



TE-Messungen am LS-Transformator mit ICMsystem machen Reparaturen planbar

Seite 4

Alle Seminar-Termine von Megger in diesem Heft...
 ...bestellen Sie gratis das weltweit
 1. Poster: „Die Windkraftanlage vollständig erklärt“ – Seite 14-15

EPrüfer

Magazin für die Energiewirtschaft zur Erhöhung der Versorgungssicherheit

Die RheinEnergie AG präsentiert innovatives Konzept für Kabelmesswagen

Dirk Vetterling
 RheinEnergie AG, Referent Kabelmesstechnik, TNS

Elektrisch, kompakt, wendig, schnell, leicht und vorallem – flexibel sollte unser neuer Hybrid-Kabel-Messwagen von Ford für das Niederspannungsnetze der RheinEnergie AG in Köln sein. Dieses neuartige Konzept wäre perfekt für den emissionsfreien Einsatz in Tiefgaragen aber auch in verwinkelten Altstadtgassen. Und er soll als Back-Up dienen für den Einsatz auch an unseren MS-Netzen. Das war die Überlegung. So fahren wir der Zukunft entgegen.

Seit über 145 Jahren trägt die RheinEnergie AG als regionaler Energieversorger Verantwortung für 2,5 Millionen Menschen, Industrie, Handel und Gewerbe und versorgt sie zuverlässig mit Strom-, Gas-, Wasser- und Wärme rund um Köln. Zudem bieten wir auch anderen Energieversorgern unseren zuverlässigen Service mit einer 24/7-Rufbereitschaft. In unserer Messwagenflotte befinden sich bereits drei dreiphasige Messwagen wie etwa der R30 von Megger. Dieser bietet uns alle gängigen Funktionen zur Fehlerortung auf allen Spannungsebenen. Zum Beispiel einen 50-kV-Stoßgenerator und eine 110 kV-Hochspannungsprüfanlage. Eine großartige Technik, mit der wir sehr zufrieden sind.

Ein Pilot-Projekt mit Ford und der Stadt Köln

Gemeinsam mit der Stadt Köln und Ford haben wir nun ein Pilotprojekt gestartet und testen den ersten Kabelmesswagen mit Hybrid-Antrieb in Deutschland. Dieser besondere Kabelmesswagen ist zwar primär auf unsere Niederspannungsnetze zugeschnitten, soll aber auch als Ergänzung für unsere großen Messwagen dienen und sogar Ortungsfunktionen an Hoch- und Mittelspannungsnetzen übernehmen können. Dabei soll er wendig und flexibel auf minimalem Raum ein Maximum an Messtechnik enthalten sowie zumindest teilweise elektrisch betrieben sein. Das Ergebnis hat uns überzeugt. *Weiter nächste Seite*



Bild 1: Kabelmesswagen Megger R30 und Ford Transit Hybrid

„**Eine großartige Technik, mit der wir sehr zufrieden sind**“

Dirk Vetterling



Fortsetzung von Seite 1

Es gibt Situationen, da müssen wir zum Beispiel in Tiefgaragen einfahren, um an die Anschlusspunkte der Versorgungsnetze heranzukommen. Dafür benötigen wir ein kompaktes Fahrzeug, das wie ein PKW emissionsfrei einfahren kann und uns gleichzeitig jede Optionen offen hält. Der hybrid angetriebene FORD Transit ist dafür wie geschaffen.

Unser Beitrag für eine saubere Luft

Zudem gibt es auch Einsätze in verwinkelten Altstadtgassen. Auch dort wollen wir unseren Beitrag für eine saubere Stadtluft leisten. Und wir haben in unserem Gebiet einige Rheinbrücken, die man nur mit Fahrzeugen bis 3,5 t befahren darf. Das Gesamtgewicht des Einsatzfahrzeugs ist also ein gewichtiger Faktor. Und nicht zuletzt wollen wir als Verantwortliche für den Aufbau einer Lade-Infrastruktur mit gutem Beispiel voran und auch selbst elektrisch fahren.

Die komplette Messtechnik ist flexibel installiert

Ebenfalls neu ist aber die Tatsache, dass die sehr umfangreiche Messtechnik flexibel befestigt in das Fahrzeug integriert und daher leicht aus dem Messwagen entfernbar ist. Dieses neue Konzept bietet uns ein breites Einsatzspektrum: So können wir beispielsweise Messgeräte etwa zur Fehlersuche schnell an einem zweiten Einsatzort einsetzen, wenn diese am ersten Einsatzort nicht notwendig sind. Oder sollte das Fahrzeug einmal aus anderen Gründen nicht einsatzfähig sein, können wir unsere freien Montagewagen damit bestücken. Mit dieser Flexibilität reduzieren wir Störzeiten der öffentlichen Stromversorgung in unserem Gebiet und erhöhen so unsere Versorgungssicherheit.

Die Ausrüstung des Hybrid-Kabelmesswagens

Eine intelligente Sicherung beschleunigt unsere Fehlersuche

Zur Fehlersuche im Niederspannungsnetz ist unser Hybrid-Kabelmesswagen mit einem Satz intelligenter Sicherungen vom Typ SmartFuse250 für die dreiphasige Fehlersuche ausgerüstet (Bild 3 oben).

Impedanzmessgerät checkt zuverlässig unsere Niederspannungsnetze

Das Impedanzmessgerät NIM1000 erzeugt einen Spitzenlaststrom bis zu 1.000 A für Messungen mit einer Auflösung von 1 mΩ, um etwa die Qualität aller Kontaktverbindungen in unseren Niederspannungsnetzen auf Herz und Nieren zu prüfen (Bild 3, unten).



