

Localisation des défauts sur des câbles longs

Utilisation des connaissances et des expériences avec des câbles sous-marins pour de longues liaisons terrestres



Conteneur de la salle des câbles

Source : Baur/Manfred Bawart

Dans quelques années, des câbles haute tension de plusieurs centaines de kilomètres de long traverseront l'Allemagne et feront partie de l'infrastructure critique. Pour maximiser leur disponibilité, des défauts éventuels doivent être rapidement localisés, en toute sécurité, et les câbles remis en état. La technique conventionnelle de localisation des défauts de câble trouve ici ses limites : pour des câbles extralongs, il y a des solutions spécifiques. Leur technique est parfois inspirée d'un domaine d'application dans lequel des câbles longs sont très présents : les câbles sous-marins.



Ralf Dunker, gérant, Press'n'Relations II GmbH, Munich

Dans quelques années, des câbles très haute tension dont la dimension éclipsera tout ce qui a pu se faire jusque là, seront installés sur le réseau électrique allemand. Les très longs tracés de câble du nord au sud seront conçus sous forme de transmission par courant continu de 525 kV afin de réduire les pertes. C'est ainsi que Südlink sera p. ex. mis à la terre sur près de 700 km. Sur les 560 km de Südostlink, près de 500 km sous prévus sous terre. Même la liaison A-Nord d'une lon-

gueur de 300 km devant être essentiellement mise à la terre fonctionnera à l'avenir sous la forme d'une des artères principales dans le réseau de distribution allemand. Aux tracés de câble à l'intérieur du pays s'ajoutent les câbles transportant le courant des parcs éoliens offshore à la terre.

Plan de crise : Préparation à un d'urgence avant la première erreur

Les grands défis auxquels les opérateurs de réseau font face ne se limitent pas à la construction de liaisons câblées. Pour garantir la disponibilité de l'épine dorsale de l'alimentation électrique, ils doivent pouvoir réagir rapidement à d'éventuelles erreurs. Cela signifie implique le respect de temps de réparation courts, mais aussi la réduction au minimum de la durée de la panne par une localisation rapide des défauts. C'est la raison pour laquelle il est généralement judicieux d'investir dans un système de recherche des défauts de câble avant même la mise en service du câble et de le tenir prêt sur les extrémités de câble pour pouvoir immédiatement localiser l'emplacement du défaut.

En raison du gain de temps, l'investissement dans un système de localisation des défauts de câble est généralement amorti dès le premier défaut de câble. Pour les longs câbles de distribution pertinents pour le système, il existe des systèmes de recherche des défauts de câble dans des conteneurs qui peuvent être prêts dans la salle des câbles et dont la technique a déjà été éprouvée, notamment sur des câbles sous-marins de plusieurs centaines de kilomètres de long.

Câbles terrestres au montage plus complexe que des câbles sous-marins

Investir dans des câbles terrestres pourrait même se révéler être plus



Raccordement du câble de mesure à une hauteur vertigineuse

Source : BAUR/Manfred Bawart



Les câbles transportant le courant des parcs éoliens offshore à la terre doivent aujourd'hui transporter de grandes quantités d'énergie. Ici aussi, il est judicieux d'avoir à disposition l'équipement adapté pour la localisation des défauts de câble pour le pire des cas

Source : Adobe Stock/Shutter81

rentable. Ils ne sont certes pas exposés à des effets mécaniques dus aux ancrs et aux chaluts, mais il y a de nombreuses autres sources d'erreur potentielles. Alors que les câbles sous-marins ne présentent quasiment pas de boîtes de jonction malgré de grandes distances, les câbles terrestres se composent typiquement de tronçons de 1 à 2 km de long pour des raisons de transport. Il en résulte un grand nombre de boîtes de jonction de câble.

« D'un point de vue statistique, la fréquence des défauts augmente dans les mêmes proportions que la longueur de câble et le nombre de boîtes de jonction de câble. L'inquiétude des opérateurs de réseau par rapport aux pannes de câble n'en est que plus grande », déclare Manfred Bawart. Il est expert de la localisation des défauts sur des câbles extralongs chez BAUR GmbH (Sulz/Autriche).

