas dos condutores de linhas de transmissão subterrâneas subiram de 60°C para 75°C chegando a 85°C e em alguns casos 90°C. Com temperaturas elevadas (85°C) algumas linhas subterrâneas em Londres foram a falha elétrica, devido aos cabos terem entrado em instabilidade térmica (Thermal Runaway) e estes eventos levaram as autoridades elétricas daquele País reconsiderarem o dimensionamento e escolha dos materiais de reaterro dos cabos diretamente enterrados. Na Inglaterra após 1960 o então CEBG recomendou como material para backfill o "CEMENT MORTAR" também denominado argamassa CBS (Cement Bound Sand). Todavia a resistividade térmica deste material quando seco era 1,2 mK/W, considerada alta para o dimensionamento das seções dos condutores. Na Europa Continental uma grande quantidade de Países recomendava areias selecionadas (Selected Sands) com uma granulometria específica que reivindicava uma resistividade térmica a seco de 1,0 mK/W. Neste País Desde 1960 o material de BACKFILL usado tem sido as areias selecionadas. Todavia, a partir de 1980 as areias selecionadas entraram em exaurimento nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, provavelmente devido ao uso na construção civil. Desde então as areias foram substituídas por Pedra Moída (Granito ou Basalto) numa granulometria pré-estabelecida. Este trabalho tratará apenas dos backfill após exaurimento das areias selecionadas, enfocando aspectos de melhoria no desempenho térmico dos cabos diretamente enterrados. Todo universo ao redor do cabo responde por cerca de 60% de toda resistência térmica que a potência térmica dissipada pelo condutor (devido a passagem de corrente elétrica) deve passar até o poço termodinâmico frio. Pelo menos a metade do valor da resistência térmica externa é devida ao desempenho do Backfill. O dimensionamento (Geométrico) do backfill inserido dentro dos demais materiais que rodeia os cabos será conduzido com a ferramenta da TRANSFORMADA CONFORME que permite trazer todo universo em torno dos cabos para uma geometria confinada de fácil tratamento matemático. O backfill atual não mais é apenas pedra moída, pois na existência de cerâmicas termicamente condutoras os materiais clássicos tem sido melhorados com adição de materiais termicamente mais condutivos. A escolha dos materiais agora pode ser escolhida como uma "BLENDAS" de materiais condutivos otimizada com programação linear SIMPLEX. As restrições backfill serão condicionadas pela resistividade térmica que um projeto ótimo (função objetivo) determinar.

Perguntas e respostas:

A) Os autores afirmam : "Mas em todo o material externo ao cabo de referencia, está também o material de cobertura do backfill e todo solo em volta da vala que será instalado o cabo " , portanto inclui o : solo natural , o material de reaterro e o backfill , está correto este entendimento? Poderiam explicar?

B) Dado a importância da ferramenta matemática, que permite obter o valor da resistividade térmica equivalente no ambiente dos cabos de potencia, poderiam os autores darem maiores esclarecimentos sobre o cálculo utilizando a Transformada Conforme (referencia : página 22 - Item 3 - ELECTRA 98 , 1985 – WG 21-02)?

C) Ainda com respeito a 1a. questão, considerando a Figura 14 do IT quanto ao que definem "separação dos domínios", poderiam os autores explicar a que se referem as resistividades térmicas : p0, p1, p2, e p3?

3.30 - ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS ELÉTRICOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO UTILIZANDO MEDIÇÕES SINCRÓFASORIAIS

LUCAS MEDEIROS MARINHO(1); ANTONIO CARLOS SIQUEIRA DE LIMA(2); RAFAEL DE OLIVEIRA FERNANDES(1); - ONS(1); UFRJ(2);

Este Informe Técnico apresenta a aplicação de um método para estimação de parâmetros de linhas de transmissão, utilizando medidas sincrofásoriais de PMU-Phasor Measurement Unit, tendo como objetivo fornecer subsídios para a implementação de aplicações de monitoramento em tempo real destes parâmetros. Para a realização deste trabalho, foi formulado um problema prático de otimização não linear, com a função objetivo obtida através do algoritmo de mínimos quadrados, baseada na análise nodal da linha de transmissão, através da sua representação pelo modelo PI equivalente. As restrições impostas a este problema de otimização não-linear foram condicionadas em relação aos parâmetros a serem estimados.

