

Durata di vita residua dei cavi a media tensione

Nuove possibilità della diagnostica perfezionata del fattore di dissipazione

Con la diagnostica del fattore di dissipazione e la correlata analisi dello stato di cavi a media tensione si traggono conclusioni spesso obsolete, discordanti o errate. In considerazione di ciò, questo metodo è stato affinato fino a divenire un processo completo e al passo coi tempi. Thorsten Schlender illustra le attuali possibilità e i limiti di questa tecnologia.

Le esperienze di Baur GmbH nel settore della determinazione dello stato dei cavi a media tensione mediante la misura del fattore di dissipazione (diagnostica TD) risalgono agli anni '90. Da oltre 30 anni l'azienda offre questa tecnica di misurazione e ha così potuto accumulare una vasta esperienza. Di seguito viene illustrato come questa tecnologia è stata costantemente perfezionata: dalla misurazione di un valore medio TD fino all'introduzione di nuovi parametri di valutazione e valori limite, fino alla determinazione della durata di vita residua dei cavi a media tensione.

Con l'introduzione del software di analisi statex è stato compiuto il passo ad oggi più avanzato nella storia della diagnostica dei cavi. È quindi ora disponibile un nuovo software per la determinazione precisa dello stato di invecchiamento, della velocità di invecchiamento e della durata di vita residua statistica.

In statex, in aggiunta ai tradizionali parametri di valutazione secondo IEEE 400.2 (SDTD, MTD e Δ TD), viene considerato il nuovo parametro TD-Skirt che quantifica la stabilità nel tempo del fattore di dissipazione. Ciò consente il calcolo dell'indice di invecchiamento e della velocità di invecchiamento della tratta del cavo. Parimenti è possibile fornire una raccomandazione precisa su quando deve essere effettuata una nuova misura o sono necessari lavori quali la sostituzione di una tratta del cavo (Figura 1).

Problemi durante i precedenti tentativi di determinazione della durata di vita residua

Dietro un guasto nel cavo possono nascondersi diversi meccanismi di una scarica distruttiva. Non è pertanto possibile determinare la durata di vita residua utilizzando una semplice formula

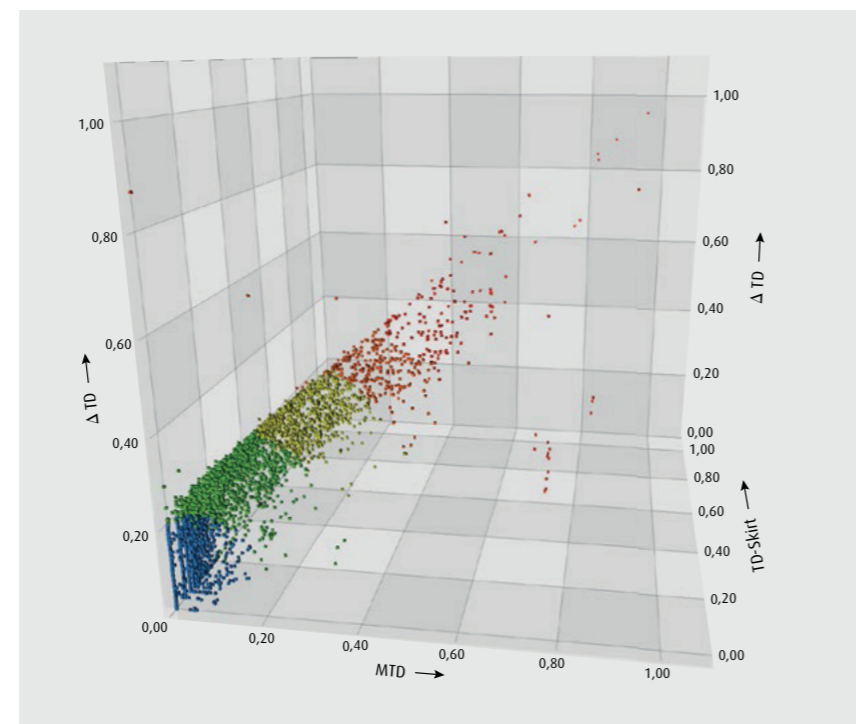


Figura 1. Rappresentazione cluster 3D dell'indice di invecchiamento - ogni punto corrisponde a una misura diagnostica

di analisi. Questo problema è stato risolto da Baur con una soluzione basata sulla statistica e sull'esperienza acquisita. Il primo passo per la determinazione della durata di vita residua consiste dunque nella valutazione dello stato di invecchiamento.

