

Previsão de quebras de fibra e pontos fracos

Teste de campo de deformação de fibra baseada em Brillouin em cabos aéreos de longa distância

Os cabos aéreos foram caracterizados usando um Brillouin-OTDR. As elongações de fibra foram medidos com resolução espacial de 10 m sobre um cabo de 152 km e um desvio padrão máximo de 0,0015%, demonstrando uma solução de teste aplicável à maioria dos links de telecomunicações.

Introdução

As operadoras de rede precisam de um método para prever proativamente uma quebra em uma fibra causada por deformação excessiva e fraqueza em um cabo. Isso é causado por condições climáticas e geológicas que estão constantemente alterando a deformação e as pressões de temperatura no cabo de fibra. Usando medições preditivas, uma equipe de operações de manutenção pode preservar o cabo aliviando a deformação ou substituindo-o proativamente antes que a transmissão seja perdida. As soluções de cabeamento totalmente dielétrico têm se espalhado rapidamente em redes de fibra óptica nos últimos anos. Em comparação com cabos blindados com metal, eles acumulam as vantagens de menor custo, menor peso e manuseio mais fácil, sem exigir aterramento. No entanto, uma estrutura mais leve geralmente significa uma proteção mecânica mais baixa e deve-se avaliar a aplicabilidade desses cabos aos ambientes mais exigentes. Para uma comparação justa, a Rostelecom instalou a ADSS e a OPGW há dez anos, no norte de Irkutsk. Nessa região, a temperatura varia de -57°C a $+40^{\circ}\text{C}$ e, em alguns casos, uma camada de 10 cm de gelo pode se acumular como na Imagem 1-a. Com o tempo, a estrutura do cabo pode sofrer deslaminiação, conforme observável na Imagem 1-b.

Com uma estrutura de cabo frágil, as elongações da fibra interna podem estar muito acima do valor máximo de 0,2% recomendado pelos fabricantes de fibra. Ainda assim, com o advento das fibras insensíveis à curva, a perda incorrida pode permanecer moderada e a transmissão de dados operar sem falhas. Isso não deve ocultar o fato de que a estrutura da fibra de vidro não é mais forte mecanicamente e ainda é provável que se quebre em uma elongação de 4%. Se as perdas de fibra não forem mais afetadas por níveis críticos de deformação, as técnicas tradicionais de troubleshooting devem ser reconsideradas.



Imagem 1a: Formação de gelo



Imagem 1b: Membros de força quebrados

A análise espectral de Brillouin é o único método de caracterização óptica capaz de fornecer medições precisas de alongação distribuída. É bem conhecido que a interação de dispersão de Brillouin tem uma frequência ressonante que depende linearmente da alongação da fibra e essa medição agora é amplamente usada para fins de detecção da fibra. A principal dificuldade com os links de telecomunicações é que eles normalmente excedem 100 km, enquanto uma alta resolução espacial também deve capturar todos os eventos de deformação.

O primeiro método de medição que pode ser aplicado é chamado de análise óptica de domínio de tempo de Brillouin (B-OTDA). Embora essa configuração forneça os sinais mais fortes graças a uma interação estimulada, ela é limitada em alcance de distância devido à necessidade de uma configuração de loop. Na prática, as distâncias mais longas cobertas corresponderiam a um elo unidirecional máximo de 80 km^{1,2}. Distâncias mais longas foram alcançadas adicionando amplificadores ópticos distribuídos na linha^{3,4}, mas a distância máxima de 75 km entre amplificadores não seria aplicável em um link de telecomunicações, sem mencionar os efeitos não locais complicados sobre tais distâncias⁵. A B-OTDA não está dimensionada para instalações típicas de cabos de telecomunicações e não pode ser inserida praticamente para adquirir uma medição sem rosquear o cabo que excede 80 km.

