



NOVA TECNOLOGIA NA GESTÃO DA REDE ELÉTRICA COLETORA DE PARQUES EÓLICOS

Daniel Bento ¹, Juliano Gonçalves ²

1 Diretoria Executiva

Baur do Brasil

2 Diretoria de Operações

Baur do Brasil

Rua Tácito de Almeida N°73 - Sumaré, São Paulo, SP, Brasil

daniel.bento@rdsbrasil.com, juliano.goncalves@rdsbrasil.com

RESUMO

O presente artigo apresenta o agrupamento das novas tecnologias empregadas no mundo para realizar a gestão das redes coletoras subterrâneas. As técnicas apresentadas resultam da experiência desenvolvida no mundo na realização de ensaios que apresentem os melhores índices de confiabilidade na gestão de cabos isolados de média tensão.

O trabalho se concentra na realização de ensaio de tensão aplicada empregando corrente alternada e de forma concomitante com as medições de descargas parciais e tangente delta. A técnica que consolida todas essas ações em apenas um único ensaio é denominada Monitored Withstand Test – MWT e está apresentada em detalhes no artigo.

A análise minuciosa dos resultados destes testes permite identificar com precisão o estado de conservação de cabos, auxiliando a realização de uma ação assertiva e otimizada de manutenção, baseada na sua condição real de conservação, evitando investimentos desnecessários de manutenção ou substituição, e também antevendo eventuais falhas que possam causar indisponibilidade não planejada da rede coletora.

Palavras-chave: *Rede coletora, Diagnóstico, Ensaio em VLF, Manutenção preventiva.*



1 INTRODUÇÃO

A construção de redes elétricas em média tensão utilizando cabos isolados de forma aérea ou subterrânea no Brasil teve início no segmento de distribuição de energia elétrica a aproximadamente 100 anos.

Mesmo após um centenário do início da utilização de cabos isolados na construção de redes de distribuição de energia elétrica, apenas pequenas regiões de algumas cidades do país são providas das redes instaladas de forma subterrânea, sendo a predominância da rede instalada de forma aérea.

Por outro lado, no segmento de geração de energia elétrica, houve nos últimos 10 anos grande expansão da geração eólica no Brasil. Este tipo de geração possui uma característica particular quando comparada com as tradicionais habitualmente instaladas no País.

Uma usina eólica é composta de muitos geradores com potência de aproximadamente 2 MW. Portanto tal condição faz com que para escoar a energia elétrica produzida, cada gerador possui um circuito constituído por cabos isolados em média tensão que conduz a energia elétrica produzida até uma subestação que por sua vez eleva a tensão elétrica para valores maiores, permitindo conexão das redes de transmissão.

Portanto as usinas eólicas construídas nos últimos anos no Brasil empregam muitos cabos isolados de média tensão. Apenas como referência é possível citar que alguns complexos eólicos possuem mais de 100 km de cabos isolados instalados durante a sua construção.

As redes elétricas construídas nestas usinas se beneficiaram da importação da tecnologia trazida, em função das empresas multinacionais envolvidas nestes projetos. Contudo a operação dos parques está associada a equipe local, aplicando portanto as técnicas e recursos disponíveis no Brasil.

É justamente nesse contexto que o presente artigo se insere, trazendo as novas tecnologias de gestão de cabos isolados desenvolvidas no mundo para aplicá-las nos parques eólicos brasileiros. Tendo em vista que um dos autores deste artigo é o representante do Brasil no grupo de trabalho internacional do Cigre que trata da gestão de cabos isolados de média tensão, o que será apresentado neste artigo representa as modernas tecnologias em utilização no mundo.



2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo auxiliar no aumento da confiabilidade da rede coletora subterrânea, reduzindo também as despesas com sua manutenção e gestão. Desta forma espera-se que haja alta confiabilidade operacional da rede, permitindo que o alcance de elevado índice de disponibilidade operacional.

A elevação no índice de confiabilidade permite a injeção de um montante maior de energia no sistema elétrico, fazendo que haja maior rentabilidade do parque eólico.

Adicionalmente tais medidas de gestão resultam ainda em redução do orçamento de operação, pois evitam a ocorrência de desligamentos não programados, o que apresenta elevado custo de localização e reparo da falha, sem considerar o custo da energia elétrica não gerada durante o período de indisponibilidade do parque eólico.