Perguntas e respostas:

A) Um dos motivadores desse IT são os ruídos elétricos nas medições de parâmetros de LTs. Os autores poderiam apresentar a origem desses erros?

Os ruídos elétricos estão presentes no sinal elétrico devido aos chaveamentos que ocorrem a todo instante no sistema. O papel de um equipamento PMU é filtrar esses ruídos, para tanto, a PMU deve apresentar um desempenho, em regime permanente, e também dinâmico, de acordo com a norma IEE C37.118. Devido a possibilidade de que o processo de janelamento e filtragem digital não sejam suficientes para eliminar totalmente o ruído elétrico da medida fasorial, deve-se realizar uma filtragem no algoritmo a ser

proposto. Neste trabalho não foi realizada uma filtragem digital adicional, pois notou-se pouca influência dos ruídos elétricos nos cálculos dos parâmetros da linha de transmissão.

B) Um dos equipamentos apontados no IT com erros mais significativos são os TCs. Não existem TCs com algum tipo de tecnologia que minimize esses erros, como por exemplo TCs ópticos, que por teoria são transparentes aos ruídos elétricos. Os autores poderiam comentar sobre essa afirmação?

O primeiro ponto a ser observado é o fato da utilização de TC de proteção. É de conhecimento que, para um TC de classe de exatidão 10P, por exemplo, não há especificado por Norma um defasamento angular na corrente primária nominal em relação à corrente secundária, o que pode elevar o erro no cálculo dos parâmetros da linha de transmissão, principalmente da resistência de sequência positiva. Quanto à utilização de TC ópticos, esses, de fato, possuem uma transparência aos ruídos, além de apresentarem maior precisão. Contudo, cabe ressaltar que essa é uma tecnologia recente e de pouca aplicação no Brasil. No âmbito do projeto SMSF (Sistema de Medição Sincronizada de Fasores), de responsabilidade de implantação e Supervisão do ONS, ainda não recebemos dados de PMU de instalações com TC óptico.

C) Imaginando por hipótese, que no futuro, teremos fibras ópticas em abundância em todos condutores das linhas novas como seria a aplicação dos PNUs nesse contexto? Por meio de diversos canais de comunicação em banda larga e em todas fases e OPGW entre as subestações.

Com o uso de fibra ótica para a infraestrutura de telecomunicação de um sistema WAMPACS (Wide Area Monitoring Protection Automation and Control System), a latência tenderia a reduzir sobremaneira, aumentando a resiliência de tais esquemas, cujo tempo de atraso no recebimento das informações sincrofásicas é de extrema importância, e vital, principalmente para a tomada de decisão em tempo real. Como exemplo, pode-se citar a abertura rápida de um disjuntor para evitar uma condição de instabilidade transitória no SIN.

3.31 - RECAPACITAÇÃO DA LD 138 KV TRINDADE - DESTERRO - ANÁLISE E EXPERIÊNCIA DA CELESC-D NA UTILIZAÇÃO DE CABOS DE BAIXA FLECHA E ALTA TEMPERATURA DE OPERAÇÃO

MAURICIO CARGNELUTTI VENTURINI(1); GEORGS NIQUES(1); - CELESC(1);

Na busca permanente por soluções técnicas com melhor custo-benefício para expansão do sistema elétrico do estado de Santa Catarina, a CELESC Distribuição S.A. executou a recapacitação de uma linha de distribuição essencial para atender à crescente demanda de energia elétrica na Ilha de Santa Catarina. Neste IT será apresentado o caso do projeto da RECAPACITAÇÃO DA LD 138 KV TRINDADE - DESTERRO, comparando técnica e economicamente a execução de uma nova LD convencional com o da recapacitação da LD realizada utilizando cabos condutores de alumínio termorresistente com alma de aço INVAR AW, e também a descrição da execução do empreendimento.