Numerosi fattori influiscono in modo più o meno rilevante sullo stato di invecchiamento di un cavo a media tensione. Tra questi rientrano inoltre:

- Carico elettrico
- Sollecitazione meccanica
- Sollecitazione termica
- Processi chimici
- Umidità
- Qualità del montaggio e

dell'installazione

- Difetti del materiale
- Differenze qualitative tra i diversi produttori di cavi e giunzioni.

Molti di questi fattori non sono noti o possono essere individuati solo dopo avere acquisito una notevole esperienza. A quale carico è stato sottoposto il cavo negli ultimi 30 anni? Quanti cortocircuiti si sono verificati? Che tipo di giunti sono stati montati e di quale produttore?

In che condizioni fisica si trovava il montatore che l'ha installato quel giorno? Per compensare questa carenza di informazioni ci si basa sul fatto che tutti questi fattori influiscono sulle variabili della diagnostica (Figura 2).



Figura 2. Processi di invecchiamento di cavi in plastica o cavi isolati in carta impregnata secondo NEETRAC Diagnostic Testing of Underground Cable Systems 12.2010

Sviluppi nella diagnostica del fattore di dissipazione

Statistica ed esperienza

La decennale esperienza e una banca dati di oltre 100.000 misurazioni formano la base per i successivi sviluppi nella diagnostica dei cavi. È stato possibile acquisire nuove conoscenze come, ad esempio, che una curva a vasca da bagno non è rilevante per il comportamento di invecchiamento dei cavi a media tensione (Figura 3).

Anche i nuovi valori limite dei diversi isolamenti, i nuovi criteri di valutazione come TD-Skirt e le nuove combinazioni di metodi come Full-MWT (prova e diagnostica TD/SP simultanea) sono solo alcuni dei diversi progressi conseguiti negli anni passati.

Informazioni aggiuntive mediante la diagnostica simultanea

La prova del cavo e la misura del fattore di dissipazione e delle scariche parziali si integrano alla perfezione, in quanto consentono di rilevare e localizzare lo stato complessivo e i singoli guasti del cavo. Grazie alla prova parallela e alle misure diagnostiche è così possibile ottenere informazioni aggiuntive senza ulteriori oneri.

Il rilevamento degli alberi d'acqua non è più un settore di impiego fondamentale

In origine la diagnostica TD veniva utilizzata anche per i cavi danneggiati dagli alberi d'acqua (WT). Grazie ai nuovi cavi impermeabili, questo settore di impiego sta passando sempre più in se-

condo piano. Le applicazioni odierne sono dunque più interessanti. Non viene più solo determinato se sono presenti alberi d'acqua ma anche lo stato generale di invecchiamento del cavo. La diagnostica TD e statex funzionano anche, ma non solo, con i cavi invecchiati a causa degli alberi d'acqua.

Risparmio di risorse grazie alla scelta intelligente degli oggetti da analizzare

Un'ulteriore conoscenza acquisita nell'analisi delle misure TD è il fatto che i valori del fattore di dissipazione nei cavi nuovi o posati di recente sono più elevati a causa dei prodotti di fissione reticolante. In questi casi il fattore di

dissipazione diminuisce nel tempo. Solo quando aumenta nuovamente è utile eseguire una misurazione per la determinazione dello stato. Per questo è stato introdotto il DSP (Degradation Starting Point - inizio statistico dell'invecchiamento statistico). Mediante le analisi chimiche eseguite in questo anno è stato possibile dimostrare che, per molti tipi di cavi, l'invecchiamento ha inizio dal tredicesimo anno. Questo risultato coincide con le osservazioni dei produttori dei cavi.