Bild 2: Der Aufbau einer Ladeinfrastruktur für die E-Mobilität gehört zur Aufgabe von RheinEnergie



Bild 3: Die flexibel installierte Messtechnik im Ford



Bild 4: Das Konzept „groß und klein“ bietet uns maximale Flexibilität auf allen Spannungsebenen



Bild 4: Trotz der kompakten Abmessungen bietet uns der Ford einen sehr komfortablen Arbeitsplatz

Reflektometer

Das Teleflex SX-1 ist ein tragbares 2-Kanal-Zeitbereichsreflektometer (TDR) zur genauen und sicheren Vorortung von Fehlern in Energiekabeln. Das beschleunigt unsere Fehlersuche enorm. (Bild 4, oben)

Stoßwellengenerator

Stoßgeneratoren sind bei uns neben dem Reflektometer zentraler Bestandteil jeder Kabelfehlerortung. Das SFX 8-1000 ist ein portables, universelles System zur Prüfung, Fehlerklassifizierung, Fehlerwandlung, Vorortung und Nachortung von Kabelfehlern in unseren Niederspannungsnetzen. Es nutzt den niederfrequenten Teil der Strom-Impulssignale bei einem Überschlag am Fehler. Zur Bestimmung der Entfernung zum Fehler auch an Mittelspannungskabeln wird es mit dem Teleflex SX gekoppelt. (Bild 4, unten)

DC-Isolationsprüfung bis 5 kV

Das handliche Isolationswiderstandsmessgerät MIT515 mit einer DC-Prüfung bis 5 kV. Das benötigen wir bei unseren standardmäßigen Isolationsprüfaufgaben an unseren Nieder-, oder Mittelspannungskabeln. Zunächst muss mit einem DC-Prüfstrom die Fehlerart „niederohmig“ oder „hochohmig“ bestimmt werden, um dann entweder ein Zeitbereichsreflektometer TDR oder einen Stoßspannungsgenerator einzusetzen.

Bodenschallmikrofon

Das Bodenschallmikrofon digiPHONE+ dient uns zur akustischen und elektromagnetischen Nachortung. Der Stoßwellengenerator erzeugt an einer hochohmigen Fehlstelle elektrische Überschläge und damit akustische Signale, die durch das digiPHONE+ hör- und lokalisierbar gemacht wird. Das erlaubt uns eine schnellen akustische Nachortung des Fehlers. (Bild 4, 5 unten)

Kabelfehlernachortung mit FaultSniffer

Wenn eine konventionelle Fehlerortung mit Bodenschall nicht möglich ist, bietet sich uns mit dem FaultSniffer eine Alternative, da an unterirdischen Fehlstellen Verbrennungsgase entstehen, die oberirdisch mit dem Fault Sniffer sehr zuverlässig aufgespürt werden können. So ermitteln wir schnell den Ort der Fehlstelle und graben an der richtigen Stelle.

In naher Zukunft wollen wir dieses Konzept auch noch mit einer mobilen Diagnoseeinheit für die Teilentladungs- und tanDelta-Diagnose aufrüsten. Damit gewinnen wir zuverlässige Aussagen über die Qualität und Lebensdauer unserer Netzinfrastruktur und wollen diesen besonderen Service auch anderen Energieversorgern zur Verfügung stellen. ■



Bild 5: Der R30 von Megger bietet einen 50 kV Stoßgenerator und eine 110 kV-Hochspannungsprüfanlage



Bild 6: Der R30 verfügt über alle Ortungsfunktionen auf allen Spannungsebenen

TE-Messungen am LS-Transformator mit ICMsystem machen Reparaturen planbar

Daniel Hering – Product Manager Power Diagnostix ICMsystem, Megger

Die Teilentladungsmessung (TE-Messung) ist bei Herstellern von Verteil- und Leistungstransformatoren seit Jahren eine etablierte Methode zur Analyse des Zustands des Isolationssystems. Sie ist Teil von routinemäßigen Wartungsmessungen und ein verpflichtender Teil der Werksabnahmeprüfung. Zudem bringen Rückversicherungen TE-Messungen als Nachweispflicht in ihre Vertragsklauseln mit ein. Kontinuierlich weiterentwickelt wird diese Technologie seit den 80iger Jahren von der deutschen Firma Power Diagnostix aus Aachen, die seit 2019 zur Megger-Gruppe gehört.



Bild 1: Das ICMsystem ist ein universelles Ortungs- und Analysegerät für Service- und Abnahmeprüfungen zum Aufspüren von Teilentladungen an Leistungstransformatoren und an weiteren Komponenten der Netzinfrastruktur.

Der innere Aufbau von großen Verteil- und Leistungstransformatoren (LS) ist komplex und dem Zugriff von außen fast vollständig verschlossen. Kern, Wicklungen, Isolierungen und alle weiteren Komponenten wie etwa der Laststufenschalter sind nach Fertigstellung für Inspektionen und Reparaturen kaum noch zugänglich. Jeder Versuch, einen fehlerhaften Transformator zu öffnen und zu reparieren ist zeitaufwendig und kostspielig. Meist wird die TE-Diagnose bei Abnahme-Prüfungen eingesetzt. Ihr kommt aber immer mehr Bedeutung auch bei der systematischen und regelmäßigen Wartung von LS-Transformatoren zu, da Art, Risiko und Ort von TE sehr genau bestimmt werden können.

Die Analyse gelöster Gase bei der Wartung

Eine Wartung am Transformator beginnt in der Regel mit einer systematischen Analyse des Isolieröls mit einem Gaschromatographen - englisch: dissolved gas analysis (DGA). Mittlerweile liegt ein umfangreicher Erfahrungsschatz vor, die im Transformator-Öl gelö-

ten Gase mit Fehlern wie Überhitzung, Papieralterung und Lichtbogenbildung mit dem Auftreten von TE-Aktivitäten in Beziehung zu setzen. Diese einleitende Gasanalyse des Isolieröls konzentriert sich vornehmlich auf Kohlenwasserstoffe und Kohlenoxide wie H₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆, CO und CO₂. Sie gibt einleitend wichtige Hinweise über das grundsätzliche Vorhandensein von TE – und auch schon Auskunft über die Gefährlichkeit der TE-Aktivität. Jedoch hat man bis hierhin noch kaum brauchbare Informationen über deren tatsächliche Lage im Inneren des Transformators. Hierzu sind nun Schritte zur Vor- und Nachortung erforderlich.

