

Localización de averías en cables largos de energía

## Datos y experiencias de los cables submarinos, también para los cables terrestres



Contenedor de medición delante de una nave para cables

Fuente: Baur/Manfred Bawart

En pocos años, Alemania se verá surcada por cables de alta tensión de cientos de kilómetros de longitud que formarán parte de las infraestructuras esenciales. Para maximizar su disponibilidad, será preciso localizar las eventuales averías de forma rápida y segura y reparar los cables afectados. Aquí, la tecnología de localización de averías convencional choca con sus propios límites, pero existen soluciones especiales para los cables extralargos. La tecnología aplicada en estas soluciones proviene en parte de un ámbito en el que son habituales los cables de gran longitud: el cableado submarino.



Ralf Dunker, director ejecutivo,  
Press'n'Relations II GmbH, Múnich

Dentro de unos años, la red eléctrica alemana albergará cables de muy alta tensión con unas dimensiones sin precedentes. Se instalarán tendidos muy largos de norte a sur que, para minimizar las pérdidas, trabajarán a 525 kV en corriente continua. Por ejemplo, el enlace Südlink sumará cerca de 700 km subterráneos. Para el Südostlink, están previstos un total de 560 km, de los cuales aproximadamente 500 km se tenderán bajo tierra. También el enlace A-Nord será en el futuro una de las arterias princi-

pales de la red eléctrica alemana, con 300 km de longitud, subterráneos en su mayor parte. A estos tendidos del interior del país hay que sumarles los cables de transporte desde los parques eólicos marinos hasta la costa.

Plan de contingencia: preparativos de emergencia antes de la primera avería

Más allá de la construcción de los tendidos, los operadores de redes afrontan desafíos importantes. Para que la espina dorsal del suministro eléctrico esté siempre operativa, deben poder reaccionar rápidamente ante una eventual avería. No solo se trata de reparar el fallo en poco tiempo, sino también de localizarlo rápidamente para así subsanarlo cuanto antes. Por eso, antes incluso de poner el cable en servicio, conviene invertir en un sistema de localización de averías y tenerlo listo para su uso en los extremos del cable para así localizar de inmediato la ubicación de cualquier avería.

Esta inversión en tecnología de localización se suele amortizar con la primera avería gracias al ahorro de tiempo. Para los cables de energía críticos de gran longitud, existen sistemas de localización de averías alojados en contenedores de medición que se pueden almacenar en las naves de los extremos de la línea y cuya tecnología ya ha demostrado su eficacia en cables submarinos de muchos cientos de kilómetros.

Los cables terrestres son más complejos que los submarinos

En el caso de los cables terrestres, la inversión puede resultar incluso más rentable. Es cierto que no están expuestos a factores mecánicos como el impacto de las anclas y las redes de pesca de arrastre, pero pueden sufrir averías por todo un sinfín de causas. Y es que, mientras los cables submarinos apenas tie-



Conexión de un cable de medición a una altura de vértigo

Fuente: BAUR/Manfred Bawart



Hoy en día, los cables que transportan electricidad desde los parques eólicos marinos hasta tierra firme deben transportar grandes cantidades de energía. También en este caso, por lo que pueda pasar, merece la pena tener preparado un equipamiento de localización de averías adecuado

Fuente: Adobe Stock/Shutter81

nen empalmes pese a su gran longitud, los terrestres suelen constar de secciones de entre 1 y 2 km para facilitar su transporte. La consecuencia: una gran cantidad de empalmes.

«En términos estadísticos, cuanto más largo es el cable y más empalmes tiene, más frecuentes son las averías y mayor es la preocupación de los operadores de redes por el riesgo de avería del cable», explica Manfred Bawart, experto en lo-

calización de averías en cables extralargos de BAUR GmbH (Sulz, Austria).

Prevenir el riesgo para personas y materiales

Según Bawart, los tendidos largos requieren una tecnología bastante particular. «Los métodos de medición más usados para localizar averías no son aptos para las longitudes de cable previstas. Para los

sistemas de cables largos, tanto el equipamiento como los métodos de medición son esencialmente distintos». Según explica, se precisan, entre otras cosas, sistemas especiales que descarguen la energía de forma segura, ya que un cable de alta tensión de cientos de kilómetros almacena miles de kilojulios tras ser sometido a un ensayo de tensión continua. «Descargar tanta energía es algo que desborda la capacidad de la mayoría de equi-



Tuberías para los cables de alta tensión de aerogeneradores terrestres

Fuente: Adobe Stock / Kruwt



El puente de medición de alta tensión «shirla» permite llevar a cabo la medida según Murray para localizar averías en cables de energía largos y en sus cubiertas.

