Localização de falha em cabos de energia longos

Usar os conhecimentos e experiências com cabos submarinos para conexões terrestres longas

Contêiner de medição diante do pavilhão de cabos Fonte: Baur/Manfred Bawart

Em alguns anos cabos de alta tensão com comprimentos de centenas de quilômetros cruzarão a Alemanha e serão parte integrante da infraestrutura crítica. Para maximizar a sua disponibilidade, eventuais falhas deverão ser localizadas e reparadas de forma rápida e segura. A tecnologia convencional para a localização de falha está chegando aos seus limites – felizmente, para cabos extralongos existem soluções especiais. A sua tecnologia é parcialmente derivada de uma área de aplicação, na qual cabos longos são usuais: cabos submarinos.

Ralf Dunker, Diretor, Press'n'Relations II GmbH, Munique

Na rede de energia da Alemanha em alguns anos haverá cabos de extra-alta tensão cuja dimensão ultrapassará tudo o que existia até então. As rotas de cabos muito longas do Norte para o Sul são planejadas para minimizar as perdas como transmissão de corrente contínua de 525 kV. Assim, p.ex., no Südlink cerca de 700 km são instalados enterrados. No Südostlink, de um total de 560 km, cerca de 500 km estão planejados de forma subterrânea. Também a ligação A-Nord, predominantemente planejada de forma enterrada, com um comprimento de 300 km, futuramente funcionará como uma das artérias na rede de transmissão alemã. Além das rotas de cabos no interior do país, são acrescentados cabos que transportam a energia dos parques eólicos offshore para a terra firme.

Plano de contingência: preparativo de emergência antes da primeira falha

Os operadores de rede não apenas estão diante de grandes desafios na construção dos segmentos de cabo. Para assegurar a disponibilidade da espinha dorsal do abastecimento de energia, eles deverão poder reagir de forma rápida diante de eventuais falhas. Isso não apenas significa cumprir curtos tempos de reparo, mas também, manter a duração da interrupção curta através de uma localização de falha rápida. Por isso, via de regra, vale a pena investir em um sistema de localização de falha em cabo já antes do comissionamento do cabo, e de mantê-lo pronto para o uso nas extremidades do cabo, para que o local da falha possa ser localizado imediatamente.

Em razão do ganho de tempo, o investimento na tecnologia de localização de falha normalmente se amortiza já na primeira falha de cabo. Para cabos de transmissão longos relevantes de sistema, existem sistemas de localização de falha em cabo em contêineres, que podem estar prontos para o uso no pavilhão de cabos, e cuja tecnologia já se comprovou até mesmo em cabos submarinos com centenas de quilômetros.

Cabos terrestres possuem estrutura mais complexa que cabos submarinos

Em cabos terrestres o investimento até poderia ser mais compensador. Eles não estão expostos a influên-

Conexão de cabo de medição em altura vertiginosa
Fonte: BAUR/Manfred Bawart

Cabos que transportam a corrente elétrica dos parques eólicos offshore para a terra firme, atualmente precisam transportar grandes quantidades de energia. Em todo o caso, também aqui vale a pena ter à mão o equipamento apropriado para a localização de falha
Fonte: Adobe Stock/Shutter81

cias mecânicas por âncoras e redes de arrasto, mas existem muitas outras potenciais fontes de falha. Pois enquanto os cabos submarinos praticamente não apresentam emendas apesar das grandes distâncias, os cabos terrestres, por motivos de transporte, se compõem tipicamente de segmentos de 1 a 2 km de comprimento. Isso resulta em um grande número de emendas de cabos.

"Visto estatisticamente, com o comprimento do cabo e a quantidade das emendas de cabos cresce também a frequência de falhas. Com isso cresce a preocupação dos operadores de rede diante de falhas de cabos", segundo Manfred Bawart. Ele é perito para a localização de falha em cabos extralongos na BAUR GmbH (Sulz/Áustria).

