

Vida útil restante de cabos de média tensão

# Novas possibilidades para diagnóstico avançado de fator de dissipação

No que se refere ao diagnóstico de fator de dissipação e a análise de estado correlacionada em cabos de média tensão, existem muitas concepções obsoletas, contraditórias ou incorretas. Todavia este método se aprimorou em um processo abrangente e contemporâneo. Thorsten Schlender apresenta as atuais possibilidades e limites desta tecnologia.

A experiência da Baur GmbH na área da determinação de estado de cabos de média tensão por meio de medições de fator de dissipação (diagnóstico TD) remontam aos anos 1990. Para isso a empresa já fornece há mais de 30 anos a tecnologia de medição e assim pôde consolidar um abrangente capital de experiências. A seguir mostraremos que a tecnologia se aprimorou continuamente – da medição de um valor médio de TD, passando pela implementação de novos parâmetros de avaliação e valores-limite, até a determinação da vida útil restante de cabos de média tensão.

Com a implementação do software de análise statex foi estabelecido o mais novo marco na história do diagnóstico de cabos. Com isto está disponível agora um software para a determinação detalhada do estado de envelhecimento, da velocidade de envelhecimento e da vida útil restante estatística.

No statex, adicionalmente aos parâmetros de avaliação convencionais de acordo com a IEE 400.2 (SDTD, MTD e  $\Delta TD$ ), é levado em consideração o novo parâmetro TD-Skirt, que indica a estabilidade de tempo do fator de dissipação. Isso possibilita o cálculo do índice de envelhecimento e da velocidade de envelhecimento do segmento de cabo. Da mesma forma pode ser dada uma recomendação exata de quando deve ocorrer uma nova medição ou se são necessárias ações, como a substituição de um segmento parcial (Figura 1).

### Problemas em tentativas até então para determinar a vida útil restante

Por trás de uma falha de cabo podem se ocultar diversos mecanismos de uma ruptura dielétrica. Por isso, não é possível determinar a vida útil restante com base em uma fórmula analítica simples. Esse problema foi contornado pela Baur, sendo que a solução se baseia em estatística

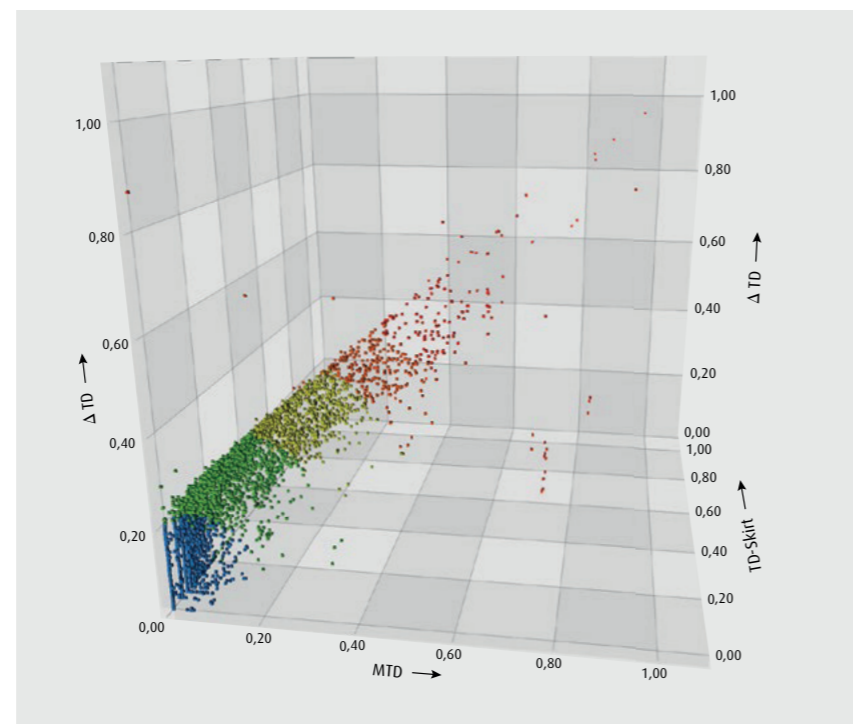


Figura 1. Cluster 3D Representação do índice de envelhecimento – cada ponto corresponde a uma medição de diagnóstico

e experiência. O primeiro passo para a determinação da vida útil restante é a avaliação do estado de envelhecimento.