Perguntas e respostas:

A) O critério de seleção do condutor de alumínio termorresistente com alma de aço INVAR AW se baseou no critério de menor interferência ao processo de construção, uma vez que, o núcleo invar é muito similar ao núcleo de aço convencional. Mas os outros condutores HTLS não foram considerados? Os autores fizeram uma análise financeira para aquisição do condutor comparando com outros condutores da mesma família HTLS?

Efetivamente o critério de seleção do condutor de alumínio termorresistente com alma de aço Invar AW se baseou no critério de menor interferência ao processo de construção, foram realizados estudos de maneira a se encontrar uma solução técnica que não acarretasse obras civis e, consequentemente, novo licenciamento do empreendimento. Como a Celesc Distribuição é uma sociedade de economia mista necessita, para todo e qualquer fornecimento de material e serviço, elaborar processo licitatório. Para esta recapacitação foram estudados e orçados vários tipos de cabos não convencionais HTLS (inclusive cabos de alumínio com núcleo em compósito, cabos condutores de alumínio reforçado por compósito metálico e cabos condutores com alma de fibra carbono), a definição pelo cabo HTLS Invar decorreu do menor preço apresentado no processo licitatório. O edital do certame abrangeu toda a gama de cabos não convencionais citada pois todas atendiam tecnicamente a recapacitação da LD.

B) Os autores podem apresentar algum detalhamento sobre as operações de lançamento dos cabos condutores, como o emprego ou não de guincho e freio, utilização dos cabos existentes como piloto, dificuldades com a vegetação, etc?

A dificuldade de acessar as estruturas da LD, principalmente dentro da mata fechada, acarretaram que o lançamento do cabo fosse possível apenas a partir da utilização do cabo existente como piloto. A obra foi dividida em 6 tramos, com a instalação das praças de lançamento onde foi possível chegar com puller e freio. O lançamento tensionado diminuiu o impacto da vegetação pois evitou que o cabo baixasse muito durante o puxamento. O trecho inicial da LD foi mais complexo pois é paralelo a LD Palhoça Eletrosul - Trindade, a qual não pôde ser desligada, com distância bastante reduzida entre os eixos da LD, numa região bastante violenta de Florianópolis (Maciço do Morro da Cruz). Desta forma enfrentamos a condição de insegurança social e de risco de energização acidental no mesmo trecho. No tramo entre as estruturas 24 e 30 a LD cruza sobre a rodovia estadual SC-405, a qual conecta o sul da Ilha ao centro, neste trecho também tivemos dificuldades de execução do lançamento pois além do trânsito intenso existe uma rede de distribuição de energia que teve de ser protegida durante os serviços de execução.

C) O aço Invar é galvanizado, com Zinco, ou utiliza o "mish metal", considerando que o cabo condutor poderá operar em altas temperaturas?

O cabo, fornecido pela Nexans, é constituído de Condutor de Alumínio Termorresistente com Alma de Aço INVAR AW, de formato circular normal, formado por fios de alumínio Termorresistente H19 e fios de Aço revestidos de alumínio, tipo INVAR AW, com condutividade mínima de 14% IACS, encordoados concêntricamente. Os fios de aço Invar são aluminizados (aluminum clad steel wire).

