

Fehlerortung an langen Energiekabeln

Erkenntnisse und Erfahrungen mit Seekabeln für lange Landverbindungen nutzen



Messcontainer vor der Kabelhalle

Quelle: Baur/Manfred Bawart

In wenigen Jahren werden Hochspannungskabel mit Hunderten von Kilometern Länge Deutschland durchqueren und Bestandteil der kritischen Infrastruktur sein. Um deren Verfügbarkeit zu maximieren, müssen eventuelle Fehler schnell und sicher geortet und die Kabel instand gesetzt werden. Konventionelle Technik zur Fehlerortung stößt hier an ihre Grenzen – für extra lange Kabel gibt es besondere Lösungen. Ihre Technik ist teilweise abgeleitet aus einem Anwendungsgebiet, in dem lange Kabel gängig sind: Seekabel.



Ralf Dunker, Geschäftsführer, Press'n'Relations II GmbH, München

In Deutschlands Stromnetz werden in einigen Jahren Höchstspannungskabel liegen, deren Dimensionen alles Bisherige in den Schatten stellen. Die sehr langen Trassen von Norden nach Süden werden zur Minimierung der Verluste als 525-kV-Gleichstromübertragung ausgeführt. So wird z. B. Südlink rd. 700 km Kabellänge aufweisen – komplett erdverlegt. Bei Südostlink sind von insgesamt 560 km rd. 500 km unterirdisch geplant. Auch die überwiegend erdverlegt geplante Verbin-

dung A-Nord mit einer Länge von 300 km fungiert zukünftig als eine der Hauptschlagadern im deutschen Übertragungsnetz. Neben den Trassen im Landesinneren kommen die Kabel hinzu, die den Strom von den Offshore-Windparks an Land transportieren.

Krisenplan: Notfallvorbereitung vor dem ersten Fehler

Netzbetreiber stehen nicht nur beim Bau der Kabelstrecken vor großen Herausforderungen. Um die Verfügbarkeit des Rückgrats der Stromversorgung sicherzustellen, müssen sie auf eventuelle Fehler schnell reagieren können. Das bedeutet nicht nur, kurze Reparaturzeiten einzuhalten, sondern auch, die Ausfalldauer durch eine schnelle Fehlerortung gering zu halten. Daher lohnt es sich i. d. R., schon vor Inbetriebnahme des Kabels in ein Fehlerortungssystem zu investieren und es an den Kabelenden einsatzbereit zu halten, damit die Fehlerstelle sofort lokalisiert werden kann.

Aufgrund des Zeitgewinns amortisiert sich die Investition in die Fehlerortungstechnik meistens schon beim ersten Kabelfehler. Für systemrelevante lange Übertragungskabel gibt es Fehlerortungssysteme in Messcontainern, die in der Kabelhalle bereitstehen können und deren Technik sich bereits bewährt hat, und zwar bei Seekabeln mit vielen Hundert Kilometer Länge.

Landkabel komplexer aufgebaut als Seekabel

Bei Landkabeln könnte sich die Investition sogar noch mehr lohnen. Sie sind zwar nicht mechanischen Einwirkungen durch Anker und Schleppnetze ausgesetzt, dafür gibt es viele andere potenzielle Fehlerquellen. Denn während Seekabel trotz großer Distanzen kaum Muffen aufweisen, setzen sich Landkabel aus Transportgründen typi-



Messkabelanschluss in schwindelerregender Höhe

Quelle: Baur/Manfred Bawart



Kabel, die den Strom von den Offshore-Windparks an Land transportieren, müssen heute große Energiemengen transportieren. Auch hier lohnt es sich, für den Fall der Fälle das passende Equipment zur Fehlerortung parat zu haben

Quelle: Adobe Stock/Shutter81

schersweise aus 1 bis 2 km langen Abschnitten zusammen. Das führt zu einer Vielzahl von Kabelmuffen.

»Statistisch gesehen wächst mit der Kabellänge und der Anzahl der Kabelmuffen auch die Fehlerhäu-

figkeit. Damit wächst die Sorge der Netzbetreiber vor Kabelausfällen«, so Manfred Bawart. Er ist bei der Baur GmbH, Sulz/Österreich, Experte für die Fehlerortung an extralangen Kabeln.