Um grande número de fatores tem uma maior ou menor influência sobre o estado de envelhecimento de um cabo de média tensão. Estes incluem, entre outros:

- Carga elétrica
- Esforço mecânico
- Esforço térmico
- Processos químicos
- Umidade
- Qualidade da montagem e instalação
- Falhas de material
- Diferenças de qualidade de diferentes fabricantes de cabos e acessórios de cabos.

Muitos destes fatores de influência não são conhecidos ou somente podem ser descobertos com muito esforço. A que carga o cabo foi exposto nos últimos 30 anos? Quantos curtos-circuitos ocorreram? Quais tipos de emendas foram instalados e de qual fabricante?

Como "foi o dia" do montador que as instalou? Para contornar esse déficit de informações utiliza-se o fato de que todos os fatores têm uma influência sobre as grandezas de diagnóstico (Figura 2).

### Aprimoramentos no diagnóstico de fator de dissipação

#### Estatística e experiência

A experiência de muitas décadas e uma base de dados com atualmente mais de 100.000 medições, representa a base



Figura 2. Processos de envelhecimento em cabos de plástico e cabos com isolamento de papel impregnado com base no NEETRAC Diagnostic Testing of Underground Cable Systems 12.2010

para diversos aprimoramentos no diagnóstico de cabos. Foi possível obter novos conhecimentos, por exemplo, que uma curva da banheira não é aplicável para o comportamento de envelhecimento de cabos de média tensão (Figura 3).

Também novos valores-limite para diferentes isolamentos, novos critérios de avaliação como TD-Skirt e novas combinações de métodos como Full-MWT (teste e diagnóstico TD/DP simultâneo) são apenas alguns dos diversos avanços que foram obtidos nos últimos anos.

### Informações adicionais por meio de diagnóstico simultâneo

O teste de cabos, a medição de fator de dissipação e a medição de descarga parcial se complementam de forma ideal, uma vez que é possível detectar e localizar o estado geral, como também falhas pontuais do cabo. Assim é possível obter informações adicionais sem dispêndio adicional por meio do teste e medições de diagnóstico paralelas.

### A detecção de arborescências em água não é mais área de aplicação central

Inicialmente o diagnóstico de TD era usado frequentemente em cabos danificados por arborescências em água (WT). Através dos novos cabos transversalmente e longitudinalmente estanques à água, esta área de aplicação é colocada cada vez mais em segundo plano. As aplicações atuais tornam-se muito mais interessantes. Não é determinado apenas se há a presença ou não de arborescências em água, mas como é o estado de envelhecimento geral do cabo. Portanto, o diagnóstico de TD e

statex também funcionam, mas não exclusivamente em cabos envelhecidos por WT.

### Economia de recursos através da escolha inteligente dos objetos de teste

Outro conhecimento obtido na análise de medições TD é que os valores de fator de dissipação em cabos novos ou recentemente instalados apresentam valores maiores devido a subprodutos de reticulação. Nestes casos, o fator de dissipação diminui ao longo do tempo. Uma medição da determinação do estado somente faz sentido quando ele aumentar novamente. Por isso, foi implementado o DSP (Degradation Starting

Point – início estatístico do envelhecimento). Através de análises químicas, que foram realizadas a cada ano operacional, foi possível mostrar que em muitos tipos de cabo um envelhecimento ocorre a partir do décimo terceiro ano. Esse resultado está de acordo com as observações dos fabricantes de cabos.

