

Localizzazione dei guasti nei cavi elettrici lunghi

## Uso di conoscenze ed esperienze con cavi sottomarini per collegamenti a terra lunghi



Container di misura davanti al capannone cavi

Fonte: Baur/Manfred Bawart

Fra qualche anno, cavi ad alta tensione lunghi centinaia di chilometri attraverseranno la Germania e saranno parte integrante della delicata infrastruttura. Per massimizzarne la disponibilità, eventuali guasti dovranno essere localizzati in modo rapido e sicuro e i cavi dovranno essere riparati. Qui la tecnica di localizzazione dei guasti tradizionale raggiunge i suoi limiti; per cavi extralunghi sono necessarie soluzioni speciali. La sua tecnica deriva in parte da un campo di applicazione, nel quale sono comunemente impiegati cavi lunghi: i cavi sottomarini.



Ralf Dunker, Direttore,  
Press'n'Relations II GmbH, Monaco

Fra qualche anno, nella rete elettrica in Germania vi saranno cavi ad alta tensione di dimensioni senza precedenti. I lunghissimi percorsi di cavi da Nord a Sud saranno realizzate come trasmissione di corrente continua da 525 kV per ridurre al minimo le perdite. Südlink, ad esempio, sarà interrato per circa 700 km. Per quanto riguarda Südostlink, è previsto che, dei 560 km complessivi, circa 500 km saranno sotterranei. In futuro, anche il collegamento A-Nord lungo 300 km,

con posa prevista prevalentemente interrata, diventerà una delle arterie della rete di trasmissione tedesca. Ai percorsi di cavi nell'entroterra si aggiungono poi i cavi che trasportano la corrente elettrica dai parchi eolici offshore sulla terraferma.

Piano di crisi: Preparazione per casi d'emergenza prima del primo guasto

I gestori di reti hanno davanti a sé grandi sfide, non solo per quanto riguarda la costruzione di tratte di cavi. Per garantire la disponibilità della linea dorsale dell'alimentazione di corrente, devono essere in grado di reagire velocemente a eventuali guasti. Questo non significa solo rispettare brevi tempi di riparazione, ma anche limitare al massimo i tempi di fermo con una rapida localizzazione dei guasti. Per questo, generalmente conviene investire in un sistema di localizzazione dei guasti nei cavi già prima della messa in servizio del cavo e mantenerlo operativo sulle estremità del cavo, così da poter localizzare immediatamente il punto di guasto.

Grazie al guadagno che si ottiene in termini di tempo, l'investimento nella tecnica di localizzazione dei guasti si ammortizza quasi sempre già al primo guasto nel cavo. Per lunghi cavi di trasmissione rilevanti per il sistema esistono sistemi di localizzazione dei guasti in container di misura, che possono essere disponibili immediatamente nel capannone cavi e la cui tecnica si è già dimostrata efficace in cavi sottomarini lunghi molte centinaia di chilometri.

I cavi terrestri hanno una struttura più complessa rispetto ai cavi sottomarini

Nel caso dei cavi terrestri, l'investimento potrebbe convenire ancora di più. È vero che questi non sono sottoposti a sollecitazioni meccaniche dovute ad ancore e reti a stra-



Collegamento del cavo di misura a un'altezza da capogiro

Fonte: BAUR/Manfred Bawart



Oggi i cavi che trasportano corrente elettrica dai parchi eolici offshore sulla terraferma devono trasportare grandi quantità di energia. Anche qui conviene essere pronti allo scenario peggiore con le apparecchiature adatte per la localizzazione dei guasti

Fonte: Adobe Stock/Shutter81

scico, ma esistono comunque molte altre potenziali fonti di guasto. Perché mentre i cavi sottomarini non presentano giunti nonostante le grandi distanze, per motivi di trasporto i cavi terrestri si compongono generalmente di sezioni lunghe da 1 a 2 km. Questo comporta un grande numero di giunti nei cavi.

“Statisticamente, con la lunghezza del cavo e il numero dei giunti dei cavi aumenta anche la frequenza dei guasti e, con essa, la preoccupazione dei gestori di reti per

guasti nei cavi”, spiega Manfred Bawart, esperto di localizzazione dei guasti nei cavi extralunghi presso BAUR GmbH (Sulz/Austria).