Rinunciando alle misurazioni TD sui cavi che non hanno ancora raggiunto l'inizio dell'invecchiamento statistico, si

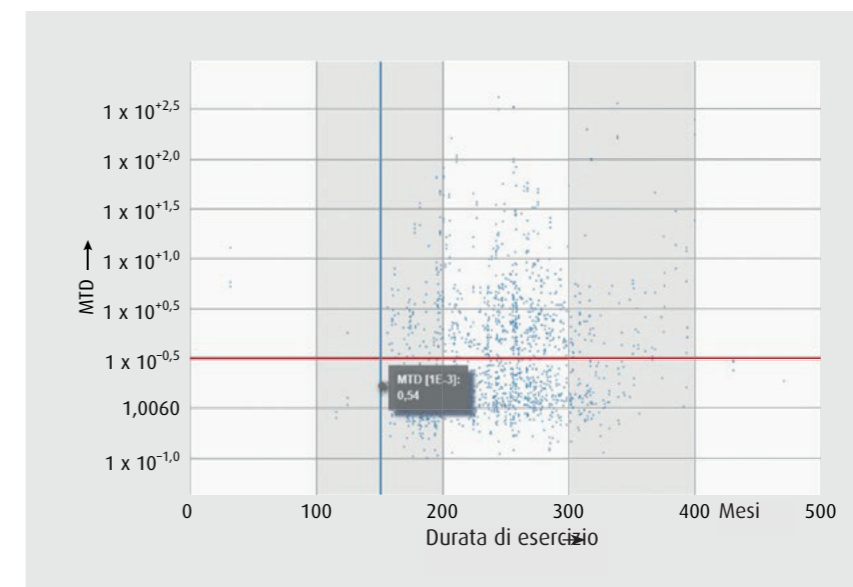


Figura 3. Un'analisi statistica di circa un migliaio di misure diagnostiche mostra che il comportamento di invecchiamento non segue una curva a vasca da bagno ma presenta un'ampia variazione.

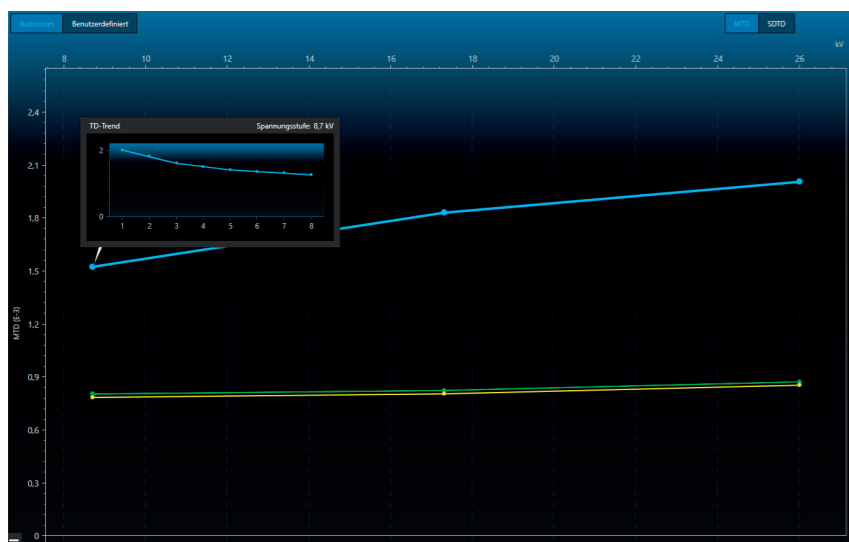


Figura 4. L'umidità nel giunto su L1 (blu) viene riconosciuta sulla base della tendenza decrescente

