

Fachartikel

Kompakt und vielseitig

Kabelprüfung und -diagnose von Mittelspannungskabeln mit VLF-Sinus-Spannungsquellen

Autor: Martin Jenny, Produktmanager bei der BAUR Prüf- und Messtechnik GmbH, Sulz (Österreich)

Die Bewertung des Zustands von Kabelanlagen hilft Betreibern von Mittelspannungsnetzen bei der effizienten Netzplanung und Instandhaltung. Damit die Kabeldiagnose wirtschaftlich ist und leicht in den Alltag integriert werden kann, bietet sich der Einsatz von Messtechnik mit einer VLF-Sinus-Spannungsquelle (Very Low Frequency) an. Diese Quelle kann für Kabelprüfung und -diagnose verwendet werden, wiegt wenig und liefert belastbare Ergebnisse.

Um eine Zustandsbewertung von Kabelanlagen zur besseren Investitions- und Instandhaltungsplanung zu nutzen, sind Diagnosemessungen erforderlich. Sie liefern z.B. Informationen über das Alterungsverhalten oder verborgene Fehler. Netzbetreiber, die neben der Einschaltprüfung (Kabelprüfung) auch Diagnosen durchführen möchten, stehen somit vor der Frage, wie sie mit geringem Zeit- und Kostenaufwand zu sinnvollen Ergebnissen gelangen. Unter anderem hängt die Aussagekraft der Messergebnisse von der Spannungsquelle des Prüf- und Messgeräts ab. Auf dem Markt sind diverse Quellen verfügbar, z.B. 50-Hz-Resonanzanlagen, VLF Sinus 0,1 Hz (VLF = Very Low Frequency), Damped AC / gedämpfte Wechselspannung (DAC) und VLF Cos-Rect (Cosinus Rechteck oder auch 50 Hz Slope genannt). Der Artikel beschreibt, warum eine Prüfung mit dem VLF Sinus 0,1 Hz im Alltag die beste Lösung darstellt.

Ein wesentlicher Aspekt ist, dass eine Spannungsquelle mit VLF Sinus 0,1 Hz sich nicht nur zur Kabelprüfung eignet, sondern gute Ergebnisse bei Diagnosemessungen liefert. Relevant sind hier die tan-delta-Messung (auch Verlustfaktormessung genannt) und die Teilentladungsmessung (im Folgenden kurz TE-Messung), siehe Kastentext. Ein Überblick über die Eigenschaften diverser Spannungsquellen verdeutlicht dies.

Charakteristika verschiedener Spannungsquellen

Die wesentlichen Anforderungen an die Spannungsquelle sind:

- Eignung für Kabelprüfung/Stehspannungsprüfung
- Hohe Messgenauigkeit bei der Verlustfaktormessung
- Aussagekräftige Ergebnisse bei der TE-Messung (Einsetz- und Aussetzspannung, TE-Pegel und phasenaufgelöstes TE-Pattern) und gute Lokalisation der TE
- Hohe Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, um die Vergleichbarkeit zeitversetzter Messungen und der Ergebnisse verschiedener Kabelstrecken im Netz sicherzustellen
- Möglichkeit, verschiedene Methoden parallel durchzuführen, also zeitsparend zu kombinieren
- Geringes Gewicht, einfaches Handling, leichter Anschluss, einfache Bedienung, kurze Messdauer

Tabelle 1 zeigt einen Vergleich der Spannungsquellen bezüglich diverser Anforderungen. Bezüglich der Stehspannungsprüfung haben sich in Theorie und Praxis quasi alle marktüblichen Spannungsquellen als geeignet erwiesen. Die VLF-0,1-Hz-Sinusspannung ist jedoch die einzige, die auch für die Messung von Teilentladungen und ebenso für die Verlustfaktormessung (tan delta) gut geeignet ist. Zu beachten ist, dass es auf die Spannungsform ankommt: Um zuverlässige, von der Kabelstrecke unabhängige Ergebnisse zu erhalten, ist eine ideale Sinuskurve (mit immer gleicher Frequenz) von Vorteil. Bei den mit einem idealen Sinus durchgeführten Messungen können Anwender die Messergebnisse verschiedener Kabelstrecken oder Muffentypen sinnvoll vergleichen.