Mantendo pessoas e equipamentos seguros

A tecnologia usada para segmentos longos é algo especial, diz Bawart. "Os métodos de medição mais utilizados para a localização de falha não são apropriados para os comprimentos de cabo planejados. Tanto o equipamento como também os métodos de medição para sistemas de cabos longos se diferenciam fundamentalmente." Ele constata, entre outros, que são necessários sistemas de descarga especiais para a descarga da energia, e calcula que em cabos de alta tensão com centenas de quilômetros de comprimento, depois de um teste de tensão contínua, estão armazenados milhares de quilojoules. "A maioria dos equipamentos e sistemas de medição são sobrecarregados com a descarga de energia tão elevada. Os equipamentos padrão também não estão protegidos contra as ondas transientes extremamente energéticas. O resultado inevitavelmente é um dano nos equipamentos e um alto risco para o pessoal de operação."

Sistemas de localização de falha em cabo da BAUR para cabos longos, utilizados atualmente por muitos clientes para cabos submarinos longos, se destacavam por um conceito de segurança ampla-

Tubos de cabos para cabos de alta tensão para turbinas eólicas terrestres Fonte: Adobe Stock / Kruwt

A ponte de medição de alta tensão "shirla" permite a medição de ponte segundo Murray para a localização de falhas de cabo e no revestimento do cabo em cabos de transmissão de energia longos. Fonte: BAUR GmbH

mente modificado, sobretudo, no que se refere às instalações amplamente dimensionadas para descarregar a alta capacitância de cabo, explica Bawart. Também há diferenças no que se refere aos métodos de medição. "A maioria dos métodos de pré-localização apropriados para cabos terrestres curtos e populares devido ao seu manuseio simples, fracassa em sistemas de cabos longos. Por isso são usados métodos de medição especiais e uma tecnologia de medição otimizada."

Localizar falhas em ambos os lados e aumentar a precisão

Além disso, em cabos longos frequentemente são usados sistemas de medição em ambos os lados, para aumentar a precisão de medição em caso de grande distância da falha. Um equipamento adaptado ao respectivo caso de aplicação, bem como uma medição de pré-localização exata, em ambos os lados, são a base para uma localização exata rápida e eficiente e, portanto, economizam tempo. "Dependendo do método de medição, na pré-localização é possível obter precisões de até 0,5 % do comprimento total do cabo", constata Bawart. "A precisão da pré-localização muitas vezes ainda pode ser aumentada, se for levada em consideração a posição de pontos de referências conhecidos, como emendas."

Métodos de medição especiais

Como referência é uma medição básica após a instalação do cabo. Por isso, muitas normas recomendam uma impressão digital TDR (Time Domain Reflectometry = método de reflexão de impulsos). "Para isso, em cabos longos se usa um sistema especialmente potente com pulsos de transmissão altamente energéticos por causa da sua elevada atenuação", diz Bawart. Em caso de falha são apropriadas medições TDR para localizar pontos danificados com falhas de baixa impedância, por exemplo, quando há um curto-circuito. O método de medição mostra alterações de impedância no decurso temporal ao longo do sistema de cabos. A sensibilidade de medição se reduz ao longo do comprimento do cabo e com a quantidade das emendas de interrupção de blindagem. Falhas de alta impedância não são possíveis de localizar com o método de reflexão de impulsos, a não ser que a falha de alta impedância seja convertida em uma falha de baixa impedância por meio de "queima" com um potente transformador de queima.

Métodos antigos em cabos novos são bem-sucedidos

"A localização de falha em sistemas de cabos especialmente longos também requer um regresso aos conceitos básicos da tecnologia de medição de cabo", diz Bawart, pois

em falhas de alta impedância também é usado o método de ponte de medição segundo Murray. Ele pode ser usado em falhas de cabo de baixa e alta impedância, bem como em falhas no revestimento do cabo e é apropriado quando, além da fase com falha, estiver disponível uma fase saudável. Para a medição, a fase com falha é conectada com a fase saudável na extremidade distante. Ao contrário dos métodos de medição baseados em pulsos, a medição de ponte segundo Murray apresenta propriedades especiais no que se refere à precisão dependente do comprimento. Através disso as falhas de cabo podem ser medidas com máxima precisão independentemente do comprimento de medição – seja no início, no meio ou no fim do cabo. A medição de ponte realizada com alta tensão fornece resultados exatos mesmo em falhas de alta impedância.

A localização de falha em cabo com pontes de medição já se comprovou como eficaz em cabos com centenas de quilômetros de comprimento, por exemplo, na conexão de corrente contínua de 450 kV entre a Noruega e a Holanda. Neste sistema de cabos com 580 km de comprimento foi possível localizar falhas de cabo com sucesso e máxima precisão por meio da tecnologia BAUR e da medição de ponte segundo Murray.