A segunda solução é a reflectometria óptica no domínio do tempo de Brillouin (B-OTDR), que usa um único sinal de probe, lançado de um lado de um enlace de fibra. O B-OTDR adquire a luz retroespalhada espontaneamente de Brillouin, assim como um OTDR comum com espalhamento Rayleigh. A vantagem dessa configuração é evidente quando se trata de um link com perda de orçamento muito alta ou até mesmo uma quebra: o B-OTDR sempre fornecerá informações sobre as seções acessíveis. O registro da distância percorrida em um experimento de laboratório foi de 150 km, usando uma combinação de detecção coerente e amplificação de Raman⁶, mas a resolução espacial de 50 m e a precisão da medição na extremidade distal não seriam suficientes. O amplificador óptico em linha também foi proposto para o B-OTDR⁷, mas novamente isso não seria aplicável a links de telecomunicações.



OneAdvisor 1000 DTSS – detecção de temperatura e deformação distribuída

No presente artigo, relatamos uma nova implementação de um Brillouin-OTDR coerente, integrado a um instrumento implantável em campo operado por bateria (OneAdvisor 1000 DTSS). Um primeiro protótipo para o B-OTDR da VIAVI foi usado para caracterizar um link aéreo instalado de 152 km e perda total de orçamento de 34 dB com uma resolução espacial de 10 m. Requer duas aquisições de OTDR obtidas de ambas as extremidades do link, mas afirmamos que esta é a única técnica capaz de cobrir as distâncias das linhas de telecomunicações instaladas.

Configuração experimental

Nosso instrumento usa detecção coerente para detectar seletivamente os componentes espectrais de Rayleigh ou Brillouin dos sinais retroespalhados. O instrumento pode produzir traços regulares de OTDR para caracterizações de perda, explorar as informações de mudança de frequência de Brillouin para determinação de deformação (presumindo uma temperatura constante) e também usa a Razão de Landau-Placzek (LPR) para uma determinação independente de temperatura e deformação⁸. Assim, o usuário tem à sua disposição três tipos de medições OTDR: perda de sinal, deformação e temperatura para determinar a integridade da fibra sob teste.

Resultados

Durante esta campanha de teste, 7 fibras foram testadas a partir de três locais de Ust-Kut, Kirenga e Severobaikalsk, acumulando 23 aquisições completas de OTDR Rayleigh e Brillouin, a maioria sendo bidirecional. Nossos principais resultados são exibidos nas figuras 1 a 3.

A figura 1 mostra a deformação como função da distância para a linha de Ust Kut a Kirenga. Consiste em duas aquisições de ambas as extremidades, o traço de Kirenga sendo revertido, para mostrar o link completo e a boa correspondência no ponto intermediário do link. A sucessão de platôs – cada um com um desvio de frequência específico –, é típica de uma instalação de cabo aéreo, em que os trechos de cabo montados nunca têm mais de 15 km, e cada cabo contém várias fibras de diferentes lotes. Na verdade, a mudança da troca de frequência de Brillouin é frequentemente mais fácil de detectar do que a atenuação de emenda no traço OTDR e isso pode ser explorado. A mudança de frequência de Brillouin para um determinado tipo de fibra pode variar em ± 20 MHz em torno do valor nominal, dependendo do lote de fibra⁹, que se converte em $\pm 0,04\%$ de alongação. Isso gera uma incerteza substancial se alguém aplicar estritamente a recomendação do fabricante de uma alongação máxima de $0,2\%$. Nesse caso, seria necessário localizar e quantificar um evento de deformação como um desvio relativo do platô circundante, e isso complicaria a análise. No entanto, com a experiência prática de uma rede aérea operada sob condições extremas, é forçado a tolerar eventos de deformação de até 3% para durações curtas. Presumindo uma combinação de fibras que é tão homogênea quanto a da figura 1, é possível negligenciar essas alterações relacionadas à fibra e deixar o instrumento decidir automaticamente se o cabo passa nos critérios com base em um limite absoluto fixo.

As incertezas relacionadas ao instrumento podem ser avaliadas a partir dos desvios padrão nos vários platôs sem eventos da aquisição, que são tipicamente de $0,0006\%$ e até $0,0015\%$ no ponto de junção central após uma atenuação de ligação de 17 dB.

Muitos dos perfis de deformação exibem trens de picos com uma periodicidade característica de 350 a 500 m, que é a distância entre as torres. A amplitude máxima é geralmente de $0,01\%$, com um nível mais alto de $0,03\%$. Esses valores bastante pequenos foram tranquilizadores na condição atual do link.