Anforderung	VLF Sinus	VLF Cos-Rect	50-Hz-Resonanzanlagen	DAC
Stehspannungsprüfung nach IEC, VDE (CENELEC), IEEE	ja	ja	ja	ja, IEEE-Norm in Vorbereitung
Lastunabhängiges Prüfsignal	ja	Umschwingphase variiert im Bereich von 30-250 Hz lt. IEEE400.2 [7], Nachladephase variiert je nach Last	Prüffrequenz abhängig von der Kabellänge	Prüffrequenz abhängig von der Kabellänge
tan-delta-Messgenauigkeit	hoch ($1 \cdot 10^{-4}$)	ungeeignet für tan delta	hoch	mittel
tan-delta-Sensitivität / -Vergleichbarkeit	hoch	ungeeignet für tan delta	mittel, Sensitivität kleiner als bei VLF	mittel, lastabhängig
TE-Lokalisierung möglich	ja	ja	ja	ja
TE-Pegel und TE-Muster vergleichbar mit Messung bei 50 Hz	ja	noch nicht hinreichend untersucht	ja	ja
TE-Einsetzspannung vergleichbar mit Messung bei 50 Hz	ja	noch nicht hinreichend untersucht	ja	ja
kompakte Spannungsquelle	ja	ja	nein	ja

Tabelle 1: Vergleich verschiedener Spannungsformen bezüglich verschiedener praxisrelevanter Anforderungen.

Im Hinblick auf die Messung des Verlustfaktors hat sich gezeigt, dass eine VLF-Sinus-Messung durch die hohe Präzision und Sensitivität selbst der 50-Hz-Messung überlegen ist. Bei der niedrigen Frequenz von 0,1 Hz sind die tan-delta-Werte für PE-isolierte Kabel höher – somit kann ein kleiner Anstieg des tan delta besser erkannt werden. Der 0,1-Hz-Sinus wurde aufgrund seiner positiven

Eigenschaften bereits in Normen berücksichtigt (IEEE 400.2-2013), wo sowohl Prüfpegel als auch Grenzwerte für verschiedenen Regionen verfügbar sind.

Die Eignung diverser Spannungsquellen für die Teilentladungsmessung war bereits in diversen wissenschaftlichen Publikationen Thema. In den meisten Publikationen ging es um die Vergleichbarkeit der Messergebnisse mit solchen, die bei Betriebsfrequenz (50 bzw. 60 Hz) gemessen wurden. Zusammenfassend leitet sich aus den Publikationen [1] bis [6] folgendes Ergebnis ab:

Eine VLF-Cos-Rect-Spannungsquelle ergab bei der Gegenüberstellung von Messungen mit $2 \times U_0$ an sechs betriebsgealterten Muffen den etwa 5,5 fachen TE-Pegel (ca. 5.500 pC) gegenüber der Messung bei 50 Hz und VLF Sinus [6]. Die Messung mit 50-Hz- und 0,1-Hz-Sinus wiesen praktisch identische Pegel auf. Die höheren Messwerte bei der VLF-Cos-Rect-Spannungsquelle bedeuten, dass die Messung eine höhere Belastung für betriebsgealterte Muffen darstellt. Zusätzlich wird beim Vergleich von Sinus und Rechteck-Spannungsquelle festgestellt [6], dass die Kurvenform der Prüfspannung von größerem Einfluss ist als die Erhöhung des Pegels von $2 \times U_0$ auf $3 \times U_0$.

Bezüglich der TE-Messungen mit VLF Sinus ergaben die genannten Veröffentlichungen, dass die Höhe der TE-Einsatzspannung mit denen der 50-Hz-Messung vergleichbar ist, wenn Tests an Feldobjekten (also nicht künstlich präparierten Objekten / Laboraufbauten) durchgeführt wurden. Bei künstlich erzeugten Fehlern wich die Einsatzspannung bei der VLF-Messung und der 50-Hz-Messung mitunter voreinander ab. Daher sind künstliche, im Labor erzeugte Defekte und Prüfkörper nicht geeignet, um die optimale Spannungsquelle für den Feldeinsatz auszuwählen [4].