3.32 - ESTIMAÇÃO DE ESTADOS E ANÁLISE DE ERROS GROSSEIROS APLICADOS A SISTEMAS DE MONITORAMENTO DA AMPACIDADE EM TEMPO REAL

SAMIR WALKER FERNANDES(1); DIEGO ISSICABA(2); MAURO AUGUSTO DA ROSA(3); Claudomiro de Souza de Sales Junior(4); Reginaldo Cordeiro dos Santos Filho(4); - UFSC(1);UFSC(2);UFSC(3);UFPA(4);

Sistemas de monitoramento da ampacidade em tempo real vêm sendo aplicados para a obtenção de informações acerca da real condição de operação de linhas de transmissão. Todavia, sabe-se que dados provenientes desses são suscetíveis a erros grosseiros causados por sensores defeituosos, problemas de calibração e até mesmo adulterações maliciosas. Neste contexto, este artigo apresenta o desenvolvimento de uma solução capaz de identificar medidas inconsistentes através da utilização dos procedimentos de estimação de estados e análise de erros grosseiros. Simulações numéricas demonstram a eficácia da abordagem proposta bem como seu impacto em sistemas de monitoramento da ampacidade em tempo real.

Perguntas e respostas:

A) A utilização da fibra óptica se mostra muito promissor: Assim como sensores mecânicos podem apresentar defeitos, e se houver o rompimento da fibra, como esta questão pode ser tratada? Quantos pares de fibras são recomendados neste projeto TECCON II?

O rompimento da fibra pode ser tratado por meio de uma nova fusão da fibra. Ademais, neste projeto estamos utilizando fibras com conectores para facilitar a substituição destas. Apesar de a fusão propiciar menos perdas, as distâncias envolvidas não afetam tanto no uso dos conectores. Apenas um par é necessário para a transmissão, RX e TX e há outras fibras para os sensores.

B) Caso haja rompimento do cabo e uma emenda se fizer necessária, como se pode recompor as fibras ópticas?

A emenda pode ser realizada através de uma fusão na fibra ou substituição da seção da fibra rompida entre os conectores próximos.

C) Qual o procedimento para a obtenção de dados transmitidos pela fibra? Devem passar pelos isoladores? Há fabricantes de isoladores que podem e estariam adaptados para esta configuração inovadora?

Temos um software que realiza a leitura das informações do pacote de dados enviado da torre à subestação. Os dados são recebidos por um DIO (distribuidor interno ótico) na subestação, passam por um conversor de mídia que faz a adaptação para um sinal elétrico que é conectado a um computador com o software desenvolvido. Após os sensores serem interrogados, os sinais não passam mais pelo isolador e sim pela placa de processamento de sinais na torre que os empacota e faz a conversão para envio à subestação através do cabo OPGW. O isolador foi concebido por uma empresa Alemã. No entanto, há uma empresa interessada em contruí-lo no Brasil.

3.33 - Sistemas de monitoramento e Ampacidade de LTs: uma correlação entre geração eólica e o aumento da capacidade de transmissão da rede

JOACI LIMA OLIVEIRA(1); PATRICIA TEIXEIRA LEITE ASANO(2); - Inst. Acende Brasil(1);UFABC(2);

A capacidade de transmissão das linhas é determinada com base em limites térmicos definidos por normas que fixam valores de variáveis meteorológicas para limitar níveis máximos de corrente. Entretanto, instalações localizadas em regiões caracterizadas pela presença de ventos fortes são passíveis a um maior resfriamento dos condutores, abrindo espaço para análises de mecanismos que favorecem a um maior carregamento da rede. Este informe técnico apresenta uma breve revisão sobre o tema, e, adicionalmente, o apontamento de segmentos da rede básica no Nordeste, considerados mais aptos aos benefícios da instalação de dispositivos para cálculo de dinâmico de ampacidade.

Perguntas e respostas:

A) A base de dados de vento utilizada foi desenvolvida pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). Os dados apresentam médias anuais de velocidade de vento (m/s) e fator de Weibull para uma altura de 50 metros, tendo sido extraídos de medições de estações meteorológicas ao longo de 15 anos. Nesta base, as informações são organizadas em células de 40 km x 40 km. Os autores consideram usar dados das estações de vento a 50 metros para o cálculo da ampacidade nas linhas? A célula de 40 x 40 km também não seria muito imprecisa? Os autores poderiam comentar essas questões?