Gefahr für Mensch und Material ausschließen

Die für lange Strecken verwendete Technik sei etwas Besonderes, sagt Bawart. »Die meist verwendeten

Anzeige

Energiemanagement | Differenzstromüberwachung | Spannungsqualität

GridVis® SOFTWARE
VISUALISIEREN
ANALYSIEREN
ALARMIEREN
DOKUMENTIEREN



GridVis®



Janitza®



Kabelrohre für Hochspannungskabel für Landwindkraftanlagen (Bild rechts)

Quelle: Adobe Stock/Kruwt



Hochspannungsmessbrücke »shirla« ermöglicht die Murray-Brückenmessung zur Ortung von Kabel- und Mantelfehlern an langen Energieübertragungskabeln

Quelle: Baur

Messmethoden der Fehlerortung sind für die geplanten Kabellängen nicht geeignet. Sowohl das Equipment als auch die Messmethoden für lange Kabelsysteme unterscheiden sich fundamental.« Unter anderem seien besondere Entladesysteme zur sicheren Entladung der Energie erforderlich, stellt er fest

und überschlägt, dass in Hochspannungskabeln mit hunderten Kilometer Länge nach einer DC-Prüfung Tausende von Kilojoule gespeichert sind. »Die meisten Geräte und Messsysteme sind mit der Entladung derart hoher Energie überfordert. Standardgeräte sind auch nicht gegen die äußerst energiereichen transienten Wellen geschützt. Es kommt unweigerlich zur Beschädigung der Geräte und zu einer Gefährdung des Bedienpersonals.«

Baur-Fehlerortungssysteme für lange Kabel, wie sie heute von vielen Kunden für lange Seekabel eingesetzt werden, zeichnen sich daher durch ein stark verändertes Sicherheitskonzept aus, vor allem im Hinblick auf die groß dimensionierten Einrichtungen zum sicheren Entladen der hohen Kabelkapazität, erläutert Bawart. Unterschiede gebe es auch bzgl. der Messmethoden. »Die meisten der für kurze Landkabel geeigneten und wegen ihrer einfachen Handhabung beliebten Vorortungsmethoden scheitern bei langen Kabelsystemen. Deswegen kommen spezielle Messmethoden und eine optimierte Messtechnik zum Einsatz.«

Beidseitig Fehler orten und Präzision steigern

Außerdem werden bei langen Kabeln oft beidseitig Messsysteme

eingesetzt, um die Messgenauigkeit bei großer Fehlerentfernung zu steigern. Ein an den jeweiligen Einsatzfall angepasstes Equipment sowie eine präzise, beidseitige Vorortungsmessung sind Basis für eine schnelle und effiziente Nachortung und sparen somit Zeit. »Je nach Messmethode lassen sich bei der Vorortung Genauigkeiten bis zu 0,5 % der Gesamtkabellänge erreichen«, stellt Bawart fest. »Die Genauigkeit der Vorortung lässt sich oft noch steigern, wenn die Lage bekannter Referenzpunkte wie Muffen mitberücksichtigt wird.«

Besondere Messverfahren

Als Referenz eignet sich außerdem eine Basismessung nach Verlegung des Kabels. Viele Normen empfehlen deswegen einen TDR-Fingerprint (Time Domain Reflectometry = Impulsreflexionsmethode). »Hierfür kommt bei langen Kabeln wegen ihrer hohen Dämpfung ein besonders leistungsstarkes System mit energiereichen Sendeimpulsen zum Einsatz«, sagt Bawart.

Im Fehlerfall eignen sich TDR-Messungen, um Schadstellen mit niederohmigen Fehlern zu orten, etwa wenn ein Kurzschluss vorliegt. Die Messmethode zeigt Impedanzveränderungen im zeitlichen Ablauf entlang des Kabelsystems. Die Messempfindlichkeit nimmt über

die Kabellänge und mit der Anzahl der Schirmunterbrechungsmuffen ab. Hochohmige Fehler lassen sich mit der Impulsreflexionsmethode nicht lokalisieren, außer der hochohmige Fehler wird durch »Einbrennen« mit einem leistungsstarken Brenngerät in einen niederohmigen Fehler umgewandelt.