Hinsichtlich der TE-Pegel und der TE-Muster (Verteilung der Messwerte) ergab sich bei den angeführten Publikationen ebenfalls, dass Resultate mit VLF Sinus 0,1 Hz vergleichbar sind mit den Ergebnissen von 50-Hz-Messungen. Dies gilt für betriebsgealterte Muffen in Aufschiebe- oder auch Warmschrumpftechnik. Im Hinblick auf die Lokalisierung der Teilentladungen zeigten sich keine relevanten Unterschiede.

Ein Verfahrensvergleich an vier Kabelstrecken mit insgesamt 42 verschiedenen Fehlerstellen zwischen VLF Sinus 0,1 Hz, 50-Hz-Resonanzanlage, 20-400-Hz-Resonanzanlage und DAC ergab, dass sich bei den Tests an diversen Mittelspannungskabeln keine Technologie als deutlich besser erwies als eine andere [2]. Ein klarer Zusammenhang zwischen der TE-Stärke bzw. der Einsatzspannung und der Spannungsquelle ließ sich durch die beschriebene Untersuchung nicht nachweisen. Bei der Auswahl unter den dort untersuchten Spannungsquellen sollten Anwender daher eher praktische Kriterien wie Erfüllung der Aufgaben, Gewicht, Handhabbarkeit und Vielseitigkeit in Betracht ziehen.

Konsequenzen für die Praxis

Für den praktischen Einsatz gilt es, neben der Messgenauigkeit und -zuverlässigkeit weitere Aspekte zu beachten. Für den Einsatz im Feld sind unter anderem wichtig:

- Einfacher Transport und einfacher Anschluss der Messtechnik
- Personalaufwand, Schulungsbedarf
- Zeitaufwand für den Anschluss

- Zeitaufwand für die Messung
- Kosten/Nutzen-Verhältnis
- Relevanz der Messergebnisse für die vorausschauende Instandhaltung

Unter diesen Aspekten können die VLF-Spannungsquellen ein geringes Gewicht und ihre Kompaktheit als Pluspunkte gegenüber einer 50-Hz-Spannungsquelle verbuchen. Da die VLF-Sinus-Quelle für die Kabelprüfung und ebenfalls für die Diagnosemessungen $\tan \delta$ und TE in Frage kommt, können Netztechniker mit nur einer Spannungsquelle alle an neuen und gealterten Kabeln relevanten Messungen durchführen. Gegenüber der Verwendung von verschiedenen Spannungsquellen für verschiedene Messungen/Prüfungen ergeben sich klare Zeitvorteile bei Einsatz nur einer VLF-Sinus-Spannungsquelle, da der Aufwand zum Anschließen geringer ist. Bei Verwendung einer universellen Spannungsquelle ist es außerdem möglich, Prüf- und Messmethoden parallel anzuwenden, z.B. beim Monitored Withstand Test (kurz MWT). Mit MWT wird das teilweise zeitgleiche Durchführen von Kabelprüfung und der Kabeldiagnose mit $\tan \delta$ -Methode bezeichnet. Da der Messtechniker für den MWT nur ein Gerät anschließen muss und einen zusammenhängenden Arbeitsablauf startet, kann er mit geringem zusätzlichem Zeitaufwand die nach der Neuverlegung oder Reparatur einer Kabelstrecke übliche Prüfung durchführen und dabei den Zustand des Kabels ermitteln.

Die Kombination aus Prüfung und Diagnosemessung – der MWT – bietet folgende Vorteile:

- Einfacher Prüfaufbau, einfacher Ablauf (keine zusätzlichen Anschlüsse und keine Einarbeitung in MWT erforderlich)
- Verkürzung der Prüfdauer (von z.B. 60 min auf 15 min), wenn das Kabel in gutem Zustand ist
- Keine Kabelüberlastung
- Ergebnisauswertung in Echtzeit
- Einfache Interpretation des Kabelzustands durch Smiley-Symbol auf dem Display
- Präzise Ergebnisse zum Kabelzustand

Ergänzende Informationen sammeln

Die Informationen der integralen Verlustfaktormessung und der lokalen Teilentladungsmessung ergänzen und/oder bestätigen einander und geben Netztechnikern und Instandhaltern somit mehr bzw. bessere Kriterien zur Beurteilung ihrer Anlagen.