Os dados de vento das estações a 50 m não serão utilizados para o cálculo da ampacidade. Eles serviram para uma análise inicial que permite mapear áreas que dispõem de regimes de vento significativamente diferenciados dos limites adotados nas normas. A área de representatividade das médias de velocidade atribuídas às células de fato é extensa e, consequentemente, possui o seu grau de imprecisão. Contudo, dada a vasta extensão da rede básica nacional, esta matriz de dados permite localizar mais facilmente as linhas que, já numa primeira análise, estariam sujeitas a velocidades de vento maiores. Entende-se que a imprecisão inerente a esta característica pode ser mitigada por meio do uso de dispositivos de monitoramento citados no IT.

B) Considerando a prática usual de se aplicar a velocidade do vento de 1 m/s no cálculo da ampacidade, poderiam os autores justificar a definição da velocidade de 6 m/s para a escolha das LTs localizadas nas regiões de maior exploração do potencial eólico?

Conforme discutido no item 2.1.2 do Informe Técnico, o uso do valor de velocidade de vento de 1m/s em projetos de LTs segue a recomendação da NBR-5422, norma que fixa valores para condições ambientais em níveis conservadores, sendo comum a ocorrência de condições mais favoráveis a um maior resfriamento do condutor. As informações apresentadas na tabela 1 substanciam esta afirmação, mostrando que cerca de 16% da área da região nordeste apresenta ventos com velocidades médias superiores a 6m/s. Contudo, os ganhos de ampacidade não necessariamente ocorrem apenas a velocidades acima de 6 m/s, este recorte foi uma hipótese assumida neste estudo para dar destaque

às localidades com ventos mais intensos. As figuras 3 e 4 permitem notar que parte significativa dos empreendimentos eólicos encontra-se dentro desta caracterização de regimes de vento, sendo a rede nas proximidades destes parques mais apropriada para a aplicação da abordagem proposta no informe.

C) A variabilidade da velocidade do vento pode ocorrer em distâncias de 400 a 500 m. Assim sendo, a pergunta para os autores é se não haveria um risco associado relativamente alto fazer em se fazer um maior carregamento da linha que normalmente é muito mais extensa?

O risco existe, é um desafio e uma das motivações para o desenvolvimento de métodos e ferramentas que o minimize. Tanto o relevo quanto as condições ambiente podem variar ao longo das linhas, resultando em diferentes níveis de ampacidade nos vãos. Todavia, o carregamento deve levar em consideração o vão crítico, ou seja, aquele cujos dispositivos de monitoramento da linha em tempo real indicam como sendo o gargalo, com a menor ampacidade ao longo da LT. Considera-se que os projetos enquadrados nos critérios de seleção são mais aptos à instalação destes sistemas, que permitem o cálculo dinâmico da ampacidade de acordo com as condições reais do ambiente em que o projeto está localizado. Os casos passíveis de melhor aproveitamento de carregamento não necessariamente precisam ser explorados até o novo limite. Novas margens de segurança podem ser atribuídas aos projetos, mas estes considerando as condições reais de operação da linha.

3.34 - Sistema de vigilância de incêndios e de focos de calor (VFogo): Plataforma de tomada de decisão para monitoramento ambiental e operação de LTs

EDUARDO ALVIM LEITE(1); FLAVIO DEPPE(1); GABRIEL HENRIQUE DE ALMEIDA PEREIRA(1); GIOVANE FRONZA(1); CLOVIS CECIM(1); - SIMEPAR(1);

Incêndios são fenômenos ambientais que preocupam o setor elétrico brasileiro. As queimadas e presença de fogo sob as LTs constituem uma das principais causas ambientais de desligamentos em LTs, ao lado de descargas atmosféricas, vento e chuva fortes, vegetação e quedas de torre. Dentre algumas ferramentas que podem auxiliar no monitoramento de queimadas, a utilização de tecnologias de Sensoriamento Remoto tem especial importância. Dentro deste contexto, o objetivo do trabalho é apresentar o Sistema de Vigilância de Incêndios e Focos de Calor denominado VFogo. Este Sistema possui dois componentes: (i) Plataforma web desenvolvida para monitoramento e análise de incêndios através de Sensoriamento Remoto em áreas de influência das LTs; (ii) Monitoramento assistido por profissionais (escala 24/7/365) da plataforma web e emissão de alertas do nível de risco das LTs monitoradas devido a presença de incêndios.