Auch alte Methoden an neusten Kabeln zielführend

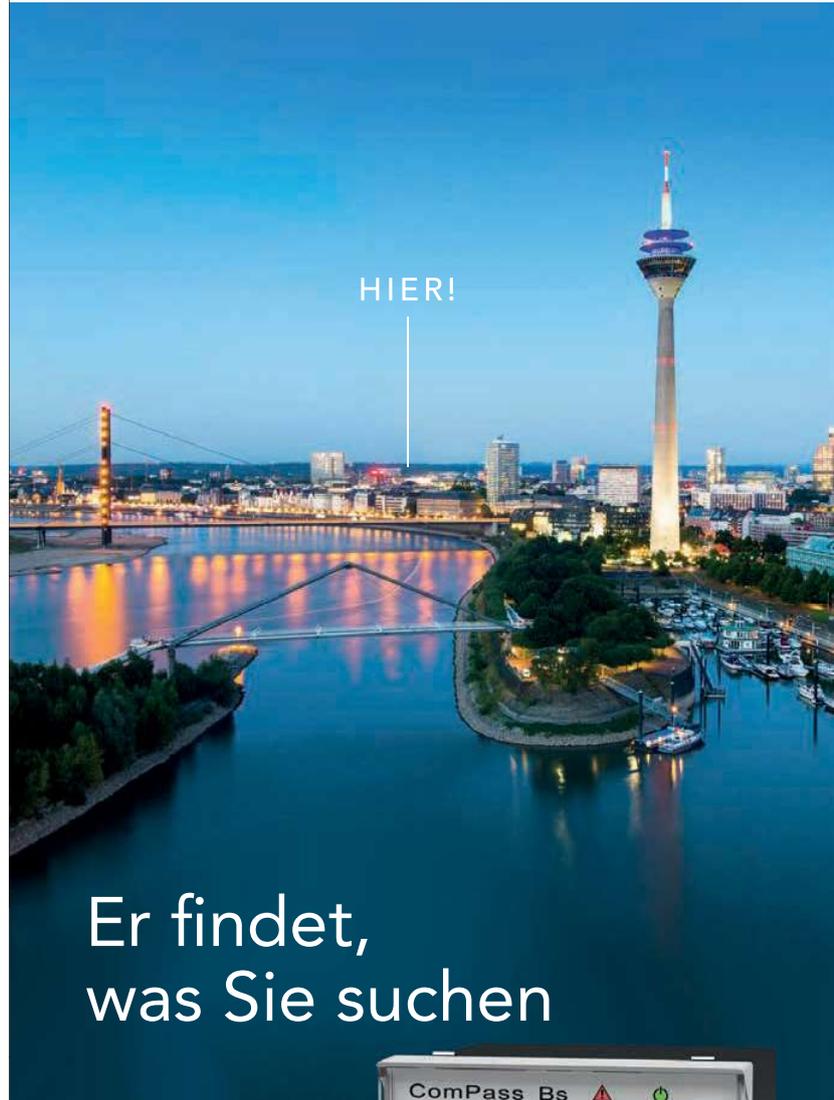
»Die Fehlerortung bei besonders langen Kabelsystemen erfordert auch eine Rückbesinnung auf die Grundbegriffe der Kabelmesstechnik«, sagt Bawart, denn bei hochohmigen Fehlern kommt auch die Brückenmethode nach Murray zum Einsatz. Sie kann bei nieder- und hochohmigen Kabelfehlern sowie Mantelfehlern verwendet werden und eignet sich, wenn neben dem fehlerhaften Leiter ein weiterer, gesunder Leiter verfügbar ist. Zur Messung wird der fehlerhafte Leiter mit dem gesunden am fernen Kabelende verbunden. Im Gegensatz zu den impulsbasierten Messverfahren weist die Murray-Brückenmessung besondere Eigenschaften hinsichtlich der längenabhängigen Genauigkeit auf. Dadurch können Kabelfehler unabhängig von der Messlänge – ob Anfangsbereich, Kabelmitte oder am Kabelende – mit höchster Genauigkeit eingemessen werden. Die mit Hochspannung durchgeführte Brückenmessung liefert auch bei hochohmigen Kabelfehlern genaue Ergebnisse.

Die Fehlerortung mit Messbrücken hat sich bereits an Hunderten von Kilometern langen Kabeln bewährt, z. B. an der 450-kV-Gleichstromverbindung zwischen Norwegen und den Niederlanden. Auf diesem 580 km langen Kabelsystem ließen sich Kabelfehler mit Baur-Technik und der Murray-Brückenmessung erfolgreich und mit höchster Genauigkeit lokalisieren.

Ein weiteres Beispiel ist das 300 km lange 400-kV-Seekabel zwischen dem südöstlichen Australien und Tasmanien. Da hierüber rd. 40 % der in Tasmanien benötigten elektrischen Energie fließen, war sein Ausfall Auslöser einer mehrmonatigen Energiekrise. Auch hier wurde nach mehrwöchiger kostenintensiver Fehlersuche Support beim Experten in Österreich angefragt, der den Kabelfehler mit der TDR-Messung und der Murray-Messbrücke schnell und mit hoher Genauigkeit orten konnte.