Warum es wichtig ist, sich sowohl die Option auf eine Verlustfaktormessung als auch auf die Teilentladungsmessung offen zu halten, verdeutlicht ein Beispiel: Typischerweise lassen sich defekte Muffen, z.B. falsch montierte Garnituren oder solche mit elektrisch leitenden Einschlüssen, mit der TE-Messung erkennen (siehe Tabelle 2). Dies ist jedoch bei nassen Muffen nicht der Fall. Bei diesem Beispiel (siehe Abbildung 1 und 2 sowie Tabelle 3), gemessen im Netz von Hong Kong, lieferte die $\tan \delta$ -Messung entsprechende Hinweise. Die $\tan \delta$ -Standardabweichung an Leiter 2, zu erkennen in Abb. 1, ließ eine feuchte Muffe vermuten, da die TE-Messung keine TE-Aktivität erkennen ließ (zu viel Feuchtigkeit). Der MWT, also die Kombination aus Kabelprüfung und $\tan \delta$ -Messung über 15 Minuten, führte dazu, dass die Muffe austrocknete und die

Werte des tan delta deutlich sanken (Abb. 2). Dies untermauerte den Verdacht auf Nässe.

Standardabweichung	Befund	Erforderliche Messungen	Erforderliche Maßnahmen	Kommentar
< 0,010	<ul style="list-style-type: none"> Kabel in gutem Zustand Water-Trees Nur wenige TE 	<ul style="list-style-type: none"> tan delta TE 	<ul style="list-style-type: none"> Keine, da guter Zustand 	<ul style="list-style-type: none"> Standardabweichung tan delta niedrig Keine TE, keine starken TE
0,010 bis 0,080	<ul style="list-style-type: none"> Water-Trees und TE Nur TE 	<ul style="list-style-type: none"> tan delta TE 	<ul style="list-style-type: none"> Moderate Alterung hinsichtlich Water-Trees TE-Konzentration ist zu analysieren 	<ul style="list-style-type: none"> Moderate Water-Trees – keine sofortige Maßnahmen Muffen ersetzen, falls TE-Konzentration
0,080 bis 0,500	<ul style="list-style-type: none"> Wassereintrich in Muffen 	<ul style="list-style-type: none"> tan delta TE zeigt möglicherweise keine hohen Werte 	<ul style="list-style-type: none"> Nur der tan delta zeigt den Effekt TE-Werte gedämpft wegen Wassereintrichs, TE kann nicht als Kriterium dienen 	<ul style="list-style-type: none"> Mantelfehlerortung kann die Stelle der nassen Muffe anzeigen, weil dort Leckströme auftreten Muffen mit Hinweis auf geringe TE sollten untersucht werden (trotz der geringen TE-Werte)
> 0,500	<ul style="list-style-type: none"> Starker Wassereintrich in Muffen 	<ul style="list-style-type: none"> tan delta TE sind weitgehend eliminiert in den betroffenen Muffen 	<ul style="list-style-type: none"> Nur der tan delta zeigt den Effekt TE zeigt keine Schwachstelle an / sofortiger Ersatz der Muffe Untersuchung der TE-Kalibrierungsgrafik 	<ul style="list-style-type: none"> Mantelfehlerortung kann die Stelle der nassen Muffe anzeigen, weil dort Leckströme auftreten

Tabelle 2: Beispielhafte Richtlinie zur Interpretation der Standardabweichung des tan delta.