Vorortung von TE-Aktivitäten im Transformator

Im Rahmen der Werksabnahmeprüfung werden für die TE-Messung die vorhandenen Testabgriffe der Hochspannungsdurchführungen des Leistungstransformators dazu benutzt, um die hochfrequenten Teilentladungssignale mittels Messimpedanzen auszukoppeln und zum Messsystem zu übertragen.

Das von Power Diagnostix entwickelte Prinzip der Impedanzwandlung zusammen mit einer frühen Signalverstärkung ermöglicht hierbei die Auslegung der Messimpedanzen auf eine hohe Eingangsimpedanz von 10 kOhm. Verglichen mit anderen, typischerweise auf 50 Ohm Eingangsimpedanz ausgelegten Messsystemen bietet dieser Ansatz eine deutlich reduzierte Störanfälligkeit, so dass kostenintensive optische Übertragungswege zur Störoptimierung schon im Ansatz unnötig gemacht werden.

Cross Coupling Calibration Matrix										
	1U	1V	1W	1N	2U	2V	2W	2N	-	-
1U	498 pC	47.3 pC	20.5 pC	34.6 pC	32.2 pC	17.6 pC	16.0 pC	47.1 pC	N/A	N/A
1V	66.7 pC	491 pC	42.8 pC	53.6 pC	17.5 pC	34.1 pC	17.8 pC	47.9 pC	N/A	N/A
1W	23.3 pC	51.1 pC	490 pC	49.9 pC	15.7 pC	15.4 pC	28.1 pC	39.1 pC	N/A	N/A
1N	115 pC	120 pC	124 pC	500 pC	150 pC	175 pC	185 pC	94.6 pC	N/A	N/A
2U	19.5 pC	12.0 pC	9.46 pC	36.7 pC	501 pC	91.2 pC	11.1 pC	15.1 pC	N/A	N/A
2V	11.2 pC	21.7 pC	10.6 pC	41.2 pC	15.2 pC	499 pC	11.0 pC	15.5 pC	N/A	N/A
2W	9.79 pC	11.3 pC	17.6 pC	41.3 pC	10.5 pC	26.4 pC	500 pC	16.9 pC	N/A	N/A
2N	247 pC	247 pC	218 pC	207 pC	199 pC	169 pC	153 pC	487 pC	N/A	N/A
-	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Date	04-15-13	04-15-13	04-15-13	04-15-13	04-15-13	04-15-13	04-15-13	04-15-13		
Time	11:16:19	11:20:38	11:21:19	11:17:05	11:33:24	11:35:43	11:41:55	11:28:34		
Cal Channel	No 6	Cal. Charge	500 0	Pre Gain	10	Main Gain	10	Charge	9.00 pC	Table
										Absolute
Clear	Copy	Print	Linearity Test	CAL pC	CAL nC					Close

Bild 2: Cross-Couplingmatrix während der Kalibrierung

ICMsystem bietet zehn Messkanäle

Jedem Messabgriff am Leistungstransformator wird am Messgerät ein Kanal zugeordnet. Das ICMsystem bietet hierfür bis zu zehn Messkanäle, so dass man Primär-, Sekundär- und Tertiärseite und, sofern vorhanden, Sternpunkt gleichzeitig messen kann. Nach Installation der gesamten Messkette muss man den Messaufbau zunächst kalibrieren. Hierzu wird für jede gemessene Phase ein künstlicher Ladungsimpuls mit bekannter Ladung in PicoCoulomb (pC) eingespeist und das System kalibriert.

Während des Kalibriervorgangs erstellt die ICMsystem Software automatisch die Cross-Coupling-Matrix (Bild 2), die Auskunft über das Überkoppeln hochfrequenter Signale zwischen den einzelnen Messpunkten gibt. Der Vergleich zwischen dem Übersprechen während der Kalibrierung mit dem Übersprechen der realen Teilentladung gibt einen ersten Hinweis auf die Position der TE im Transformator.

Nachortung der Aktivitäten im Transformator

Für die genaue Ortung von TE-Signalen können weitere Maßnahmen ergriffen werden. Hierfür bietet ICMsystem dem Anwender mehrere Möglichkeiten:

Variation der Anregungsmodi

Die TE-Einsatzspannung und die Phasenlage einer internen TE-Aktivität hängen vom Modus der Erregerspannung ab. Das Variieren dieses Erregungsmodus liefert wertvolle In-formationen über die Position des Fehlers im Transformator. Bei der dreiphasigen induzierten Spannungsprüfung werden alle drei Phasen des Transformators mit Hochspannung mit 120 Grad Phasenversatz versorgt.

Dieser Versatz führt zwischen den Phasen zu weiteren Phasenverschiebungen um das Vielfache von 30°. Die Änderung der Phasenposition des Phasen aufgelösten TE-Muster (phase-resolved PD pattern – PRPD) zwischen einphasig und dreiphasig induzierter Spannung gibt daher wertvolle Information über das

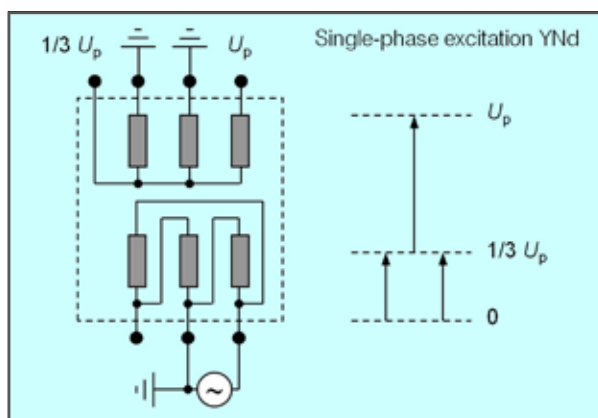


Bild 3: Einphasige Anregung am YNd-Transformator

lokale elektrische Feld der Fehlerstelle – und somit der Position ebendieser im Transformator. Ändert sich die Phasenposition zwischen 1- und 3-phasiger Messung nicht, ist der beobachtete Fehler im Phase-Erde-Isolationssystem, ändert sich dagegen die Phasenposition, ist die Isolation zwischen zwei Phasen fehlerhaft.