Deve-se observar que os eventos espalhados por fibras variam de 150 a 400 m e que as medições ocorreram em outubro. Presumivelmente, a deformação atinge níveis mais altos e fica mais localizada com cargas de gelo, enquanto durante o verão a deformação é liberada e se espalha espacialmente graças aos movimentos do cabo e ciclos térmicos. No entanto, os detalhes das aquisições apresentadas estão suficientemente resolvidos para destacar as fraquezas dos cabos, mesmo durante o verão.

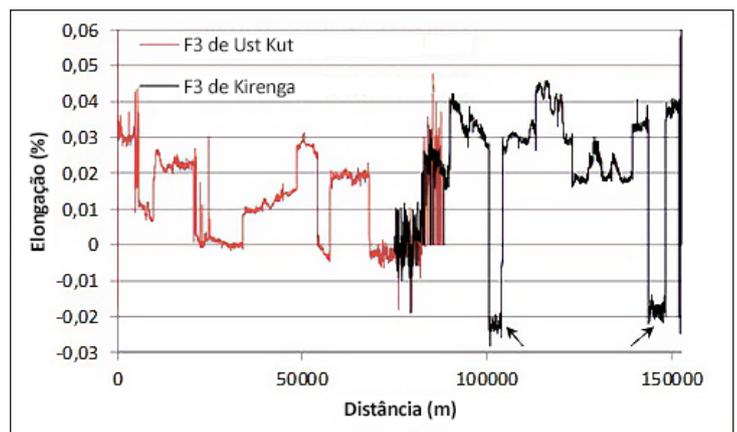


Figura 1: Medição de deformação bidirecional acima de 152 km com pulso de 100 ns; setas indicam seções de SMF28e+ de primeira geração.

A figura 2 é uma captura de tela do instrumento de um evento de deformação mostrando duas aquisições sobrepostas feitas com pulsos de 100 ns e 200 ns. Embora a precisão e o alcance estejam se beneficiando do efeito suavizante e da maior energia de um pulso mais longo, obviamente apaga os detalhes mais rápidos. Deve-se sempre usar a melhor resolução espacial possível, uma vez que a extensão dos eventos depende de muitos parâmetros (distribuição da carga, estrutura e instalação exatas do cabo, gel usado etc.).

Os espectros de Brillouin também permitem reconhecer a fibra tipo⁹; a figura 3 exibe um espectro de modo duplo típico da primeira geração de SMF28e+. Essa fibra foi usada na ocasião dos reparos, enquanto um SMF28e de pico único regular havia sido usado no momento da instalação.

Uma campanha de medição, tal como descrita, seria apenas a primeira etapa no ciclo de manutenção do cabo, que pode ser conduzida na instalação ou na ocasião de um troubleshooting.

Todas as medições subsequentes podem ser repetidas da mesma forma, mas seria recomendado usar a primeira medição como referência e produzir dados relativos. Isso removeria o problema de diferentes fibras com diferentes mudanças de frequência ao longo do link. Com as informações extras trazidas pelo LPR, nosso instrumento também pode contabilizar as variações sazonais de temperatura entre as duas medições. Isso aumentaria ainda mais a precisão em comparação com uma medição baseada exclusivamente no desvio de frequência de Brillouin e para a qual uma variação de $\pm 0,1\%$ é esperada no range de temperatura. Com uma medição relativa e compensada por temperatura, torna-se simples identificar a menor evolução da deformação, usando um limite de alarme que pode ser definido para um valor muito baixo até a repetibilidade do instrumento.

Conclusões

Embora a tecnologia B-OTDR esteja disponível há muito tempo, demonstramos o primeiro instrumento implantável em campo, que tem um range dinâmico suficiente para cobrir as distâncias dos links de telecomunicações. Usando nosso protótipo, demonstramos operação adequada em um link de 152 km. Nossos testes de laboratório mostram que 200 km são acessíveis com uma largura de pulso de 400 ns (resolução espacial de 40 m). Enquanto escrevamos este artigo, o desenvolvimento foi concluído para incluir medições relativas, compensação térmica e todos os recursos necessários para explorar totalmente o potencial do instrumento diretamente no local.