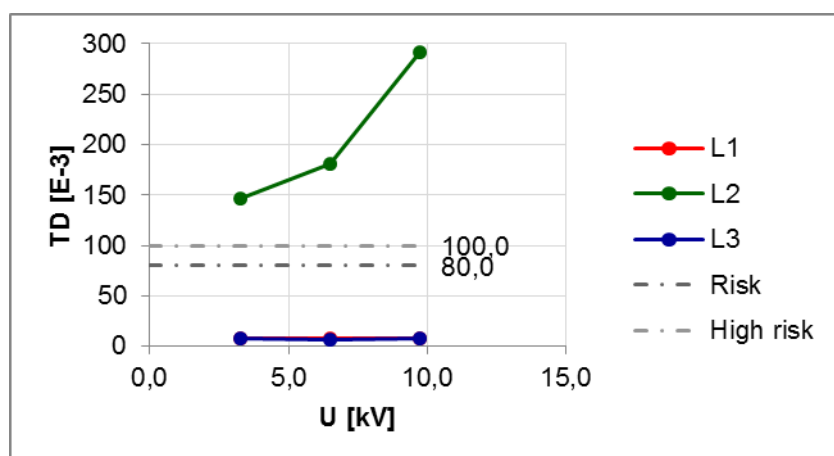


Abb. 1: Verlustfaktormessung an dreiphasigem Kabel: Leiter 2 weist eine hohe Standardabweichung auf.

STDTD	0,5U ₀ (kV)	U ₀ (kV)	1,5U ₀ (kV)
	3,5	6,5	10
L1	0,068	0,036	0,060

L2	4,453	2,313	9,343
L3	0,063	0,004	0,050

Tabelle 3: Messwerte zu Abbildung 1.

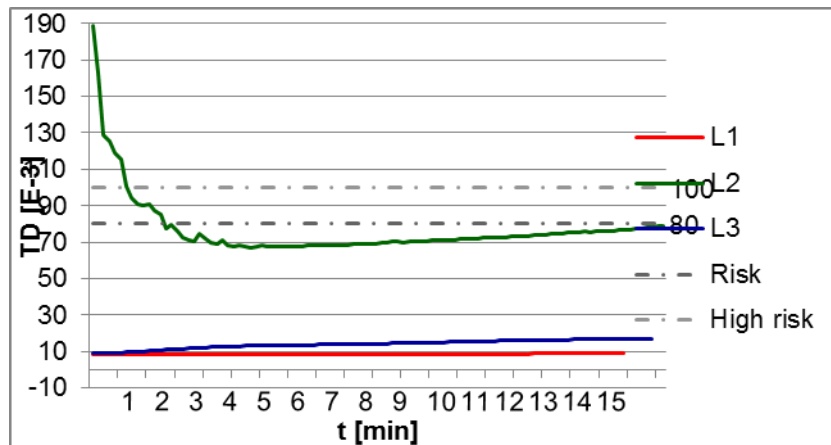


Abb. 2: Austrocknungseffekt der feuchten Muffe während eines MWT

Die Spannungsquelle in der täglichen Arbeit

Die Elektrizitätswerk Mittelbaden Netzbetriebsgesellschaft mbH (kurz E-Werk Mittelbaden) hat vor etwa zehn Jahren einen Vergleich der VLF 0,1 Hz Sinus und einer 50-Hz-Methode zur TE-Messung anhand von über 40 Kabelstrecken durchgeführt. Da die 50-Hz-Methode damals zu sehr unterschiedlichen Auswertungen und vor allem mehr negativen Prognosen führte, welche sich bis heute nicht als Ausfälle zeigten, entschied sich das Unternehmen für die VLF 0,1-Hz-Sinus-Methode. In der Zwischenzeit hat sich die VLF-Messung mit Sinusspannung in Hunderten von Messungen bewährt. Dies hat sich an 240 km mit 500 Teilstrecken durchgeführten Diagnosemessungen im 20-kV-Netz des E-Werks Mittelbaden an Papiermassekabel- und Mischkabelstrecken gezeigt.

Beim E-Werk Mittelbaden werden solche Kabelstrecken mit einem VLF Sinus 0,1 Hz mittels TE und seit etwa sieben Jahren auch mit der tan-delta-Messung diagnostiziert. Laut Werner Brucker, dem Leiter Netzbetrieb, ergibt sich durch die Anwendung beider Diagnoseverfahren ein guter Gesamtüberblick über die Alterung und den Zustand des Netzes. Als gefährdet klassifizierte Teilabschnitte werden zeitnah ersetzt. Durch die Eingrenzung defekter Teilabschnitte ergibt sich eine große Ersparnis, da nicht ganze Kabeltrassen zu erneuern sind.