Perguntas e respostas:

A) O sistema VFogo permite o cruzamento de informações e dados estáticos e dinâmicos, associado a um banco relacional de focos de calor de diferentes fontes como NASA e INPE. O uso dessa ferramenta tem algum custo?

O desenvolvimento do VFogo foi realizado pelo SIMEPAR e sendo assim, possui custo para sua customização específica para um determinado cliente, bem como custo de operação e manutenção (24/7/365).

B) Estando o sistema VFogo em escala piloto a serviço do ONS, conforme reporta o IT, é prevista sua implantação futura em escala comercial? Se sim, para quando é prevista essa implantação?

Sim. O VFogo está sendo aprimorado para comercialização em escala. Serão inseridas novas funcionalidades, como por exemplo a geração de alertas. Tão logo tenhamos este cronograma, divulgaremos para os potenciais clientes.

C) Os autores explicitam que o sistema VFogo trabalha com informações em quase tempo real. Qual seria a menor base horária dessa definição de quase tempo real?

A melhor resolução temporal se aplica as imagens GOES 16 e seus respectivos focos de calor. Esta resolução é de 10 minutos. Porém, a ingestão das imagens GOES 16 ocorre imediatamente após o processamento das mesmas e a ingestão dos focos de calor (que são obtidos de diferentes repositórios), ocorre a partir de alguns minutos após o processamento das imagens.

3.35 - ESTACAS HELICOIDAIS - ANÁLISE DE PROVAS DE CARGA À TRAÇÃO

DANIEL CANOVA RENOSTO(1); CLAUDIO PEREIRA PINTO(2); FERNANDO ARTUR BRASIL DANZIGER(3); - TORCISÃO(1); CEFET(2); COPPE(3);

No presente trabalho são apresentados os resultados de provas de carga à tração com fundações adicionais às da torre, visando avaliar-se, principalmente, a carga de ruptura geotécnica. Uma vez que há limitação estrutural da estaca, a carga máxima na prova de carga foi de cerca de 1,4 vezes a carga de trabalho. O critério de Van der Veen (1953) foi empregado com sucesso para a extrapolação da carga de ruptura. Os valores de k, da relação entre carga de ruptura e torque máximo, situaram-se na faixa 17 – 34 m-1, representando valores em média maiores do que os obtidos por Silva (2014), que analisou extenso banco de dados. A diferença entre os valores ora apresentados e os daquele autor foram atribuídos ao método empregado para se definir os valores de carga de ruptura. A questão dos deslocamentos sob carga de estacas helicoidais é assunto que necessita ainda muitos estudos, e esta questão está diretamente relacionada aos critérios de aceitação das estacas helicoidais a partir das provas de carga realizadas em campo.

Perguntas e respostas:

A) Os AUTORES AFIRMA QUE "A questão dos deslocamentos sob carga de estacas helicoidais é assunto que necessita ainda muitos estudos, e esta questão está diretamente relacionada aos critérios de aceitação das estacas helicoidais a partir das provas de carga realizadas em campo.". Nesse sentido quais linhas de pesquisa e desenvolvimento os autores sugerem para avançar no conhecimento desse produto de fundações, que está sendo largamente utilizado no Brasil. Os autores poderiam comentar sobre essa visão de próximos passos?

Importante pergunta. Estamos realizando estudos em câmaras de calibração com estacas instrumentadas para entendimento dos deslocamentos em solos tropicais. Neste tipo de fundação, quando solicitada a tração, são previstos deslocamentos em função da perturbação no solo dada pelo método de instalação. É possível citar no último slide esta questão. Faremos uma revisão e nova postagem com esta consideração.