Durchschlags- und intermittierende Fehler orten

Meist treten bei See- und Landkabeln jedoch unterschiedliche Fehlerarten auf, sagt



Er findet, was Sie suchen



Wissen, was läuft – der Schalt-ComPass Bs 2.0.

- Hochgenaue Strom- und Spannungsmessung mit 0,5 % !
- Sofortige Fehlerrichtungserkennung
- Sofortige Erkennung von Grenzwertverletzungen
- Fehlerortung, Monitoring und Schalten aus der Ferne

Lösungen made in Germany



Zum Produktdatenblatt >





Messcontainer vor der Kabelhalle (Bild links)
Bedienraum des Containers (Bild rechts)

Quellen: Baur/Manfred Bawart

Bawart. »Nach meiner Erfahrung ist bei landverlegten Höchstspannungskabelsystemen vermehrt mit Durchschlagsfehlern oder intermittierenden Fehlern an der Hauptisolation zu rechnen.« Auch die Kabelmantelfehlerortung gewinne an Bedeutung. Mit ihr können durch Fremdeinwirkung zugefügte Beschädigungen, z. B. durch den Straßenbau, aber auch Legefehler vorzeitig erkannt und repariert werden, bevor ein Fehler an der Hauptisolation auftritt.

Die Auswahl an Messmethoden zur Ortung von Durchschlags- oder intermittierenden Fehlern an sehr langen Kabelsystemen ist sehr begrenzt. Eine weitere technische Limitierung ist durch die Vielzahl an Schirmunterbrechungsmuffen gegeben. Kritisch zu betrachten seien dabei alle Messmethoden, die auf Impulsreflexion basieren, sagt Bawart. »Die Differenzausschwingmethode [Differential Decay Method] hat die besten Voraussetzungen zur erfolgreichen Kabelfehlerortung unter diesen schwierigen Voraussetzungen.« Die Messmethode ist bis zu Prüfspannungen von 110 kV einsetzbar.

Die Differenzausschwingmethode erfordert ein gesundes Referenzkabel, das bei einem Bipolssystem immer vorhanden ist. Beide Kabel-

systeme werden gleichzeitig mit einer Hochspannungsquelle geladen, der Fehler zündet durch, die Messdiagramme werden automatisch aufgezeichnet. Die Fehlerdistanz wird dann mit einem weiteren Diagramm mit rückseitig einlaufender transienten Welle bestimmt.

Von Vorteil ist, dass sowohl die längenabhängige Kabeldämpfung als auch die Vielzahl an eingeschleiften Schirmunterbrechungsmuffen deutlich geringere Auswirkungen auf das Messresultat haben. Die Messdiagramme sind einfach auswertbar und ermöglichen auch an besonders langen Kabelsystemen eine hochgenaue Distanzmessung.

Teuren Schäden durch portable und stationäre Lösungen vorbeugen

Für die Kabelfehlerortung an langen Kabeln bietet die Baur GmbH mehrere Möglichkeiten. Bawart: »Die Spanne reicht von portablen Geräten wie unserem Gerät shirla [Hochspannungsmessbrücke nach Murray und Glaser] in Kombination mit dem Impulsreflexionsmessgerät IRG 4000 über besonders ausgestattete Kabelmesswagen bis hin zum mobilen Messcontainer der vielerorts in der Kabelhalle ver-

bleibt und somit ohne weiteren Transport einsetzbar ist.« Letzteres empfiehlt Bawart für das Rückgrat des Netzes, denn der Ausfall eines Kabels wie Südlink, Südostlink oder A-Nord könnten nicht nur die Stabilität des Übertragungsnetzes schwächen, sondern auch die Stromtransporte einschränken und so immense finanzielle Schäden mit sich bringen.

Auch den Seekabel-Betreibern von Anschlüssen großer Windparks rät der Baur-Experte zur schnell verfügbaren Fehlerortungslösung, denn die Kompensationszahlungen an die Windparkbetreiber bei einem Kabelausfall sind immens, so dass Fehler sehr teuer werden können. Ob Land- oder Seekabel – in beiden Fällen empfiehlt Bawart eine genaue Risikoabschätzung: »Unsere Abhängigkeit von elektrischer Energie steigt, z. B. durch die Zunahme an E-Fahrzeugen und im Besonderen durch die Maßnahmen und Auswirkungen der Energiewende. Die Risiken durch Kabelfehler sind bei systemrelevanten Übertragungstrecken daher neu und kritischer zu bewerten als in der Vergangenheit.«

vertrieb@baur-germany.de

www.baur.eu