Für die Inbetriebnahmeprüfung von neuen oder geänderten Kabelanlagen hat sich die VLF-Messung in der Praxis als geeignet erwiesen, um Fehlerstellen genau zu lokalisieren und in Zukunft mit gleichzeitiger TE-Messung auch Fehler in den Garnituren zu erkennen, so dass der Arbeitsaufwand für die Fehlerbehebung (evtl. Montagefehler) oder in der Instandhaltung (Grabarbeiten) gering ausfällt.

Als wesentlichen Vorteil der VLF Sinus-Spannungsquelle hebt Brucker das Gewicht und die Alltagstauglichkeit hervor. Die 0,1-Hz-Technik lasse sich von einem Mitarbeiter transportieren und bedienen, was mit einer 50-Hz-Anlage sicherlich nicht möglich wäre.

Der Einsatz eines Messwagens, der mit zwei Personen besetzt ist, ist nur selten erforderlich, da das portable Mess- und Prüfgerät für die meisten Kabellängen ausreicht. Nur bei etwa jeder siebten Messung ist somit der Einsatz eines Messwagens nötig.

Für das E-Werk Mittelbaden ergibt sich ein klarer Kostenvorteil durch den Einsatz der VLF-0,1-Hz-Technik: Messungen lassen sich leicht von einem Mitarbeiter in kurzer Zeit vornehmen. Durch die kurze Anschlusszeit und Messdauer sowie den geringen Personalbedarf können relativ viele Kabelstrecken pro Jahr gemessen werden. Die im Zuge der Messungen als kritisch bewerteten Strecken bzw. Teilabschnitte werden für die zeitnahe Reparatur / den Austausch vorgesehen. Instandhaltungsbudgets lassen sich so gezielt einsetzen. Durch die Kenntnis von Schwachstellen im Netz und die zustandsorientierte Instandhaltung gelingt es trotz des gewachsenen Kabelbestands, das Mittelspannungsnetz mit einer geringen Ausfallrate kostenoptimiert zu betreiben.

Der Instandhaltungsplan beim E-Werk Mittelbaden beträgt ca. 4 Mio. EUR, davon sind 2,5 Mio. relevant für das Verteilnetz. Die Kosten für die Kabeldiagnose belaufen sich derzeit auf 90.000 €/Jahr.

Aus den vergleichenden Tests vor Anschaffung der VLF-Ausrüstung weiß Brucker, dass bei seinen Messungen deutliche Unterschiede zwischen VLF 0,1 Hz Sinus und 50-Hz-Messungen auftraten.

In der Praxis ist ein Umstieg jedoch längst nicht mehr relevant, da sich das E-Werk Mittelbaden in die VLF 0,1-Hz-Messungen und ihre Interpretation sehr gut eingearbeitet hat und Messwerte mit hoher Zuverlässigkeit zur Klassifikation der Kabelstrecken heranziehen kann. Auch die Vorhersage, ob eine Kabelstrecke kurz- oder mittelfristig ausfallgefährdet ist, gelingt mit dem Erfahrungsschatz relativ genau, so dass Instandhaltungsmaßnahmen entsprechend priorisiert werden.

Fazit

Die VLF-Sinus-Spannungsquelle eröffnet die Möglichkeit, Kabelprüfungen sowie Diagnosen einer Kabelstrecke mit nur einem Mitarbeiter und mit portablem Equipment durchzuführen. Die ideale, lastunabhängige Sinusform erweist sich als vorteilhaft, wenn es um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse geht und eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewünscht ist. Die zeitsparende Diagnose eröffnet somit folgende Vorteile:

- Gezielter Einsatz der Instandhaltungsbudgets
- Kostenersparnisse durch Eingrenzen fehlerhafter Teilabschnitte
- Geringere Ausfallrate
- Positive Auswirkung auf die Kostenstruktur im Verhältnis zur Netzausfallrate
- Qualität neuer Kabelstrecken (Erkennen von Montagefehlern vor einem eventuellen Ausfall)