Esse objetivo é obtido através das técnicas apresentadas nesse trabalho de gestão das redes coletoras, por meio do ensaio denominado Monitored Withstand Test – MWT, que deve estar integrado a todo planejamento de gestão de ativos para proporcionar os benefícios esperados.

3 RELEVÂNCIA DOS CABOS ISOLADOS DE MÉDIA TENSÃO

A construção de uma rede coletora subterrânea é um projeto planejado para que a sua operação seja confiável e segura, retornando assim o elevado investimento aportado em sua construção e auxiliando ao parque eólico ter um elevado índice de performance operacional e energia injetada no sistema elétrico.

Para obter esse resultado é importante que a rede coletora mantenha-se em perfeitas condições de funcionamento o maior tempo possível, permitindo assim a continuidade do abastecimento.

Os cabos isolados de média tensão são elementos essenciais para o perfeito funcionamento desta infraestrutura. Portanto uma falha neste componente afeta toda a operação do sistema.

Em se tratando de investimento, os cabos isolados de média tensão também apresentam valor muito significativo em relação a toda a infraestrutura elétrica do parque eólico, portanto este é um elemento da rede que requer muita atenção no momento da construção e manutenção.



Geralmente as redes coletoras não apresentam contingência, portanto na falha de um cabo todo o circuito é desligado, o que geralmente compreende de 4 a 7 aerogeradores.

Vale destacar que diferente dos cabos utilizados em baixa tensão, os cabos isolados de média tensão apresentam várias camadas em sua construção, aumentando a importância da adoção de técnicas adequadas para realizar a manutenção em cada componente de sua composição.

Existem técnicas disponíveis para realizar ações de gestão em todas as camadas que compõem os cabos, sendo que para cada componente existem ensaios diferentes, tendo em vista as características e particularidades envolvidas.

Os ensaios apresentados no presente artigo se atém a gestão da isolação do cabo, pois é neste ponto do cabo onde ocorre a maior parte das falhas e por esse motivo torna-se o ponto de maior atenção na busca pelo aumento da confiabilidade da rede elétrica.

Contudo vale destacar que existem outras técnicas, que não são objetivo deste artigo, para realizar ações de gestão na condição de conservação dos outros componentes do cabo.

4 APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ENSAIO DENOMINADA MONITORED WITHSTAND TEST – MWT

A técnica de ensaio denominada *Monitored Withstand Test* – MWT consiste da realização do ensaio de tensão aplicada empregando corrente alternada em conjunto com a realização das medições de tangente delta e descargas parciais nos cabos da rede coletora de energia elétrica.

Os ensaios que serão apresentados neste artigo são baseados em normas internacionais, tendo em vista a larga experiência existente na gestão deste tipo de rede fora do Brasil.

Ensañar cabos isolados de média tensão em corrente contínua não é uma técnica adequada, pois a elevada tensão aplicada (podendo chegar a mais de 4 vezes a tensão nominal do cabo) por alguns minutos correspondente ao tempo do teste, polariza o material isolante, conforme ilustra a figura I, e quando ele retorna a operar com corrente alternada o desempenho da isolação não será o mesmo.

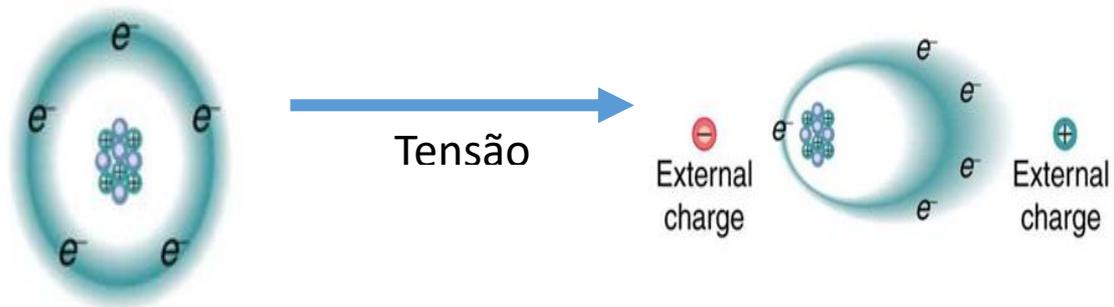


Figura I: Ilustração sobre a polarização

Tal situação de polarização faz com que possam surgir falhas prematuras dentro da isolação, conforme ilustra a figura II. Por esse motivo que as normas internacionais recomendam a realização de testes em corrente alternada e neste caso o MWT deve ser feito considerando o teste de tensão aplicada em corrente alternada e de forma concomitante realizando as medições de tangente delta e descargas parciais.