Sofern der zu prüfende Transformator diesen Betriebsmodus ermöglicht, bietet die einphasige Erregung mit nicht geerdetem Sternpunkt weitere Diagnosemöglichkeiten. Im Vergleich zur regulären, einphasig induzierten Spannungsmessung reduziert sich der Spannungsabfall innerhalb der erregten Wicklung um 1/3 bei Erregung mit nicht geerdetem Sternpunkt. Der Vergleich der TE-Einsatzspannungen zwischen einphasiger Erregung mit geerdetem Sternpunkt und einphasiger Erregung ohne geerdeten Sternpunkt gibt dem Anwender einige wertvolle Informationen über die genaue Position der TE-Fehlerstelle innerhalb der fraglichen Wicklung.

Fortschrittliche Ortungsmethoden ermöglichen punktgenaue Ortung

Die bis hier genannten Analyse-Methoden bieten bereits ohne tiefgehende Kenntnisse der physikalischen Hintergründe zur Entstehung von Teilentladung wertvolle Informationen über die Position der Fehlerstelle innerhalb des Transformators. Mittels der folgenden fortschrittlichen Analyse-Methoden kann man darüber hinaus die Fehlerstelle bis auf wenige Zentimeter genau lokalisieren.

Teilentladungsmuster-Analyse

Die Erscheinung des phasenaufgelösten Teilentladungsmusters wird auch durch die physikalischen Eigenschaften des umgebenden Isolationsmediums und der Position im Isolationsmedium bestimmt. Dabei gibt es einige typische TE-Muster, die häufig an Leistungstransformatoren vorkommen. Indirekt trägt also auch die TE-Musteranalyse zur Lokalisierung der TE bei. Zum Beispiel haben Ablösungen innerhalb von Papierschichten ein sehr eindeutiges TE-Muster. So kann man infrage kommende Bereiche innerhalb des Transformators stark eingrenzen.

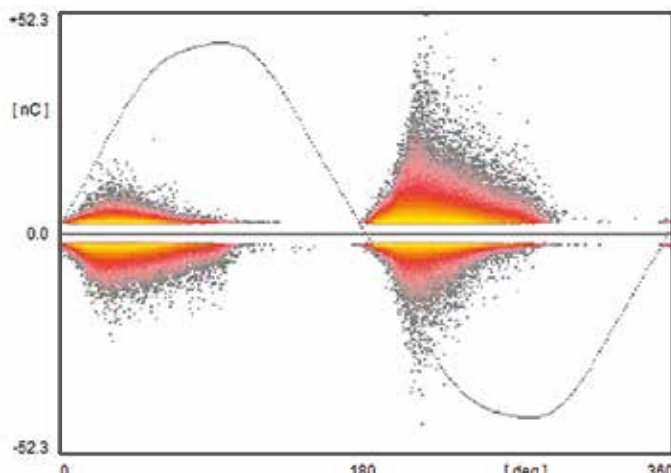


Bild 4: TE-Muster einer Papierablösung

Zeitbereichsmessung

Bei Teilentladungssignalen handelt es sich um hochfrequente Impulse mit Anstiegszeiten im Bereich von 1 ns (unter Stickstoff), was zu Frequenzanteilen bis 400 MHz führt. Leistungstransformatoren sind jedoch wie alle Hochspannungsbetriebsmittel zur Übertragung von großen Strömen und Spannungen bei Frequenzen von 50 bis 60 Hz entwickelt worden. Auf dem Weg durch den zu prüfenden Trafo unterliegen die hochfrequenten TE-Signale unweigerlich Reflektions- und Oszillationseffekten, die durch

Impedanzänderungen, Dämpfungs- und Dispersionsseffekten entstehen. Aus dem Vergleich zwischen abgestrahlten und eingeleiteten Signalen mittels des im ICMsystem eingebauten mehrkanaligen Oszilloskops können daher, über die bisher genannten Methoden hinaus, weitere wichtige Information über die Position der TE-Aktivität im Transformator gezogen werden.

Frequenzbereichsmessung

Ein Spektrum-Analysator nimmt ein analoges Eingangssignal und tastet den Frequenzbereich des angelegten Eingangssignals in festgelegten Schritten ab. Das Ergebnis dieser Abtastung ist ein Frequenzspektrum, das Auskunft über die Frequenzanteile des angelegten Signals gibt. Die Zusammensetzung des Frequenzspektrums eines Teilentladungssignals lässt Rückschlüsse über den Weg zu, den das Signal zurückgelegt hat. Ein Beispiel für eine solche Fre-

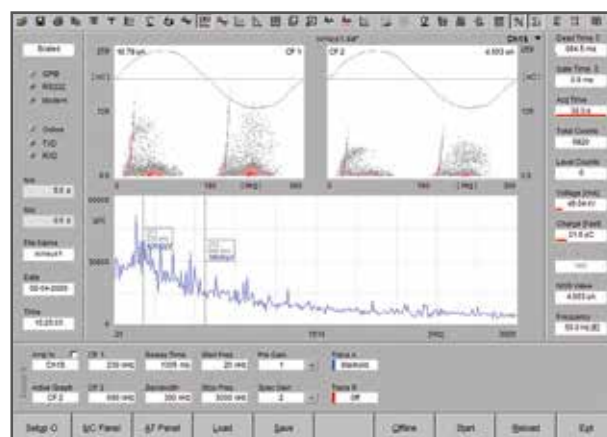


Bild 5: Frequenzspektrum akustische Fehlerortung von TE-Aktivitäten.