Através da supressão de medições TD em cabos que ainda não atingiram o início estatístico do envelhecimento, há a liberação de capacidades. Essas podem ser usadas para diagnosticar segmentos de cabo bastante envelhecidos e/ou críticos.

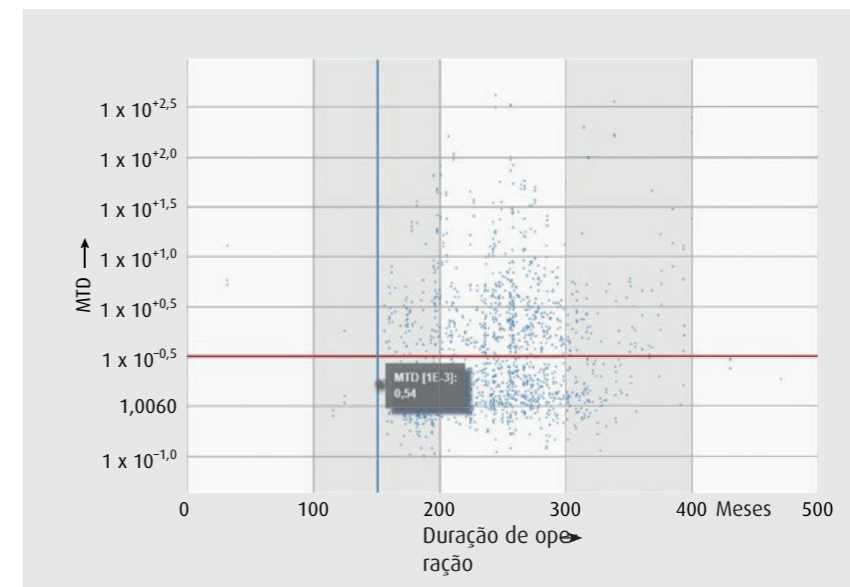


Figura 3 Uma avaliação estatística de algumas milhares de medições de diagnóstico mostra que o comportamento de envelhecimento não segue uma curva da banheira, mas apresenta uma grande dispersão.

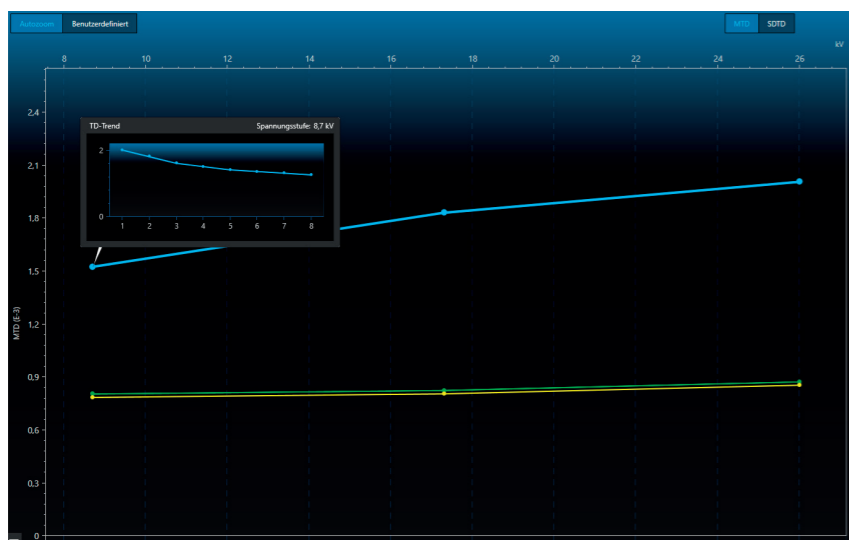


Figura 4. Umidade na emenda em L1 (azul) é identificada através do comportamento de tendência decrescente