Figura II: Imagem de falha na isolação de cabo de média tensão

As normas internacionais que estabelecem os critérios para realização deste tipo de ensaio são a 400.2 do IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers e também a 60502-2 da IEC - International Electrotechnical Commission.

Aplicar corrente alternada em alta tensão para cabos de longa distância, o que significa alta impedância, requer um equipamento de ensaio de grande porte, o que seria inviável de ser

realizado em campo com a frequência de operação (60Hz), por esse motivo que a norma 400.2 do IEEE estabelece a realização deste ensaio com frequência reduzida, em geral 0,1Hz. Desta forma é possível utilizar equipamentos portáteis para analisar os cabos em sua própria instalação.

A norma 400.2 estabelece a tensão de ensaio que varia de acordo com a tensão nominal do cabo e com o momento da realização do ensaio, se o cabo é novo ou se ele já estava em operação.

A tabela I reproduz os valores de tensão rms para ser aplicado entre fase-terra estabelecidos para a realização de ensaios de manutenção de cabos que já estão em operação, considerando o ensaio sendo realizado com forma de onda senoidal.

Tabela I Tensão aplicada para ensaios de manutenção em cabos de acordo com a norma 400.2 do IEEE

Tensão nominal fase-fase do cabo	Tensão fase-terra do ensaio
15	16
20	20
25	24
28	27
30	29
35	33

Portanto, em uma instalação onde a rede de média tensão é provida de cabos isolados de tensão 20/35 kV, cada fase do cabo que foi projetada para operar com 20 kV deverá ser submetido a 33 kV, tensão bem inferior ao valor definido nos ensaios de corrente contínua.

O tempo de ensaio recomendado pela norma 400.2 do IEEE para cabos de grande importância é de 1 hora. Caso esteja sendo realizado simultaneamente as medições de tangente delta e



descargas parciais (conceito do MWT) o tempo de ensaio pode ser reduzido, podendo chegar a 15 minutos. A norma 60502-2 da IEC também estabelece o mesmo tempo de 15 minutos.

Essa significativa redução ocorre devido ao fato que em um teste de tensão aplicada comum, o resultado apresenta se o cabo foi aprovado ou reprovado, teste conhecido como “passa ou não passa”. Portanto não há uma condição intermediária, entretanto na realidade de operação o cabo pode estar em uma condição onde não haverá uma falha iminente, porém ela possivelmente não demorará para ocorrer, por esse motivo que o tempo de ensaio deve ser prolongado.

Desta forma um cabo que esteja em condição intermediária de conservação será submetido a uma sobretensão por um tempo maior podendo provocar sua falha durante o teste, o que é um evento ruim, porém desejado, tendo em vista que a falha durante o teste é um evento menos crítico do que a ocorrência da falha durante a operação normal da instalação.

Quando o ensaio de tensão aplicada é realizado utilizando a técnica de MWT é possível monitorar o comportamento do cabo durante o teste. Caso ele apresente estabilidade com baixos índices de tangente delta e descargas parciais nos primeiros 15 minutos, significa que não é necessário avançar mais tempo no ensaio para que se tenha certeza que ele não irá falhar durante o teste.

Vale destacar que a contagem de 15 minutos de ensaio deve ser iniciada apenas após as medições de tangente delta e descargas parciais apresentarem valores estáveis.

Adicionalmente deve ser considerado também que estas medições para verificação de estabilidade não devem considerar o período de rampa do ensaio, que representa a etapa inicial quando a tensão aplicada é elevada gradativamente de acordo com passos estabelecidos pelos procedimentos e normas.

Tal condição permite que o ensaio seja realizado aplicando exatamente o tempo necessário para realizar a avaliação do cabo, sem que haja exposição desnecessária do cabo a sobre tensão.

5 RESULTADOS

Estão apresentados a seguir dois exemplos de resultados de medições que apontam situações diferentes, sendo a primeira situação exemplificando uma medição que indica uma situação de estabilidade do parâmetro tangente delta. Segundo os parâmetros da IEEE, a condição ideal seria que os valores de tangente delta medidos estivessem abaixo de 20.

A figura III demonstra uma situação em que este valor ficou bem abaixo do limite e apresentou-se muito estável ao longo de todo o período de coleta de dados que está representado pelo eixo X.