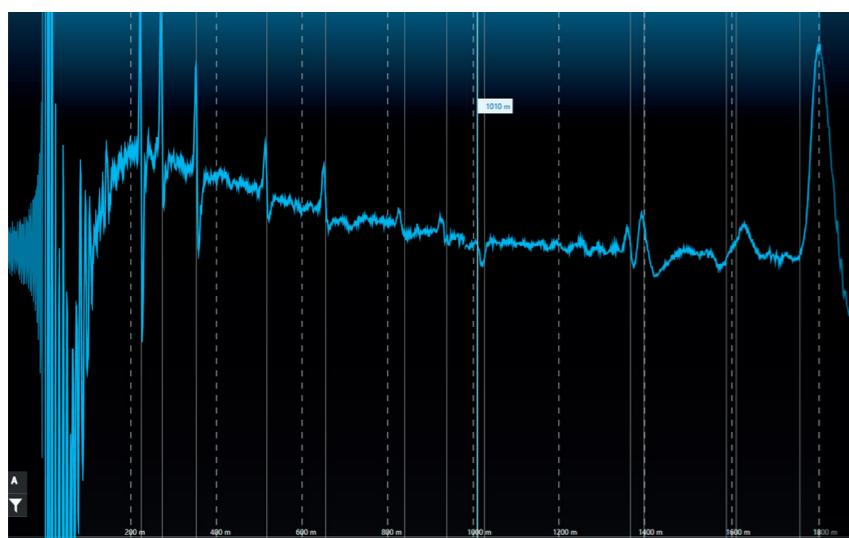


Figura 5. Curva TDR/di calibrazione con individuazione di un giunto che presenta penetrazione d'acqua a 1.010 m

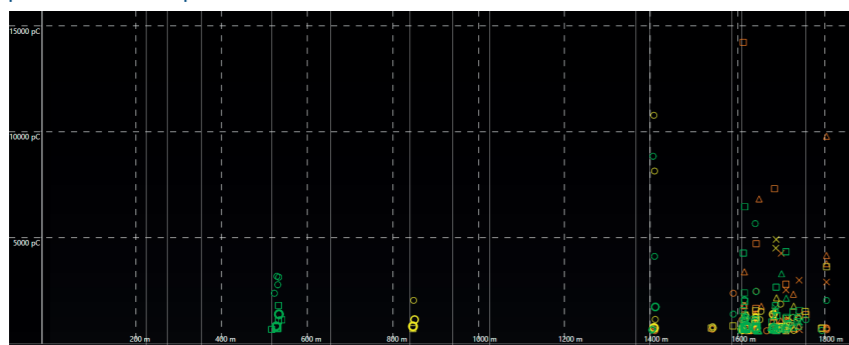


Figura 6. Il giunto bagnato rilevato mediante la misura TD non è riconoscibile con la misura SP

rendono disponibili nuove capacità, che possono essere sfruttate per la diagnostica di tratte di cavi molto invecchiate e/o critiche.

Diagnostica del fattore di dissipazione per l'individuazione di punti deboli locali

La dipendenza del fattore di dissipazione dalla tensione o le tendenze all'interno di un gradino di tensione sono ideali per l'individuazione dell'influenza esercitata dalle giunzioni. I giunti bagnati possono essere individuati ad esempio mediante la diminuzione della tendenza TD (Figura 4). La posizione del giunto

può essere determinata mediante una misura TDR (Figura 5). Una misura delle scariche parziali non sarebbe sufficiente per un caso di applicazione di questo tipo, in quanto le scariche parziali spesso non vengono riconosciute in presenza di una notevole umidità (Figura 6).

Sia per l'umidità che per le scariche parziali nelle giunzioni si consiglia di sostituire le singole giunzioni per ottenere risultati migliori e per determinare durate di vita residua più precise. Proprio nel caso di cavi corti o di cavi con valori TD bassi, le singole giunzioni guaste hanno un'influenza maggiore e devono essere pertanto sostituite. La Figura 7 mostra un diagramma di flusso semplificato, utile come suggerimento d'intervento: Su un cavo a media tensione viene eseguita una diagnostica SP e TD regolarmente o orientata al risultato (dopo un guasto o una riparazione). Se durante questa misurazione vengono rilevate scariche parziali o l'effetto dell'umidità, sono necessarie delle azioni correttive a breve termine. Se il cavo è (quindi) privo di scariche parziali e non è danneggiato dall'umidità, con statex è possibile determinare la durata di vita residua e la data della misurazione successiva.