quenzbereichsmessung im Bereich von 100 kHz bis 10 MHz sieht man in Bild 5. Hier zeigt sich beispielsweise das Fehlen einer Hochfrequenzkomponente. Das Signal musste demzufolge eine längere Strecke innerhalb des Transformators zurücklegen, bevor es vom Sensor am Durchführungsabgriff erfasst wurde. Ein relativ gleichmäßig verteiltes Amplitudenspektrum zeigt einen Ort an, der vergleichbar nahe am Durchführungsabgriff oder am verwendeten Messpunkt liegt. Daneben muss auch die komplexe Impedanz der Durchführung selbst berücksichtigt werden. Der Einspeiseimpuls an derselben Durchführung wird nun mit jenem Impuls verglichen, der während der Kalibrierung vor dem Einschalten des Transformators aufgenommen wurde. Die Abweichung gibt jetzt Aufschluss über die Lage der TE-Aktivität.

Akustische Fehlerortung von TE-Aktivitäten

TE-Aktivitäten verursachen auch Schallwellen und damit eine akustische wahrnehmbare Emission. Piezoelektrische Sensoren am Transformatortank können diese Signale messen, so dass sie für die Nachortung nutzbar sind. Mit dem internen Mehrkanaloszilloskops kann man das ICMsystem durch einfachen Wechsel der Vorverstärker zur akustischen Fehlerortung einsetzen. Es braucht dazu weiter keine kostenintensiven Messgeräte.

Bisher waren viele Akustiksensoren notwendig

Verglichen mit elektrischen Signalen sind akustische Signale vergleichsweise langsam und die Geschwindigkeit ist abhängig vom Material. In Öl besitzt ein akustisches Signal eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von ca. 1.400 m/s (temperaturabhängig) während die Ausbreitungsgeschwindigkeit in Stahl über 5.000 m/s beträgt.

Mittels mehrerer Akustiksensoren kann man nun durch eine Analyse der Laufzeitunterschiede der akustischen Signale die Fehlerstelle innerhalb des Transformators bis auf wenige Zentimeter eingrenzen. Das größte Problem bei der akustischen Fehlerortung ist die präzise Bestimmung des Ursprungszeitpunkts des Teilentladungsimpulses. Um diesen zu ermitteln, wurden bei rein akustischer Ortung bisher sehr viele Sensoren benötigt.

ICMsystem benötigt nur drei Akustiksensoren

Das ICMsystem umgeht dieses Problem elegant durch die Nutzung des elektrisch ausgekoppelten TE-Signals. Dieses bietet einen präzisen Referenzzeitpunkt, so dass drei Akustiksensoren ausreichen, um die Ursprungsposition der durch die Teilentladung entstandenen Schallwellen noch während der Messung zu bestimmen und ein sofortiges Ergebnis zu liefern. Aufgrund der wenigen Sensoren führt ICMsystem die akustische Ortung im TE-Fehlerfall mit kleinem Aufwand vergleichsweise schnell durch. Das führt zu erheblichen Zeit- und Kostenvorteilen für den Anwender.

Insgesamt kann man also festhalten, dass sich eine TE-verursachende Schwachstelle innerhalb des Isolationssystems eines Transformators mit dem ICMsystem so genau eingrenzen lässt, dass eine punktgenaue Reparatur des schadhafte Bereichs ermöglicht wird. Dadurch machen TE-Messung Reparaturen am Transformator planbar und kann so viel Zeit und viele Kosten für Netzbetreiber einsparen.

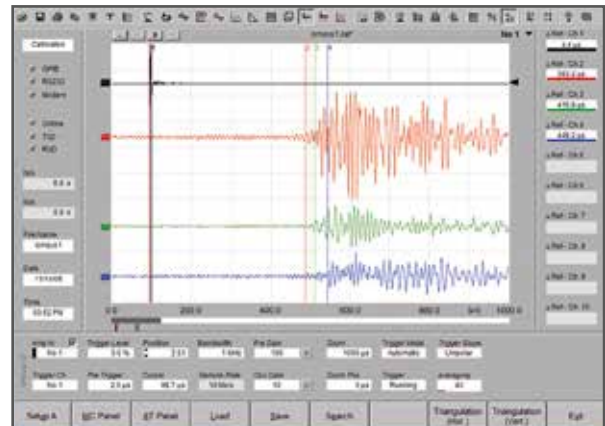


Bild 6: Laufzeitunterschiede zwischen elektrischem und akustischem Signal.

TE-Messungen im Feld

Grundsätzlich sind die meisten der beschriebenen Techniken auch im Feld vor Ort durchführbar. Es sind jedoch die besonderen Gegebenheiten einer Vor-Ort-Messung zu berücksichtigen. Während man Fabrik-Abnahmeprüfungen in speziell geschirmten Hochspannungslaboren durchführt, verhindern erhöhte Grundstörspegel empfindliche Messungen im Messbereich unter 1 MHz. Der optional eingebaute Spektrum-Analysator bietet daher nicht nur die Möglichkeit das Frequenzspektrum des gemessenen Signals zu untersuchen, sondern auch die Möglichkeit TE-Messungen mit variabler Mittenfrequenz in 9 und 300 kHz Bandbreite durchzuführen.

ICMsystem eignet sich sowohl zur Wartung als auch zu Werksabnahmeprüfungen von Leistungstransformatoren. Die Kombination traditioneller Methoden mit moderner TE-Messtechnik bietet sowohl Herstellern als auch Betreibern von großen Leistungstransformatoren eine sehr genaue Option, zuverlässige Erkenntnisse über den aktuellen Zustand des Leistungstransformators zu gewinnen. ■

Kostenlose Webinare

Registrieren Sie sich jetzt für unsere kostenlosen Webinare zu dieser hocheffizienten Prüfmethode, mit der Netzbetreiber enorm viel Kosten einsparen können auf unsere Web-Site unter:

Der Megger Außendienst hilft

Mit wem möchten Sie reden? Für jede Ihrer Fragen zu Kabelmess-, Schaltanlagen- oder Niederspannungsprüftechnik finden Sie bei Megger den passenden Ansprechpartner in Ihrer Region. Die Zuständigkeit erkennen Sie leicht am Schwerpunktthema und am PLZ-Gebiet, bzw. der Region.