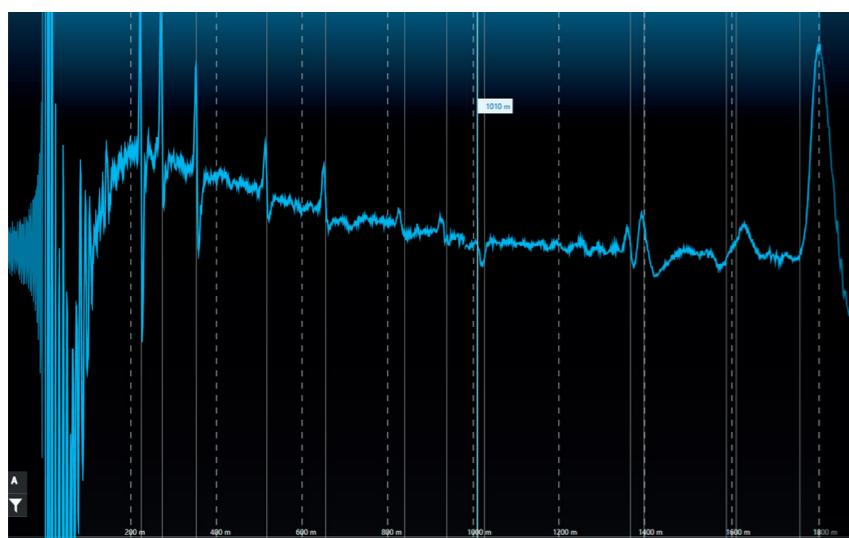


Figura 5. Curva TDR/curva de calibração com constatação de uma emenda com penetração de água a 1.010 m

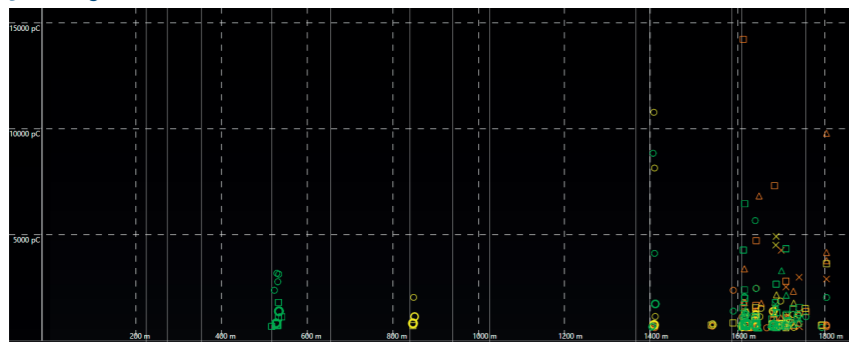


Figura 6. A emenda molhada notória na medição TD não é detectável na medição de DP

**Diagnóstico de fator de dissipação para detectar pontos fracos locais**

A dependência do fator de dissipação da tensão e o comportamento de tendência dentro de um nível de tensão, são bem apropriados para detectar uma influência por meio de acessórios de cabo.

Emendas molhadas, por exemplo, podem ser identificadas através de uma tendência TD em queda (Figura 4). A posição da emenda pode ser detectada então através de uma medição TDR (Figura 5). Uma medição de descarga parcial não seria suficiente para um caso de aplicação deste tipo, uma vez que as descargas

parciais com alta umidade muitas vezes não são detectáveis (Figura 6).

Tanto para a umidade como também para descargas parciais em acessórios de cabo, recomenda-se renovar acessórios de cabo individuais para obter melhores resultados e para poder determinar vidas úteis restantes mais precisas. Justamente em cabos curtos ou em cabos com baixos valores TD, alguns acessórios de cabo com falha tem maior influência e, por isso, devem ser substituídos. A Figura 7 mostra um fluxograma simplificado que deve servir como recomendação de medidas: em um cabo de média tensão é realizado um diagnóstico de DP e TD planejado ou orientado por evento (após falha e reparo). Se nesta medição forem detectáveis descargas parciais ou a influência de umidade, é necessário realizar medidas necessárias a curto prazo. Se o cabo (então) estiver livre de descargas parciais e não prejudicado por umidade, pode ser determinada a vida útil restante e a data da nova medição através do statex.