Compensazione dei fattori esterni

I fattori esterni quali le scariche parziali o le correnti di dispersione possono influenzare il risultato di una diagnostica TD. Tuttavia possono essere compensati facilmente. Le scariche parziali con effetto corona nel punto di collegamento e alla fine della tratta del cavo possono essere evitate con calotte schermanti, ad esempio semi-calotte in alluminio.

Le correnti di dispersione scorrono sulla superficie dei terminali verso terra e influiscono così sul risultato di misura. Con l'ausilio di nastri di rame posati attorno ai terminali è possibile deviare, misurare e compensare tali correnti.

La diagnostica del fattore di dissipazione è possibile e utile su tutti i tipi di cavi a media tensione

I diversi tipi di cavi si distinguono per i rispettivi valori TD. I cavi isolati in carta impregnata, i cavi in plastica di prima e seconda generazione presentano notevoli differenze nei valori di misura. Anche nell'ambito di questa suddivisione vi sono ulteriori differenziazioni, ad esempio i cavi in omopolimeri e copolimeri si distinguono in particolare per i valori MTD (valori TD medi per gradino di tensione). Poiché questo comportamento non è una novità, già nell'appen-

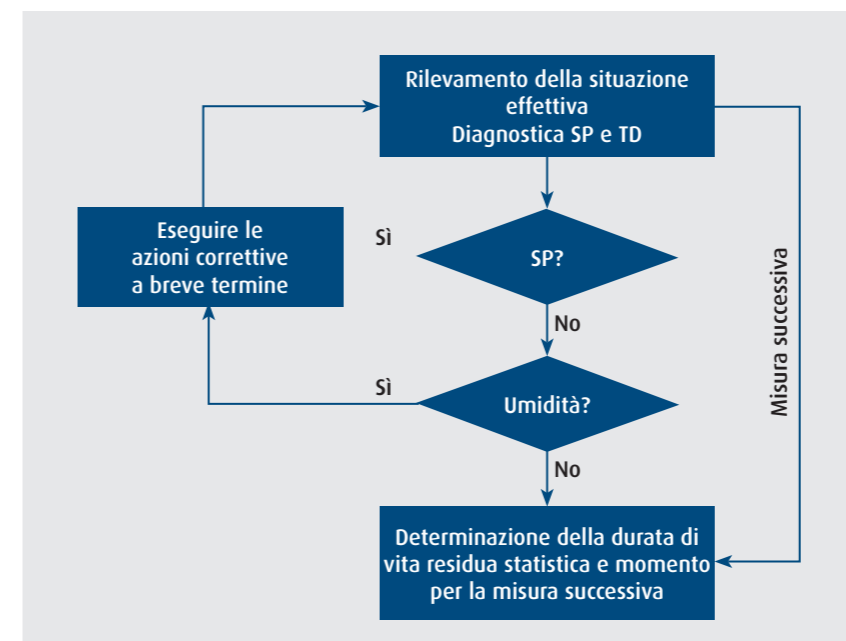


Figura 7. Schema: Azioni correttive a breve termine e determinazione della durata di vita residua

dice della norma IEEE 400.2-2013 sono stati definiti i valori limite per i diversi tipi di cavi.

Inoltre in statex è possibile impostare i diversi isolamenti e le relative sottocategorie. In questo modo è possibile osservare separatamente, ad esempio, le tratte di cavi misti con diverse percentuali di sezioni dei cavi XLPE. È così possibile anche determinare la durata di vita residua di tratte di cavi misti (Figura 8).

Particolarmente interessanti sono le analisi TD di cavi XLPE copolimeri (circa dal 2005), perché in questo caso l'effetto

dell'intensità di corrente, di variazioni di temperatura, distorsioni di secondo ordine ecc. sul comportamento di invecchiamento non era ancora stato studiato. Qui è utile investire tempestivamente nella raccolta e nell'analisi dei dati diagnostici al fine di monitorare l'invecchiamento ed evitare guasti in futuro.