B) Diante dos dados apresentados na Tabela 4 para os ensaios 7 a 11, que avaliação podem os autores fazer sobre a comparação entre as profundidades em que a sondagem SPT foi paralisada (com razoável número de golpes) e a alcançada pelas estacas helicoidais?

As boas definições das investigações geológico geotécnicas são imprescindíveis para as corretas definições de fundações de uma LT, não é diferente para as Estacas Helicoidais. Para o ensaio 7, observa-se que a sondagem, paralisada com 8 metros, não teve boa correlação com o torque, medido metro a metro, até a parada da instalação dada em função do torque de projeto. Já os ensaios de 8 à 11 temos um spt 19 à 25 golpes na paralisação da sondagem, mostrando uma relação mais aproximada ao torque medido metro a metro. A figura 4 N (SPT) e Torque (KNm) demonstra uma proposta de correlação onde será apresentada no evento.

C) Os autores comentam no IT que o torque é registrado continuamente, sendo anotado a cada metro. A cravação da estaca é interrompida ao se atingir determinado valor de torque, pré-definido para o local da instalação, respeitando os limites estruturais da estaca e preservado a fase elástica do aço empregado na haste. Nesse contexto os autores poderiam comentar se não teríamos outra variável de controle além do torque aplicado, como por exemplo, alguma medição de deformação ou força ao longo da haste que pudesse trazer mais informações para o critério de penetração no solo das fundações de LTs?

Todo projeto deve prever informações mínimas, tais como torque de instalação e torque estrutural da estaca definido pelo fabricante. Este torque não deve ser ultrapassado durante a instalação, respeitando os limites estruturais da estaca e preservado a fase elástica do aço empregado na haste. O critério visual não é adequado, pois existem aços com alongamentos >25% que podem demonstrar deformação visual, mesmo estando na fase elástica. O melhor critério é definir em projeto o torque estrutural da estaca helicoidal.

4.0 TÓPICOS PARA DEBATE

Na eventual disponibilidade de tempo, durante as apresentações em plenária, sugere-se os seguintes tópicos para debate adicional:

- * aplicações de novas tecnologias e de novos critérios para operação e manutenção de linhas aéreas em regiões de floresta densa (exemplo da Floresta Amazônica);
- * experiências e desenvolvimento de novos materiais em isoladores e condutores de LTs;
- * os maiores desafios da CC no Brasil. Visão de futuro e oportunidades de novos empreendimentos;
- * os desafios para a formação profissional dos novos engenheiros e técnicos no setor de linhas de transmissão;
- * implantação de novas LTs, nos seus diferentes setores (projeto, construção, manutenção, etc.) por meio de tecnologias e técnicas ainda não convencionais (por exemplo: com níveis mais elevados de tensão, com maiores feixes de condutores, estruturas compactas, com monitoramento dos ativos em tempo real, etc);
- * a ampliação das redes subterrâneas nas grandes cidades
- * uso de Drones em aplicações reais de manutenção de linhas aéreas;
- * gestão de ativos de linhas aéreas de transmissão;
- * acidentes com quedas de estrutura devido a fatores meteorológicos de grande intensidade.

As práticas de manutenção em linhas energizadas de ultra alta tensão têm sido baseadas em estudos e análises experimentais em laboratório e aplicações em campo, requerendo, ainda, um respaldo normativo.

6.0 CONSTATAÇÕES FINAIS 2

A aplicação das fundações com estacas helicoidais tem ocorrido em velocidade superior ao conhecimento acumulado sobre as características técnicas de adequação ao meio em que são instaladas as estacas, bem como sobre sua durabilidade.

7.0 CONSTATAÇÕES FINAIS 3

As soluções de projeto para melhoria de desempenho de LTs em operação, bem como para a adoção de configurações para LTs de potência natural elevada, têm sido objeto de intenso desenvolvimento.