**Fatores de influência externos podem ser compensados**

Fatores de influência externos como descargas parciais ou correntes de fuga podem influenciar o resultado de um diagnóstico de TD. Contudo, eles também podem ser compensados sem grande esforço. Descargas parciais de efeito corona no ponto de conexão e na extremidade do segmento de cabo podem ser impedidas com capas de blindagem – por exemplo, meias-conchas de alumínio.

Correntes de fuga fluem através da superfície das terminações estanques contra a terra e influenciam assim o resultado de medição. Essas correntes podem ser desviadas, medidas e compensadas através de fitas de cobre, que são colocadas em volta das terminações estanques.

**O diagnóstico de fator de dissipação é possível e apropriado em todos os tipos de cabos de média tensão**

Diferentes tipos de cabo se diferenciam quanto aos seus valores TD. Cabos com isolamento de papel impregnado e cabos de plástico da primeira e segunda geração apresentam grandes diferenças em seus valores medidos. Também dentro dessa subdivisão existem outras diferenças, por exemplo, cabos homo e copolímeros se diferenciam em especial quanto aos seus valores MTD (valores TD médios por nível de tensão). Uma vez que esse comportamento não é uma

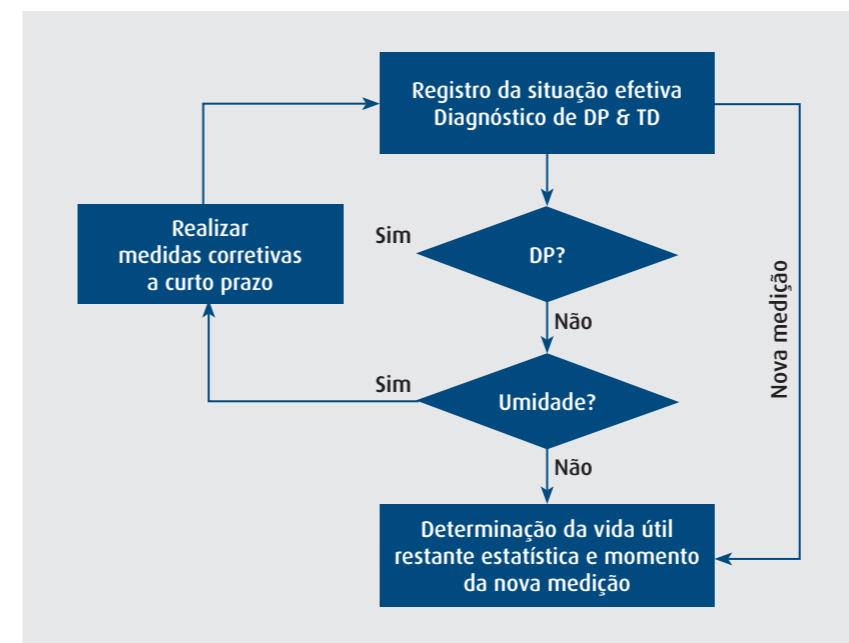


Figura 7. Diagrama: medidas corretivas a curto prazo e determinação da vida útil restante

percepção nova, os valores-limite para diversos tipos de cabo já foram colocados no anexo da IEEE 400.2-2013.

Além disso, no statex é possível criar diversas isolações e suas subcategorias. Através disso é possível, por exemplo, observar segmentos de cabos mistos com diferentes parcelas de segmentos de cabos PEX separados entre si. Assim se torna possível também a determinação da vida útil restante de segmentos de cabos mistos (Figura 8).

Especialmente interessantes são as análises TD em cabos PEX copolímeros (aprox. a partir de 2005), uma vez que

aqui a influência da carga de corrente, alterações de temperatura, harmônicas etc. por enquanto são pouco pesquisadas no que se refere ao comportamento de envelhecimento. Aqui vale a pena investir precocemente na coleta e análise dos dados de diagnóstico, para monitorar o envelhecimento e evitar falhas futuras.