Esta solução está comercialmente disponível em uma solução portátil alimentada por bateria ([OneAdvisor 1000 DTSS](#)) para verificações e manutenção rotineiras de pontos ou como uma solução montada em rack ([FTH-DTSS](#)) para monitoramento contínuo e análise de integridade da fibra como parte do [sistema de monitoramento de rede ONMSi](#).

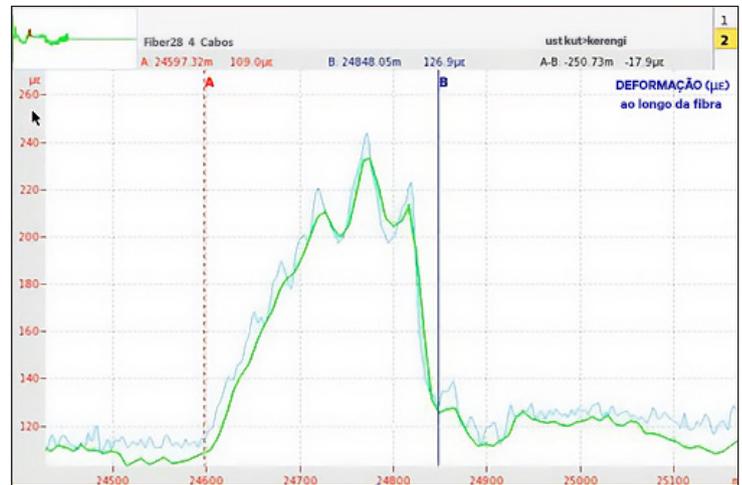


Figura 2: Evento de deformação registrado com pulsos de 100 ns (azul) e 200 ns (verde).



Figura 3: Espectro de Brillouin de modo duplo de SMF28e

Referências

1. L. Zou et al, "Long-term monitoring of local stress changes in 67 km installed OPGW cable using BOTDA," Proceedings of the SPIE, Volume 9634, id. 963461 4 pp. (2015).
2. X. Qian et al, "157 km BOTDA with pulse coding and image processing," Proc. SPIE 9916, Sixth European Workshop on Optical Fiber Sensors, 99162S (2016).
3. Y. Dong et al "Extending the Sensing Range of Brillouin Optical Time-Domain Analysis Combining Frequency-Division Multiplexing and In-Line EDFAs," J. Lightwave Technol. 30, 1161-1167 (2012).
4. F. Gyger et al, "Ultra Long Range DTS (>300 km) to Support Deep Offshore and Long Tieback Developments," ASME. International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Volume 6B: Pipeline and Riser Technology (2014).
5. L. Thévenaz et al, "Effect of pulse depletion in a Brillouin optical time-domain analysis system," Opt. Express 21, 14017-14035 (2013).
6. M. N. Alahbabi et al, "150-km-range distributed sensor based on coherent detection of spontaneous Brillouin backscatter and in-line Raman amplification," J. Opt. Soc. Am. B 22, 1321-1324 (2005).
7. Y. T. Cho, et al, "100 km Distributed Fiber Optic Sensor Based on the Coherent Detection of Brillouin Backscatter, with a Spatial Resolution of 10 m, Enhanced Using Two Stages of Remotely Pumped Erbium-Doped Fiber Combined with Raman Amplification," in Optical Fiber Sensors, OSA Technical Digest, ThC4 (2006).
8. P.C. Wait et al, "Landau Placzek ratio applied to distributed fiber sensing", Optics Communications 122, pp 141-146 (1996).
9. Corning White Paper WP4259, "BOTDR measurement techniques and Brillouin backscatter characteristics of Corning single-mode optical fibers", (2015).



[viavisolutions.com.br](https://www.viavisolutions.com.br)

Contato +55 11 5503 3800

Para encontrar o escritório mais perto de você, visite [viavisolutions.com.br/contato](https://www.viavisolutions.com.br/contato)

© 2024 VIAVI Solutions Inc.

As especificações e descrições do produto neste documento estão sujeitas a mudanças sem aviso prévio.

fiberbreaks-wp-tfs-nse-pt-br
30194230 901 0125