Fuente: BAUR GmbH

pos y sistemas de medición. Además, los equipos estándar no están protegidos contra las ondas transitorias y la enorme energía que contienen. Son ondas que dañan inevitablemente los equipos y ponen en peligro al personal operador».

Los sistemas de BAUR, empleados por numerosos clientes para localizar averías en cables submarinos de largo recorrido, destacan

por tanto por un concepto de seguridad muy modificado, sobre todo en lo que respecta a los grandes dispositivos que se emplean para descargar de forma segura la alta capacidad de los cables, explica Bawart. También existen diferencias en cuanto a los métodos de medición. «La mayoría de los métodos de prelocalización perfectamente válidos para los cables terrestres cortos, además de populares por su facilidad de manejo, no sirven con los sistemas de cables largos. Es por ello que se utilizan métodos de medición especiales y una tecnología de medición optimizada».

Localizar averías por ambos lados y con una mayor precisión

Además, cuando los cables son largos, a menudo se usan sistemas de medición en ambos lados, ya que aumenta la precisión de medición si la avería está muy alejada. Contar con un equipamiento adecuado para la aplicación en cuestión y realizar una medición de prelocalización por ambos lados es fundamental para que la localización final sea rápida, eficiente y permita ahorrar tiempo. «Dependiendo del método de medición utilizado, la prelocalización puede alcanzar precisiones de hasta el 0,5 % de la longitud total del cable», explica

Bawart. «Además, a menudo se puede hacer una prelocalización de mayor precisión considerando la posición de puntos de referencia conocidos, como los empalmes».

Procedimientos de medición especiales

También sirve de referencia hacer una medición básica después del tendido del cable. Por ello, muchas normas recomiendan aplicar una huella TDR (Time Domain Reflectometry = método de reflexión de impulsos). «Debido a la gran atenuación de los cables largos, se usa para este fin un sistema muy potente que transmite impulsos de alta energía», dice Bawart.

En caso de avería, las mediciones TDR son adecuadas para localizar puntos de avería de baja impedancia, por ejemplo, cuando se ha producido un cortocircuito. Este método de medición indica los cambios de impedancia ocurridos con el paso del tiempo a lo largo del cable. La sensibilidad de la medición va disminuyendo a lo largo del cable y a medida que aumenta el número de empalmes con interrupción de pantalla. El método de reflexión de impulsos no permite localizar averías de alta impedancia salvo que se use un quemador potente para «quemarlas» y convertirlas en averías de baja impedancia.

## Métodos antiguos también eficaces con los cables más recientes

En palabras de Bawart, «la localización de averías en sistemas muy largos también nos lleva a retomar los fundamentos de la tecnología de medición de cables»; no en vano, en las averías de alta impedancia también se usa el método del puente según Murray. Este método es aplicable a las averías de baja y de alta impedancia y a las averías de las cubiertas, y resulta adecuado cuando, además de la fase defectuosa, existe otra fase en buen estado. Para efectuar la medición, la fase defectuosa se conecta a la fase en buen estado en el extremo remoto del cable. A diferencia del procedimiento basado en impulsos, la medida del puente según Murray presenta ciertas peculiaridades relativas a la dependencia entre precisión y longitud: permite medir averías de cable con la máxima precisión sin importar la longitud y tanto en la zona del principio del cable como en el medio o en el extremo. La medida del puente, que se realiza con alta tensión, también arroja resultados precisos en las averías de alta impedancia.

La localización de averías con puentes de medición ya ha demostrado su eficacia en cables de cientos de kilómetros de longitud, por ejemplo, en el tendido de corriente continua de 450 kV que conecta Noruega a los Países Bajos. En este sistema de cables de 580 km de longitud, la tecnología de BAUR, combinada con la medida del puente según Murray, ha permitido localizar averías con la máxima precisión.