**Conclusão**

Foi mostrado como novas soluções de hardware e de software aliadas com abrangentes experiências levaram à continuidade de desenvolvimento do diagnóstico de TD. Esses aprimoramentos

elevam as possibilidades da aplicação do diagnóstico de TD e a sua avaliação a um novo patamar, até a determinação exata da vida útil restante de cabos de média tensão.



**Thorsten Schlender M. Sc.,**  
Engenheiro de Vendas,  
Baur GmbH, Grevenbroich

>> [thorsten.schlender@baur-germany.de](mailto:thorsten.schlender@baur-germany.de)

>> [www.baur.eu/de](http://www.baur.eu/de)

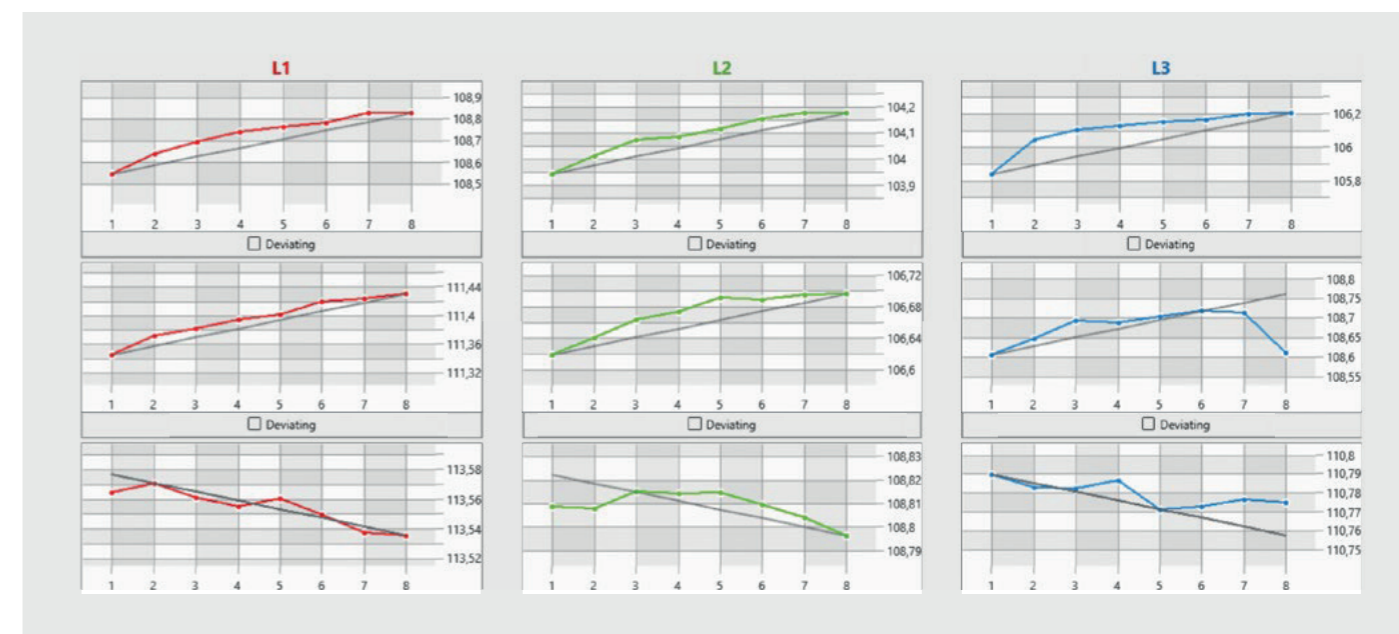


Figura 8. Comportamento típico de um segmento de cabo misto envelhecido; nos primeiros dois níveis de tensão (0,5 U<sub>0</sub> em cima e 1 U<sub>0</sub> no meio) o aumento TD predomina através de isolamento envelhecido. No nível de tensão 1,5 U<sub>0</sub> mostra-se embaixo a influência de umidade.