Riepilogo

È stato illustrato come le nuove soluzioni hardware e software, in combinazione con la vasta esperienza accumulata, abbiano portato al perfezionamento della diagnostica TD. Questi sviluppi portano le possibilità di applicazione

della diagnostica TD e della relativa analisi a un nuovo livello, fino alla determinazione precisa della durata di vita residua dei cavi a media tensione.



Thorsten Schlender M. Sc.,
Tecnico commerciale,
Baur GmbH, Grevenbroich

>> thorsten.schlender@baur-germany.de

>> www.baur.eu/de

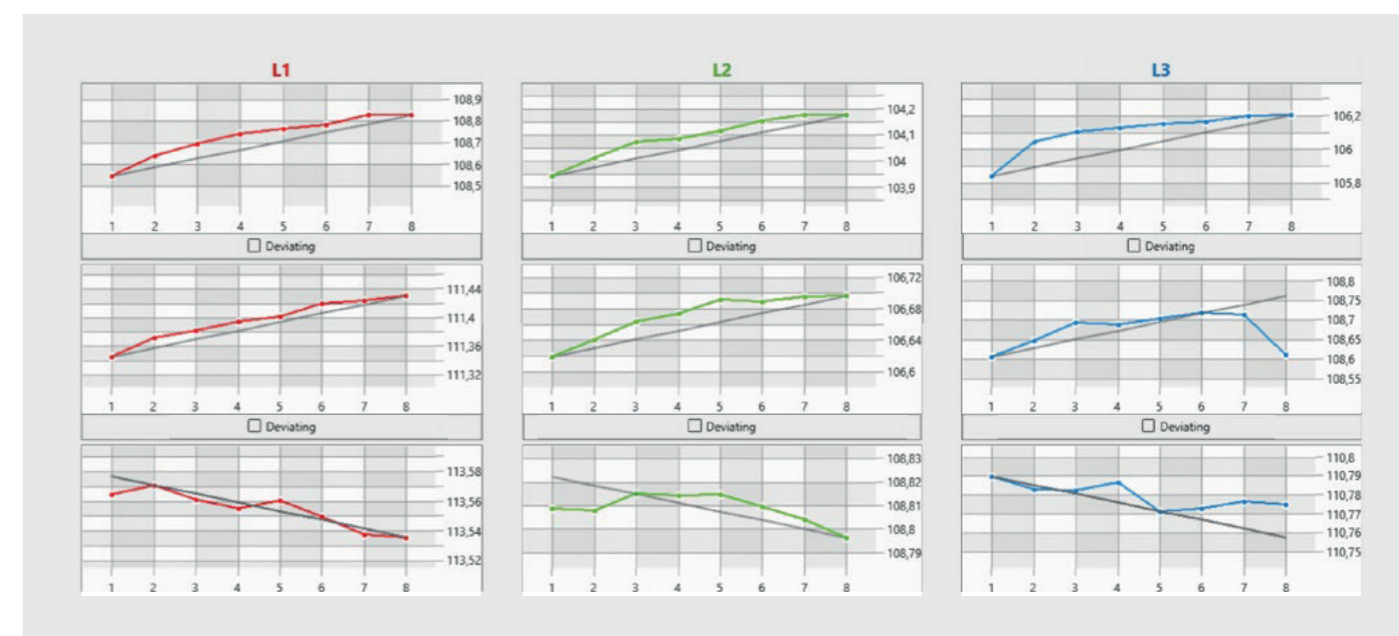


Figura 8. Comportamento tipico di una tratta di cavi misti invecchiata; per i primi due gradini di tensione (0,5 U₀ superiore e 1 U₀ centrale) è superiore all'aumento TD a causa dell'isolamento invecchiato. Per il gradino di tensione 1,5 U₀ si evidenzia l'effetto dell'umidità.