Otro ejemplo es el cable submarino de 400 kV y 300 km tendido entre el sureste de Australia y Tasmania. Este cable, que conduce cerca del 40 % de la energía eléctrica que precisa Tasmania, sufrió un fallo que provocó una crisis energética de varios meses. También en este caso, y tras una costosa búsqueda de varias semanas hasta dar con la avería, se pidió ayuda a los expertos de Austria, quienes localizaron la avería de forma rápida y muy precisa aplicando la medición TDR y el puente de medición según Murray.

## Localizar averías por ruptura dieléctrica y averías intermitentes

Por lo general, las averías de los cables submarinos y terrestres son de diversos tipos, según explica Bawart. «Según mi experiencia, en los sistemas de cables terrestres de muy alta tensión, son frecuentes las averías por ruptura dieléctrica y las averías intermitentes». También está ganando importancia la localización de averías en cubiertas de cable. Con ella, tanto los daños



Contenedor de medición delante de una nave para cables (imagen izquierda)  
Espacio de mando del contenedor (imagen derecha)

Fuente: BAUR GmbH/Manfred Bawart

debidos a factores externos – por ejemplo, la construcción de carreteras – como los errores de instalación se pueden detectar y reparar antes de que causen averías en el aislamiento principal.

La variedad de métodos de medición para localizar averías por ruptura dieléctrica o averías intermitentes en sistemas de cables muy largos es muy limitada. Otra limitación técnica en este tipo de cables es la gran cantidad de empalmes con interrupción de la pantalla. Según Bawart, todos los métodos de medición basados en la reflexión de impulsos TDR deben tomarse con escepticismo. «En estas difíciles condiciones, el método de decaimiento diferencial [Differential Decay Method] es el que presenta mejores cualidades de partida para permitir una localización de averías certera». Este método de medición se puede usar con tensiones de ensayo de hasta 110 kV.

Para el método de decaimiento diferencial, se requiere un cable de referencia en buen estado, algo que siempre está disponible en los sistemas bipolares. Ambos sistemas de cables se cargan simultáneamente con una fuente de alta tensión, la avería se ceba y los diagramas de medición se registran automáticamente. A continuación, la distancia a la que se encuentra la

avería se determina con otro diagrama de una onda transitoria captada desde atrás.

Una ventaja de este método es que la atenuación del cable, dependiente de la longitud, y la abundancia de empalmes con interrupción de pantalla tienen una influencia mucho menor en el resultado de la medición. Los diagramas de medición son fáciles de evaluar y permiten medir la distancia con gran precisión incluso en sistemas de cables muy largos.

Evitar daños costosos con soluciones portátiles y estacionarias

BAUR GmbH ofrece varias posibilidades para localizar averías en cables largos. Citando a Bawart: «Nuestra gama abarca desde equipos portátiles como el shirla [puente de medición de alta tensión según Murray y Glaser] en combinación con el reflectómetro de impulsos IRG 4000, pasando por vehículos de medición de cables equipados especialmente, hasta el contenedor de medición móvil, que en muchos lugares permanece en la nave de los terminales del cable y se puede usar sin transportarlo». Bawart recomienda este último para las líneas troncales de la red, ya que el fallo de un cable como

Südlink, Südostlink o A-Nord podría no solo debilitar la estabilidad de la red de transmisión, sino también limitar el transporte de corriente y, como resultado, provocar enormes daños económicos.

Este experto de BAUR también aconseja esta solución de localización de averías de rápida disponibilidad a los operadores de cables submarinos conectados a grandes parques eólicos. Una avería que interrumpiera el funcionamiento de un cable de este tipo podría resultar muy cara, pues obligaría a pagar una indemnización inmensa al operador del parque afectado. Tanto si el cable es terrestre como si es submarino, Bawart recomienda un análisis de riesgos pormenorizado: «Cada vez dependemos más de la energía eléctrica, y no solo por el advenimiento de los vehículos eléctricos, sino, muy especialmente, por las medidas y los efectos de la transición energética. Por eso, los riesgos asociados a las averías de cable en tendidos esenciales de energía se deben reevaluar y analizar con mayor profundidad que antes».

[vertrieb@baur-germany.de](mailto:vertrieb@baur-germany.de)

[www.baur-germany.eu](http://www.baur-germany.eu)