Das ist richtig smart! Mit nur einem Scan sind wir in Ihren Kontaktadressen immer mit dabei.



Christoph Gramsch,

Gebietsverkaufsleiter
Kabelmesstechnik

Dr.-Herbert-lann Str. 6
96148 Baunach
Ihr PLZ-Gebiet: 01000 - 19999, 36400 - 36999,
38800-39999, 96500-96599, 98000-99999
M: +49 (0) 172 8 69 28 01
F: +49 (0) 9544 2273
christoph.gramsch@megger.com



Hannes Albrecht TML

Gebietsverkaufsleiter
Schaltanlagenprüftechnik

Mommsenstr. 2
04329 Leipzig
Ihr PLZ-Gebiet: 01000 - 9999, 36400 - 36999, 38800 -
39999, 96500 - 96599, 98000 - 99999
M: +49 (0) 178 8 599 968
F: +49 (0) 0341 25244919
halbrecht@tml-gmbh.de



Andreas Porsche

Gebietsverkaufsleiter
Kabelmesstechnik

Dr.-Herbert-lann Str. 6
96148 Baunach
Ihr PLZ-Gebiet: 20000 - 36399, 37000 - 38799
M: +49 (0) 151 10 10 86 57
F: +49 (0) 9544 22 73
andreas.porsche@megger.com



Jörg Faut

Gebietsverkaufsleiter
Schaltanlagenprüftechnik

Obere Zeil 2
61440 Oberursel
Ihr PLZ-Gebiet: 20000 - 36399, 37000 - 38799
M: +49 (0) 151 41 880 123
F: +49 (0) 421 70 893 348
joerg.faut@megger.com



Reimund von Gradowski

Gebietsverkaufsleiter
Kabelmesstechnik

Blumenstraße 27
41515 Grevenbroich
Ihr PLZ-Gebiet: 40000 - 58730, 58790 - 59999
M: +49 (0) 172 83 304 73
F: +49 (0) 9544 22 73
reimund.vongradowski@megger.com



Reinhard Gesing

Gebietsverkaufsleiter
Schaltanlagenprüftechnik

Obere Zeil 2
61440 Oberursel
Ihr PLZ-Gebiet: 40000 - 58730, 58790 - 59999
M: +49 (0) 175 260 52 73
F: +49 (0) 2561 86 67 92
reinhard.gesing@megger.com





Friedrich Enkert
Vertriebsleiter Kabel
Nord und West Europa
Kabelmesstechnik

Dr.-Herbert-lann-Str. 6
96148 Baunach
M: +49 (0) 9544 68-7141
F: +49 (0) 9544 2273
friedrich.enkert@megger.com



Peter Wienhold
Vertriebsleiter
Schaltanlagenprüftechnik
Herstellerbetreuung

Obere Zeil 2
61440 Oberursel
Ihr PLZ-Gebiet: 60000 - 79999, 80000 -
87999, 90000 - 96499, 96600 - 97999
T: +49 (0) 6171 929 87 13
F: +49 (0) 6171 929 87 19
peter.wienhold@megger.com



Markus Kossmann
Gebietsverkaufsleiter
Kabelmesstechnik

Dr.-Herbert-lann Str. 6
96148 Baunach
Ihr PLZ-Gebiet: 60000 - 79999, 88000 - 89999
M: +49 (0) 160 90 92 44 88
F: +49 (0) 9544 22 73
markus.kossmann@megger.com



Josef Hollweck
Gebietsverkaufsleiter
Kabelmesstechnik

Dr.-Herbert-lann Str. 6
96148 Baunach
Ihr PLZ-Gebiet: 80000 - 87999, 90000 - 96499,
96600 - 97999
M: +49 (0) 175 2 62 01 49
F: +49 (0) 85 35 91 10 46
josef.hollweck@megger.com



Damir Jasic
Gebietsverkaufsleiter
Schaltanlagenprüftechnik

Obere Zeil 2
61440 Oberursel
Ihr PLZ-Gebiet: 40000 - 58730, 58790 - 59999
M: +49 (0) 175 260 52 73
F: +49 (0) 2561 86 67 92
damir.jasic@megger.com



Timo Schappacher
Produkt Support Manager
Niederspannung

Obere Zeil 2
61440 Oberursel
Deutschland, Österreich, Schweiz
T: +49 (0) 7644 92 92 581
M: +49 (0) 170 56 55 392
timo.schappacher@megger.com



Robert Gruber
Vertriebsleitung
Österreich

Schubertgasse 11a
2231 Strasshof an der Nordbahn
M: +43 (0) 664 12 56 170
F: +43 (0) 2287 40 52 189
robert.gruber@megger.com



Irgendwann trifft jeden der Schlag

Und dann kommt es entscheidend auf einen intakten Blitzschutz in der Windenergieanlage an

Timo Schappacher
Produkt Support Manager Niederspannung

Blitzeinschläge sind mit weitem Abstand die größte Gefahr für Windenergieanlagen (WEA). Das wurde von mehreren Studien eindeutig belegt. WEA der Multimegawattklasse müssen im Schnitt 10 Blitzeinschläge pro Jahr verkraften. Ca. 80 Prozent aller Stillstandzeiten werden durch Blitze verursacht und in etwa ebenso viele Versicherungsansprüche. Die Prüfung des Blitzschutzes in WEA lohnt sich also.