Outro exemplo é o cabo submarino de 400 kV com 300 km de comprimento entre o sudoeste da Austrália e Tasmânia. Uma vez que por aqui flui aprox. 40% da energia elétrica necessária na Tasmânia, a sua falha ocasionou uma crise de energia de vários meses. Também aqui, depois de uma onerosa localização de falha, foi solicitado o suporte do especialista na Áustria, que conseguiu localizar de forma rápida e com alta precisão a falha de cabo por meio da medição TDR e da ponte de medição segundo Murray.

Localizar falhas de ruptura dielétrica e intermitentes

Contudo, normalmente em cabos submarinos e terrestres ocorrem diferentes tipos de falha, diz Bawart. "Segundo a minha experiência, em sistemas de cabos terrestres de altíssima tensão ocorrem com maior frequência falhas de ruptura dielétrica ou falhas intermitentes na isolação principal." Também a localização de falha no revestimento do cabo ganha importância. Com ela podem ser detectados e reparados precocemente danos causados através de influência externa, por exemplo, através da construção de estradas, mas também falhas de instalação, antes que ocorra uma falha na isolação principal.

Contêiner de medição diante do pavilhão de cabos (figura à esquerda)
Área de operação do contêiner (figura à direita)

Fonte: BAUR GmbH/Manfred Bawart

A escolha de métodos de medição para a localização de falhas de ruptura dielétrica ou intermitentes em sistemas de cabos muito longos é bastante limitada. Outra limitação técnica ocorre através das inúmeras emendas de interrupção da blindagem. Aqui devem ser observados criticamente todos os métodos de medição que se baseiam na reflexão de pulsos, diz Bawart. "O método de decaimento diferencial [Differential Decay Method] tem os melhores pré-requisitos para a bem sucedida localização de falha em cabo sob estes pré-requisitos complexos." O método de medição é aplicável para tensões de teste de até 110 kV.

O método de decaimento diferencial requer um cabo de referência saudável, que sempre está disponível em um sistema bipolar. Ambos os sistemas de cabos são carregados simultaneamente com uma fonte de alta tensão, há o flash over da falha e os diagramas de medição são registrados automaticamente. A distância da falha é determinada então com um outro diagrama com eixo transiente no lado de trás.

A vantagem é que a atenuação de cabo dependente do comprimento, como também o grande número de emendas de interrupção da blindagem, têm efeitos consideravelmente menores sobre o resultado da medição. Os diagramas de medição são de fácil avaliação e permitem uma medição de distância altamente precisa, mesmo em sistemas de cabos especialmente longos.

Prevenir danos caros através de soluções portáteis e estacionárias

A BAUR GmbH oferece várias possibilidades para a localização de falha em cabos longos. Bawart: "O espectro vai desde equipamentos portáteis como o nosso equipamento shirla [ponte de medição de alta tensão segundo Murray e Glaser] em combinação com o reflectômetro de pulso IRG 4000, passando por veículos para teste de cabos especialmente equipados, até o contêiner de medição móvel, que em muitos lugares permanece no pavilhão de cabos e, portanto, é utilizável sem necessidade de transporte." Este último Bawart recomenda para a espinha dorsal da rede, pois a falha de um cabo como Südlink, Südostlink ou A-Nord não apenas poderia enfraquecer a estabilidade da rede de transmissão, mas também restringir os transportes de energia, causando assim imensos prejuízos financeiros.

Também às empresas operadoras de cabos submarinos de conexões de grandes parques eólicos o perito da BAUR recomenda uma solução de localização de falha em cabo rapidamente disponível, pois os pagamentos de compensação às empresas operadoras de parques eólicos em caso de uma falha de cabo são imensos, de modo que falhas podem custar muito caro. Independente se cabos terrestres ou submarinos – em ambos os casos Bawart recomenda uma avaliação precisa dos riscos: "A nossa dependência de energia elétrica cresce, por exemplo, através do aumento de carros elétricos e, em especial, através das medidas e efeitos da transição energética. Por isso, os riscos decorrentes de falhas de cabo em segmentos de transmissão relevantes de sistema devem ser reavaliados com maior criticidade do que até então."

vertrieb@baur-germany.de

www.baur-germany.eu