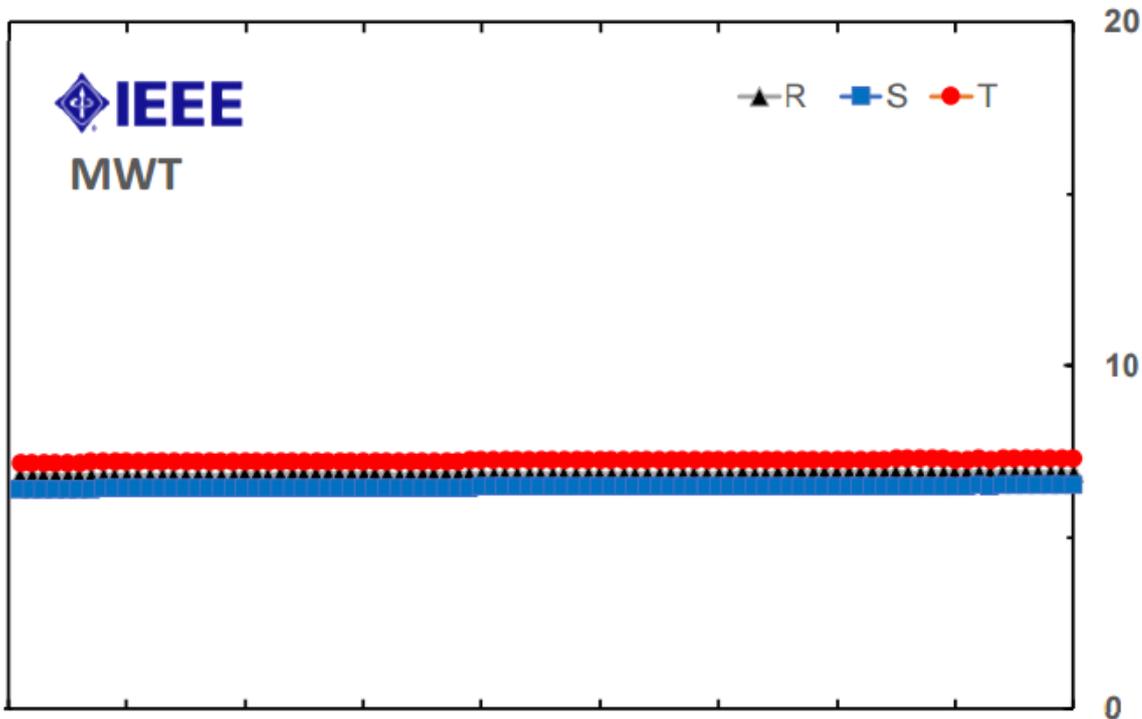


Figura III: Imagem de uma medição estável de tangente delta

Esta é uma situação em que o tempo do ensaio de tensão aplicada do MWT não precisa ser estendido, devido a estabilidade verificada no monitoramento.

O exemplo da figura IV demonstra uma situação contrária, onde o resultado da medição de tangente delta apresentou instabilidade, além do fato que as fases R e S estão com os valores medidos acima do limite de referência de 20.