Exclusion des dangers pour les hommes et le matériel

Selon M. Bawart, la technique utilisée pour les longs tronçons est très spécifique. « Les méthodes de mesure les plus fréquemment utilisées de la localisation des défauts ne conviennent pas aux longueurs de câble prévues. Aussi bien l'équipement que les méthodes de mesure pour des systèmes de câble longs sont fondamentalement différents. » Il constate que des systèmes de décharge spéciaux sont notamment requis pour une décharge sûre de l'énergie et il estime que des milliers de kilojoules sont stockés dans des câbles haute tension de plusieurs centaines de kilomètres après un essai en tension continue. « La plupart des appareils et systèmes de mesure sont surchargés lorsqu'il s'agit de décharger une énergie aussi importante. Les appareils standards ne sont pas

non plus protégés les ondes transitoires extrêmement énergétiques. Il en résulte inévitablement un endommagement des appareils et une mise en danger des intervenants. »

Les systèmes de recherche des défauts de câble de BAUR pour câbles longs, tels qu'ils sont employés aujourd'hui par de nombreux clients pour des câbles sous-marins longs, se sont donc distingués par un concept de sécurité fortement modifié, notamment par rapport aux installations de grandes dimensions pour une décharge sûre de la capacité de câble élevée, explique M. Bawart. Selon lui, il y a également des différences par rapport aux méthodes de mesure. « La majorité des méthodes de prélocalisation des défauts de câble convenant à des câbles terrestres courts et privilégiées en raison de leur facilité de maniement échouent avec des systèmes de



Conduits de câble pour des câbles haute tension d'éoliennes terrestres

Source : Adobe Stock / Kruwt



La mesure par pont selon Murray permet de réaliser des ponts de mesure haute tension « shirla » pour la localisation de défauts de câble et de gaine sur des câbles longs de distribution d'énergie.

Source : BAUR GmbH

câble longs. C'est la raison pour laquelle on a recours à des méthodes de mesure spéciales et à une technique de mesure optimisée. »

Localisation du défaut bilatérale et augmentation de la précision

D'autre part, pour des câbles longs, des systèmes de mesure sont souvent employés des deux côtés pour augmenter la précision de mesure en cas de grande distance au défaut. Un équipement adapté au cas d'utilisation respectif ainsi qu'une mesure de prélocalisation précise des défauts de câble des deux côtés sont la base d'une localisation précise des défauts de câble à la fois rapide et efficace, et permettent ainsi de gagner du temps. « Suivant la méthode de mesure, la prélocalisation des défauts de câble permet d'atteindre des précisions allant jusqu'à 0,5% de la longueur totale du câble », constate M. Bawart. « La précision de la prélocalisation des défauts de câble peut également être accrue en tenant compte de la position de points de référence connus comme des boîtes de jonction. »

Procédure de mesure particulière

Après la pose du câble, une mesure de base convient par ailleurs parfaitement pour servir de référence. De nombreuses normes recommandent de ce fait une empreinte TDR (Time Domain Reflectometry = méthode d'échométrie basse ten-

sion). « En raison de leur forte capacité d'absorption des chocs, un système particulièrement performant avec des impulsions d'envoi riches en énergie est utilisé pour des câbles longs », déclare M. Bawart.

En cas de défaut, des mesures TDR sont adaptées pour localiser des zones endommagées avec des défauts à basse résistance, par exemple en cas de court-circuit. La méthode de mesure indique des modifications de l'impédance le long du système de câble au cours de la séquence. La longueur du câble et le nombre de boîtes de jonction d'interruption du blindage réduisent la sensibilité de la mesure. Des défauts de câble à haute résistance ne peuvent pas être localisés avec la méthode d'échométrie basse tension, sauf si le défaut à haute résistance est converti en un défaut à basse résistance par « brûlage » avec un brûleur puissant.

Les anciennes méthodes également efficaces sur des câbles récents

« La localisation des défauts pour des systèmes de câbles particulièrement longs requiert également un retour aux notions de base de la technique de mesure des câbles », déclare M. Bawart, car la méthode

de pont selon Murray est également utilisée pour les défauts à haute résistance. Cette dernière est employée pour des défauts de câble à basse et haute résistance, ainsi que pour des défauts de gaine et convient lorsqu'en plus de la phase en défaut, une autre phase en bon état est disponible. Pour la mesure, la phase en défaut est reliée à l'extrémité éloignée en bon état. Contrairement au procédé de mesure basé sur ses impulsions, la mesure par pont selon Murray présente des propriétés particulières en ce qui concerne la précision en fonction de la longueur. Des défauts de câble peuvent ainsi être mesurés avec une très grande précision indépendamment de la longueur de mesure – qu'il s'agisse du début, du milieu ou de l'extrémité de câble. La mesure par pont réalisée à haute tension donne également des résultats précis pour des défauts de câble à haute résistance.

La localisation des défauts avec des ponts de mesure a déjà fait ses preuves sur des câbles de plusieurs centaines de kilomètres de long, p. ex. sur la liaison en courant continu de 450 kV entre la Norvège et les Pays-Bas. Sur ce système de câbles de 580 km de long, les défauts de câble ont pu être parfaitement localisés avec une précision maximale à l'aide de la technique de BAUR et de la mesure par pont selon Murray.