Referenzen

[1] The Use of the 0,1 Hz Cable Testing Method as Substitution to 50 Hz Measurement and the Application for PD Measuring and Cable Fault Location; M. Muhr, C. Sumereder, R. Woschitz

[2] Jicable 11 – Investigation of the Technologies for Defect Localization and Characterization on Medium Voltage Underground Lines; G. Maiz (Iberdrola Distribución, Spain)

[3] New Studies on PD Measurements on MV Cable System at 50 Hz and Sinusoidal 0,1 Hz (VLF) Test Voltage; K. Rethmeier, P. Mohaupt, V. Bergmann, W. Kalkner, G. Voigt

[4] Partial Discharge Measurements on Service Aged Medium Voltage Cables at Different Frequencies; G. Voigt, P. Mohaupt

[5] VLF-TE Messungen an betriebsgealterten Mittelspannungskabel (Abschlussbericht); G. Voigt

[6] Grundlagenuntersuchung zum Teilentladungsverhalten in kunststoffisolierten Mittelspannungskabeln bei Prüfspannungen mit variabler Frequenz und Kurvenform, D. Pepper

[7] IEEE 400.2-2013 IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF) (less than 1 Hz)

Diese Mängel deckt die Kabeldiagnose auf

Die **Verlustfaktormessung** ($\tan \delta$) ist ein zerstörungsfreies, integrales Verfahren, dient also dem Bewerten kompletter Kabelstrecken. Sie ist bei kunststoffisolierten Kabeln, Papiermasse-Kabeln sowie bei gemischt bestückten Strecken anwendbar. Eine Verlustfaktormessung setzt sich typischerweise aus mehreren Messzyklen zusammen: Meist werden zwischen 6 und 10 Messungen bei $0,5 \times U_0$, $1,0 \times U_0$, $1,5 \times U_0$ und $2 \times U_0$ durchgeführt. Anschließend lassen sich folgende Informationen ableiten:

- Der Mittelwert des $\tan \delta$ bei den einzelnen Spannungsstufen liefert Hinweise auf Water-Trees, also durch Wasser geschädigte Stellen in der Isolierung von kunststoffisolierten Kabeln. Water-Trees können zu Electrical-Trees werden, an denen Teilentladungen und Durchschläge auftreten. Der Mittelwert bietet zudem Anhaltspunkte zum thermischen oder chemischen Alterungsverhalten der Kabelstrecke.
- Die Standardabweichung des $\tan \delta$ bei den einzelnen Spannungsstufen kann genutzt werden, um Indizien auf Teilentladungen (TE) zu sammeln oder z. B. feuchte Muffen zu erkennen.
- Die Differenz des Mittelwertes bei den verschiedenen Spannungsstufen hilft, Water-Trees, Teilentladungen und Vaporisationseffekte (z.B. an Endverschlüssen) zu erkennen.
- Weiterhin lässt sich mit der Verlustfaktormessung eine unzureichende Isolierung von Papiermassekabeln aufgrund von eingedrungenem Wasser aufspüren.

Die Teilentladungsmessung ist ein zerstörungsfreies Verfahren, bei dem die Messwerte einem bestimmten Ort auf der Kabelstrecke zugeordnet werden können. Anhand der Spannung, bei der die Teilentladungen erstmals auftreten (Einsetzspannung) sowie der gemessenen TE-Pegel bei einer vorgegebenen Prüfspannung lassen sich bspw. folgende Störungen entdecken:

- Nachhaltige Schädigungen des Kabelmantels aufgrund äußerer Einwirkung, etwa im Zuge von Erdarbeiten
- Defekte an neuen und alten Garnituren, bspw. fehlerhaft montierte Muffen oder Garnituren

- Die Isolierwirkung beeinträchtigende Defekte in der Isolierung kunststoffisolierter Kabel wie Electrical-Trees
- Eine unzureichende Papiermasse-Isolierung aufgrund Austrocknung oder Wassereintrich