Blitzeinschläge sind mit weitem Abstand die größte Gefahr für Windenergieanlagen an Land und auf See

Und das trotz hochentwickelter Blitzableiter? Ja! Mangelhafte oder fehlerhafte Wartung der Blitzschutzsysteme sind die Gründe. Wer hier spart, spart an der falschen Stelle. Ein optimaler und systematisch ausgeführter Blitzschutz an WEA ist vielleicht der wichtigste Beitrag, um Schadensfälle zu reduzieren und Investitionen der Betreiber in WEA auf dem schnellsten Weg und sicher rentabel zu

machen. Für die Zahl der Blitzeinschläge gibt es viele Einflussfaktoren: Off- oder On-Shore, die Lage auf einer Anhöhe und auch die Höhe des Turms selbst sind ausschlaggebend. Je höher der Turm liegt, desto mehr Einschläge muss er verkraften. Angesichts der weiter steigenden Turmhöhen muss man also auch mit mehr Blitzeinschlägen rechnen. Außerdem zeigen Analysen, dass sogar die rotierenden Bewe-

gungen der Rotorblätter Blitzschläge anziehen und eine WEA generell anfälliger macht als andere hohe Objekte. Zudem gibt es auch Erde-Wolke-Blitze, sogenannte Aufwärtzblitze. Diese haben eine viel höhere Ladung als Wolke-Erde-Blitze. Das wirkt sich insbesondere bei der Auslegung von Schutzmaßnahmen an den Rotorblättern und Blitzstrom-Ableitern aus.

Die Normengebung

Diese Richtlinien für die Zertifizierung von Windenergieanlagen sind die wichtigen Grundlagen für die Gestaltung effizienter Schutzmaßnahmen: DIN EN 61400-24 (VDE 0127-24) - IEC 61400-24, DIN EN 62305 und die Richtlinien des Germanischen Lloyd (z. B. GL 2010 IV - Teil 1):

Die Schutzmaßnahmen

Alle Teilkomponenten des Blitzschutzsystems einer WEA sollten nach Gefährdungspegel LPL 1 (Lightning Protection Level) nach DIN EN 61400-24 und GL 2010 geschützt sein. Es bestehen allerdings Ausnahmen, wenn durch eine Risikobewertung nachgewiesen werden kann, dass auch ein weniger strenger LPL ausreicht. Die Risikobewertung kann übrigens auch zu dem Ergebnis kommen, dass unterschiedliche Teilkomponenten an einer WEA unterschiedliche Gefährdungspegel aufweisen. Daraus folgt: Es gibt keine Standard-Konzepte. Die vielen Einflussfaktoren erfordern für jede einzelne WEA eine sehr individuelle Konzeption. Als Grundlage für ein komplettes Blitzschutzsystem dient die DIN EN 61400-24.

Die Blitzschutzzonen

Ein vollständiges Blitzschutz-Konzept einer WEA besteht aus einem äußeren Blitzschutzsystem (LPS) und einem inneren Schutz vor Überspannung SPM (Surge Protection Measure). Letztere schützt alle elektrischen und elektronischen Anlagen, die sich im Inneren der WEA befinden. Daher ist für die Planung der Schutzmaßnahmen sinnvoll, die WEA in sogenannte Blitzschutzzonen (LPZ - Lightning Protection Zone) einzuteilen.

Der Blitzschutz an WEA unterteilt sich also in zwei Systeme, die es so nur in WEA gibt: Zum einen das System für die Rotorblätter und zum anderen das System für den mechanischen Antriebsstrang. Die Norm DIN EN 61400-24 räumt diesen beiden Schutz-zonen zum Nachweis der Schutzwirkung einen breiten Raum ein. Sie empfiehlt Hochstromtests mit einem initialen Blitzstoßstrom und einem Langzeitstrom – also in seinem Wesen nach wie ein singulärer Blitzeinschlag – in einer einzigen Entladung. Damit kann die Schutzwirkung bzw. der Blitzstromfestigkeit am besten nachgewiesen werden.

Der Schutz der Rotorblättern sowie aller drehbar gelagerten Anlagenkomponenten ist relativ komplex und erfordert genaue Untersuchungen. Außerdem sind sie je nach Hersteller typspezifisch. DIN EN 61400-24 liefert jedoch wertvolle Informationen dazu. Im Folgenden wird aufgezeigt, wie man elektrische und elektronische Systeme in WEA vor Blitzschlag und Überspannung fachgerecht schützt.



DLRO10HDX mit KC- Messleitung: Max. 100 Meter sind ideal. Noch längere Kabel machen die Trommel zu schwer.

Weiterlesen auf der nächsten Seite

Die Maßnahmen zum Schutz vor Blitzschlag und Überspannung

Im Inneren des Maschinenhauses ist das elektromagnetische Feld im Vergleich zu draußen viel schwächer. Denn im Grunde handelt es sich bei dem Maschinenhaus um einen faradayschen Käfig, der die elektromagnetische Strahlung von außen vollständig abschirmt. Das ist unabdingbar für die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).

Dasselbe gilt für den Turm, sofern er überwiegend aus Metall besteht. Daher wird auch der Turm zur Abschirmung vor Elektromagnetismus eingesetzt. Bei Beton-Hybrid-Türmen wird diese wichtige Funktion mit einer Stahlgeflecht im Inneren und einer intelligenten Kontaktierung der einzelnen Metall-Komponenten bis zum Erdungssystem sichergestellt.

Steuer- und Schaltschränke im Maschinenhaus und im Turm müssen ebenfalls aus Metall gefertigt sein. Außerdem müssen sämtliche Leitungen und Kabel mit einer Schirmung ausgestattet sein, um den Blitzstrom sicher zur Erde abzuleiten. Geschirmte Leitungen sind nur dann gegen EMV-Einkopplungen wirksam, wenn sie beidseitig mit einem Potentialausgleich verbunden sind. Es ist daher unerlässlich, dass sämtliche Anschlussklemmen umlaufend 360 Grad Kontakt haben.