Esclusione di pericoli per persone e materiale

Bawart considera speciale la tecnica impiegata per le tratte lunghe. “I metodi di misura più utilizzati nella localizzazione dei guasti non sono adatti per le lunghezze dei cavi previste. Sia le apparecchiature che i

metodi di misura per lunghi sistemi di cavi sono fondamentalmente diversi.” Bawart spiega che sono necessari, tra gli altri, speciali sistemi per la scarica sicura dell'energia, e calcola che nei cavi ad alta tensione lunghi centinaia di chilometri dopo una prova in tensione continua si accumulano migliaia di chilojoule. “La maggior parte degli apparecchi e dei sistemi di misura non è in grado di sopportare la scarica di una energia così elevata. Inoltre, gli apparecchi standard



Tubi per cavi ad alta tensione per impianti eolici di terra

Fonte: Adobe Stock / Kruwt



Il ponte di misura ad alta tensione "shirla" consente la misurazione a ponte secondo il metodo di Murray per la localizzazione di guasti nei cavi e nelle guaine su cavi di trasmissione dell'energia lunghi.

Fonte: BAUR GmbH

non sono protetti dalle onde transienti estremamente cariche di energia. Tutto ciò comporta inevitabilmente danni irreparabili agli apparecchi e un pericolo per il personale operatore."

I sistemi di localizzazione dei guasti BAUR per cavi lunghi, come

quelli oggi utilizzati da molti clienti per lunghi cavi sottomarini, si caratterizzavano pertanto per un concetto di sicurezza molto cambiato, soprattutto in relazione ai dispositivi di grandi dimensioni per la scarica sicura dell'alta capacità dei cavi, spiega Bawart. Differenze esistono anche per quanto riguarda i metodi di misura. "La maggior parte dei metodi di prelocalizzazione adatti per cavi terrestri corti e apprezzati per la loro facilità di impiego, non funzionano nei sistemi di cavi lunghi. Pertanto vengono impiegati speciali metodi di misura e una tecnica di misura ottimizzata."

Localizzazione dei guasti su entrambi i lati e aumento della precisione

Inoltre, nei cavi lunghi spesso vengono utilizzati sistemi di misura su entrambi i lati, per aumentare la precisione di misura in caso di grande distanza del guasto. Un'apparecchiatura adattata al rispettivo caso d'impiego e una misura di prelocalizzazione precisa su entrambi i lati sono alla base di una localizzazione precisa rapida ed efficiente e consentono pertanto di risparmiare tempo. "A seconda del metodo di misura, nella prelocalizzazione è possibile raggiungere precisioni fino allo 0,5% della lun-

ghezza complessiva del cavo", afferma Bawart. "La precisione della prelocalizzazione spesso può essere ulteriormente aumentata, tenendo conto della posizione di punti di riferimento noti come i giunti."

Processi di misura particolari

Come riferimento è adatta anche una misura base dopo la posa del cavo. Pertanto, molte norme raccomandano un Fingerprint TDR (Time Domain Reflectometry = metodo della riflessione degli impulsi). "A tal fine, nei cavi lunghi, a causa del loro elevato smorzamento, viene impiegato un sistema particolarmente potente con impulsi emessi ad alta energia", spiega Bawart.

In caso di guasto, le misure TDR sono adatte per localizzare punti di guasto con guasti a bassa impedenza, ad esempio se è presente un cortocircuito. Il metodo di misura mostra le variazioni dell'impedenza nel tempo lungo il sistema di cavi. La sensibilità della misura diminuisce lungo il cavo e con il numero dei giunti di interruzione schermatura. I guasti ad alta impedenza non possono essere localizzati con il metodo della riflessione degli impulsi, a meno che il guasto ad alta impedenza non venga convertito in un guasto a bassa impe-

denza mediante “bruciatura” con un potente bruciatore.

Impiego mirato anche di metodi vecchi su cavi nuovi

“La localizzazione dei guasti in sistemi di cavi particolarmente lunghi richiede anche un richiamo dei concetti fondamentali della tecnica di misura dei cavi”, afferma Bawart, perché in caso di guasti ad alta impedenza viene impiegato anche il metodo del ponte di Murray. Questo può essere utilizzato in caso di guasti nei cavi a bassa e alta impedenza e di guasti nelle guaine, ed è indicato quando accanto alla fase difettosa è disponibile un'altra fase integra. Per la misura, la fase difettosa viene collegata a quella integra sul fine cavo. Al contrario dei processi di misura basati sugli impulsi, la misurazione a ponte secondo il metodo di Murray presenta caratteristiche particolari in relazione alla precisione in funzione della lunghezza. In questo modo, i guasti nei cavi possono essere misurati con precisione estremamente elevata indipendentemente dalla lunghezza di misura, che sia sull'inizio cavo, al centro o sul fine cavo. La misurazione a ponte eseguita con alta tensione fornisce risultati precisi anche in caso di guasti ad alta impedenza.