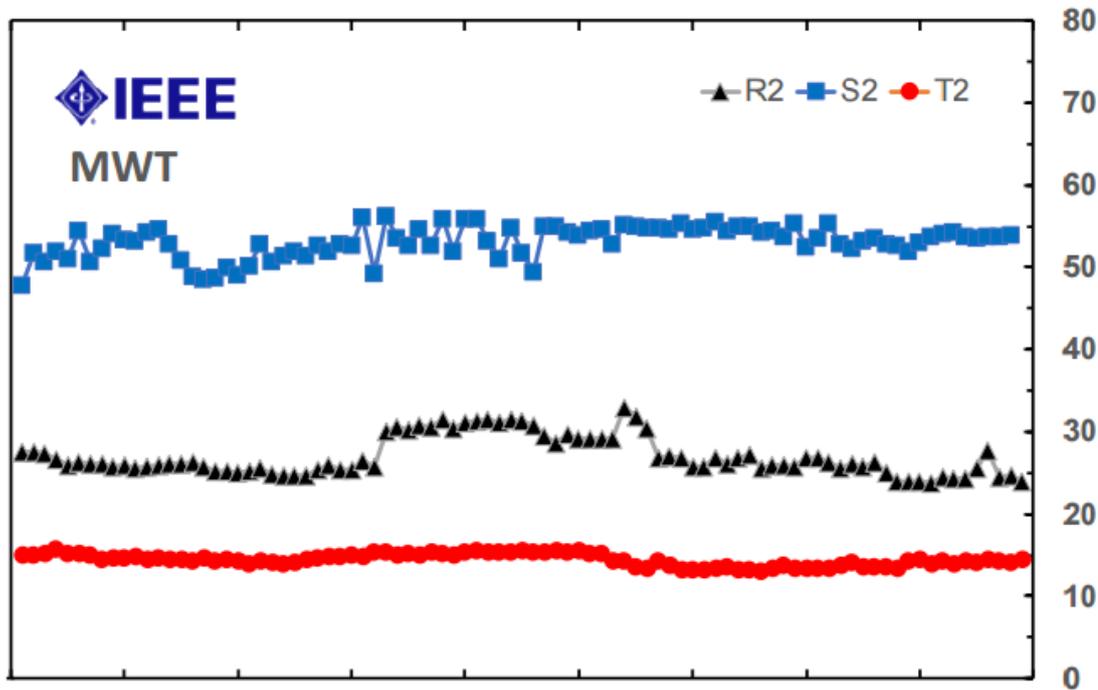


Figura IV: Imagem de uma medição instável de tangente delta

Apenas a instabilidade já apontaria para a necessidade de extensão do tempo de ensaio de tensão aplicada. O acréscimo da condição onde está variação ocorre em patamares superiores ao limite de referência, acrescenta mais uma variável de análise que requer investigação para identificar se pode haver presença de umidade no cabo, ou se há indícios de defeito nas terminações, dentre outras hipóteses que precisam de mais análises para definição do diagnóstico.

Contudo sob o ponto de vista do propósito deste artigo de tratar dos ensaios de MWT, a variação em si dos parâmetros monitorados representa a necessidade de ampliação do tempo de ensaio.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho permite concluir que as redes coletoras podem ser beneficiar da experiência internacional na gestão da rede elétrica de média tensão, empregando as novas tecnologias em utilização pelo mundo.



As ações de gestão nos cabos isolados de média tensão são de grande relevância, tendo em vista ser um elemento que está em série com a instalação, fazendo com que sua falha inesperada provoque interrupção na injeção da geração de energia no sistema elétrico.

Foi possível constatar que o Brasil não possui padrões nacionais para realização dos testes em corrente alternada, sendo necessário se utilizar de normas internacionais. Essa referência internacional recomenda técnicas de ensaios realizadas em tensão alternada e baixa frequência, sendo realizado em conjunto com medições de tangente delta e descargas parciais.

Tal técnica conhecida como MWT apresenta a melhor condição para monitorar o estado de conservação dos cabos isolados de média tensão, contribuindo para aumentar a disponibilidade do parque eólico.

7 BIOGRAFIAS

Daniel Bento – Daniel é certificado como PMP (Project Management Professional) pelo PMI (Project Management Institute - PMI), possui MBA na área Financeira pela FAAP e especialização em gerenciamento de projeto pela fundação Vanzolini e FGV. Trabalha há mais de 25 anos no setor de energia. Exerceu vários cargos e funções na área de distribuição de energia elétrica, com destaque para a coordenação do desempenho técnico de todo o sistema de distribuição subterrânea da AES Eletropaulo. Gerenciou a execução de obras em diversas redes subterrâneas de energia em média tensão. Colunista periódico na revista O Setor Elétrico. Coautor do livro intitulado: Sistema Elétrico de Potência - SEP - Guia Prático - Conceitos, Análises e Aplicações de Segurança da NR-10 (Editora Érica).

Juliano Gonçalves – Juliano possui mais de 20 anos de experiência em negócios do setor de energia, principalmente em serviços públicos, gerenciamento de subestações/linhas de transmissão, manutenção e expansão de redes de distribuição subterrânea e aérea, prevenção de perda de energia, prevenção de inadimplência e relacionamento com clientes. Atuou como líder na implantação da estratégia de melhoria contínua global em 2 empresas multinacionais diferentes para a Região da América Latina, apoiando a região em mudanças culturais, gerenciamento estratégico de projetos, gerenciamento de mudanças e monitoramento/definição de indicadores chave de desempenho. Sólida experiência em gestão de operações multinacionais. Pós Graduação em Administração (CEAG - FGV), Engenheiro Elétrico (PUC) e Green Belt.