Un autre exemple est le câble sous-marin de 400 kV de 300 km de long entre le sud-est de l'Australie et la Tasmanie. Étant donné qu'il permet d'acheminer env. 40 % de l'énergie électrique requise en Tasmanie, sa panne a déclenché une crise énergétique pendant plusieurs mois. Ici aussi, après une recherche des défauts de câble de plusieurs semaines au coût très élevé, de l'aide a été demandée à l'expert autrichien qui a pu rapidement localiser le défaut de câble avec une grande précision à l'aide de la mesure TDR et du pont de mesure selon Murray.

Localisation des défauts éclateurs et intermittents

Néanmoins, dans le cas des câbles terrestres et sous-marins, différents types de défauts sont généralement constatés, indique M. Bawart. « Selon mon expérience, il faut de plus en plus s'attendre à des défauts éclateurs ou intermittents au niveau de l'isolation principale pour les systèmes terrestres à très haute tension. » La localisation des défauts de gaine prend également selon lui de plus en plus d'importance. Elle permet en effet de détecter et de réparer de manière précoce des dommages résultant d'une intervention extérieure, par exemple par la construction d'une route, mais aussi



Conteneur de la salle des câbles (figure de gauche)
Compartiment commande du conteneur (figure de droite)

Source : BAUR GmbH/Manfred Bawart

des défauts de pose avant qu'un défaut n'apparaisse sur l'isolation principale.

Le choix des méthodes de mesure pour la localisation des défauts éclateurs ou intermittents sur des systèmes de câble très longs est très limité. La grande diversité de boîtes de jonction d'interruption du blindage représente une autre contrainte technique. Toutes les méthodes de mesure reposant sur l'échométrie devraient être analysées de façon critique déclare M. Bawart. « La méthode de comparaison 1ère forme [Differential Decay Method] présente les meilleurs critères préalables pour parfaitement réussir la localisation des défauts dans ces conditions difficiles. » La méthode de mesure peut être utilisée jusqu'à des tensions d'essai de 110 kV.

La méthode de comparaison 1re forme requiert un câble de référence en parfait état toujours disponible dans le cas d'un système bipolaire. Les deux systèmes de câble sont chargés simultanément avec une source de haute tension, le défaut s'amorce, les diagrammes de mesure s'affichent automatiquement. La distance au défaut est ensuite déterminée par un autre diagramme avec des ondes transientes arrivant par l'autre côté.

L'avantage est que l'atténuation du câble en fonction de la longueur et la diversité des boîtes de jonction d'interruption du blindage insérées ont des répercussions nettement plus faibles sur le résultat de la mesure. Les diagrammes de mesure peuvent être évalués simplement et permettent également une mesure ultra-précise des distances sur des systèmes de câbles particulièrement longs.

Éviter des dommages onéreux grâce aux solutions portables et stationnaires

BAUR GmbH Propose plusieurs possibilités pour la localisation des défauts sur des câbles longs M. Bawart : « Notre offre varie des appareils portables comme notre appareil shirla [pont de mesure haute tension selon la méthode de Murray et Glaser] associé à l'échométre IRG 4000 au conteneur mobile qui reste sur de nombreux sites dans la salle des câbles et peut donc être utilisé sans transport supplémentaire en passant par des laboratoires mobiles spécialement équipés. » M. Bawart recommande le conteneur comme épine dorsale du réseau, car la panne d'un câble comme Südlink, Südostlink ou A-Nord pourrait non seulement ré-

duire la stabilité de la distribution, mais aussi limiter les transports de courant et donc causer d'immenses préjudices financiers.

L'expert de BAUR conseille également aux opérateurs de câbles sous-marins de branchements de grands parcs éoliens d'avoir recours à une solution de localisation des défauts rapidement disponible, car en cas de panne de câble, ils devraient s'acquitter de paiements compensatoires énormes, ce qui pourrait leur coûter très cher. Qu'il s'agisse de câbles terrestres ou sous-marins, M. Bawart recommande une évaluation précise des risques : « Notre dépendance à l'énergie électrique augmente, par exemple à cause de l'engouement pour les véhicules électriques et surtout du fait des mesures et des répercussions liées à la transition énergétique. Les risques dus aux défauts de câble sont donc nouveaux pour des itinéraires de distribution pertinents pour le système et doivent être analysés de manière plus critique que par le passé. »

vertrieb@baur-germany.de

www.baur-germany.eu