La localizzazione dei guasti con ponti di misura si è già dimostrata efficace su cavi lunghi centinaia di chilometri, ad esempio sul collegamento da 450 kV in corrente continua tra la Norvegia e i Paesi Bassi. Su questo sistema di cavi lungo 580 km è stato possibile localizzare con successo e precisione estrema guasti nei cavi con l'ausilio della tecnica di BAUR e della misurazione a ponte secondo il metodo di Murray.

Un altro esempio è il cavo sottomarino da 400 kV lungo 300 km tra l'Australia sudorientale e la Tasmania. Poiché in esso scorre circa il 40% dell'energia elettrica necessaria in Tasmania, il suo guasto ha innescato una crisi energetica durata molti mesi. Anche qui, dopo settimane di costose ricerche del guasto, è stato chiesto il supporto degli esperti austriaci, i quali sono riusciti a localizzare il guasto nel cavo in modo rapido e altamente preciso con l'ausilio della misura TDR e del ponte di misura di Murray.

Localizzazione di guasti spinterometrici e intermittenti

Quasi sempre, tuttavia, nei cavi sottomarini e terrestri si verificano diversi tipi di guasti, prosegue Bawart. “Secondo la mia esperienza, nei sistemi di cavi ad alta tensione posati a terra si verificano più guasti spinterometrici o guasti intermittenti sull'isola-



Container di misura davanti al capannone cavi (foto a sinistra)  
Area di comando del container (foto a destra)

Fonte: BAUR GmbH/Manfred Bawart

mento principale.” Anche la localizzazione dei guasti nelle guaine dei cavi acquista importanza. Questa consente di riconoscere e riparare tempestivamente danni causati da influssi esterni, ad esempio dai cantieri stradali, ma anche errori di posa, prima che si verifichi un guasto sull’isolamento principale.

La scelta di metodi di misura per la localizzazione di guasti spinterometrici o intermittenti su sistemi di cavi estremamente lunghi è molto limitata. Un altro limite tecnico è dato dalla varietà di giunti di interruzione schermatura. Secondo Bawart, tutti i metodi di misura basati sulla riflessione degli impulsi devono essere considerati critici. “Il metodo differenziale delle onde migranti [Differential Decay Method] offre i presupposti migliori per un’efficace localizzazione dei guasti nei cavi in queste condizioni difficili.” Questo metodo di misura può essere utilizzato con tensioni di prova fino a 110 kV.

Il metodo differenziale delle onde migranti richiede un cavo di riferimento integro, che è sempre presente in un sistema bipolare. Entrambi i sistemi di cavi vengono caricati contemporaneamente con una fonte di alta tensione, il guasto viene innescato e i diagrammi di

misura vengono tracciati automaticamente. La distanza del guasto viene quindi determinata con un altro diagramma con onda transiente riflessa.

Il vantaggio sta nel fatto che sia lo smorzamento del cavo in funzione della lunghezza, sia la molteplicità di giunti di interruzione schermatura collegati hanno sostanzialmente effetti ridotti sul risultato di misura. I diagrammi di misura sono facili da valutare e permettono una misura della distanza altamente precisa su sistemi di cavi particolarmente lunghi.

Prevenzione di danni costosi con soluzioni portatili e statiche

Per la localizzazione dei guasti nei cavi lunghi, BAUR GmbH offre diverse possibilità. Così Bawart: “La gamma va da apparecchi portatili come il nostro shirla [ponte di misura ad alta tensione secondo Murray e Glaser] in combinazione con l’ecometro IRG 4000, a laboratori mobili con equipaggiamento speciale fino al container di misura mobile, che rimane un po’ dappertutto nel capannone cavi e può così essere utilizzato senza ulteriori trasporti.” Quest’ultimo è consigliato da Bawart per la linea dorsale della rete, poiché il guasto di un cavo

come Südlink, Südostlink o A-Nord potrebbe non solo indebolire la stabilità della rete di trasmissione, ma limitare anche il trasporto della corrente, causando così enormi danni finanziari.

Anche ai gestori di cavi sottomarini di collegamento di grandi parchi eolici l’esperto BAUR consiglia una soluzione per la localizzazione dei guasti velocemente disponibile, in quanto gli indennizzi ai gestori di parchi eolici in caso di guasto di un cavo sono pesanti, pertanto i guasti potrebbero costare caro. Che si tratti di cavi terrestri o sottomarini, in entrambi i casi Bawart consiglia una stima precisa dei rischi: “La nostra dipendenza dall’energia elettrica aumenta, ad es. per il numero crescente di veicoli elettrici e, in particolare, per le azioni volte alla transizione energetica e i relativi effetti. Per questo, i rischi dovuti a guasti nei cavi nelle reti di trasmissione rilevanti per i sistemi sono nuovi e più difficili da valutare rispetto al passato.”

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

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