Maßnahmen zum Inneren Blitzschutz:

- Metallgeflecht am Maschinenhaus mit einer GFK- Beschichtung
- Turm aus Metall oder Beton-Hybrid Stahlgeflecht
- Schaltschränke aus Metall
- Steuerschränke aus Metall
- Geschirmte Verbindungsleitungen bzw. Kabelkanäle oder Rohre
- Volle Schirmung aller Leitungen und Kabel

Der äußerer Blitzschutz

Der äußere Blitzschutz muss den Blitzstrom vom Einschlagpunkt zur Erde ableiten. Ferner muss er den Blitzstrom ohne thermische oder mechanische Schäden oder gefährliche Funken so in der Erde verteilen, dass Schäden an Personen, Tiere oder Sachen ausgeschlossen sind.

Das Blitzkugelverfahren

Mit dem Blitzkugelverfahren (Bild 3) bestimmt man potentielle Einschlagstellen in einer WEA. Zur Bestimmung der Einschlagstellen wird eine gedachte „Blitzkugel“ mit einem Radius von 20 m an die WEA angelegt. Dort wo die Kugel die WEA berührt, ist ein potenzieller Einschlagpunkt für den Blitz. Überall dort ist ein Blitzableiter notwendig. Das Maschinen-

haus muss so in das Blitzschutzkonzept integriert sein, dass Einschläge bis 200 kA entweder auf Metall oder auf einen Blitzableiter treffen. Maschinenhäuser mit GFK-Beschichtung sollten wie erwähnt entweder mit einem stabilen Metallgeflecht konstruiert sein, um einen faradayschen Käfig zu bilden bzw. mit einem Blitzableiter versehen sein, um den gewünschten Gefährdungspegel zu entsprechen. Alle Leitungen im Maschinenhaus müssen einem Blitzschlag gemäß ihrem Anteil des Blitzstromes standhalten können.

Blitzeinschläge bis 200 kA sind zu erwarten:

- Am Turm
- An allen drei Rotorblättern
- Am Maschinenhaus mit Aufbauten
- An der Rotornabe

Daher müssen überall dort an der Außenseite Blitzableiter angebracht sein, den Richtlinien nach IEC 62305-3 entsprechen und mit dem faradayschen Käfig ausreichend niederohmig verbunden sein. Zudem müssen auch alle metallenen Lager, Maschinenrahmen und Metallträger von Hybridtürmen in das Blitzschutzkonzept LPS und alles weitere aus leitenden Werkstoffen ständig mit der WEA verbunden sein. Nur so kann die Blitzschutzklasse 1 nach DIN EN 62305 für den äußeren Blitzschutz erfüllt werden.

An den Blattspitzen der Rotorblätter sind metallische Rezeptoren, um Blitzen einen Soll-Einschlagpunkt zubieten. Davon ausgehend befindet sich im Inneren des Rotorblatts bis zur Blattwurzel eine besonders niederohmige Ableitung. Man geht davon aus, dass der Blitz in die Blattspitze einschlägt über die Blitzableitung im inneren des rotierenden Rotorblattes seinen Weg über das Maschinenhaus und den Turm bis zum Erdungssystem nimmt.

Prüfung des Blitz-Schutzsystems an WEA

Das für Fehler anfälligste Blitzschutz-Bauteil ist der Leiter im Inneren des Rotorblatts. Dieser Leiter wird mechanisch am meisten beansprucht, da das Rotorblatt über die gesamte Lebenszeit der WEA, in etwa 20 Jahre, gigantischen Kräften ausgesetzt ist und ständig im Wind schwingt. Unter dieser dauerhaft enormen Belastung kann sich der Leiter im Laufe seiner Betriebszeit durchaus lösen oder gar brechen.

Das richtige Mikrometer

Das richtige Prüfgerät an allen Messpunkten der WEA ist ein speziell für diesen Zweck konstruiertes Mikroohmmeter. Es muss einerseits kleine Prüfströme zur Verfügung stellen. Das klingt für viele Messtechniker paradox: Denn trotz der riesigen Dimensionen einer WEA ist hier ein Prüfstrom mit maximal 10 Ampere völlig ausreichend. Der von den

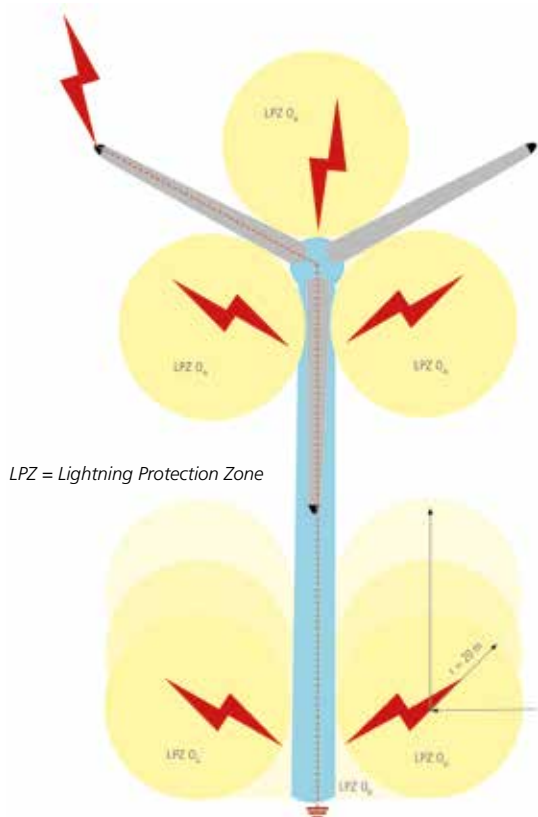


Bild 3: Das Blitzkugel-Verfahren macht potenzielle Einschlagstellen sichtbar.

WEA-Herstellern angegebenen Grenzwert für den Gesamtwiderstand der Leitung von Blattspitze bis zur Erdung liegt in etwa bei 15 - 30 mΩ, abhängig von der Größe der Windenergieanlage. Das ist ein sehr kleiner Widerstand.

Andererseits muss es mit sehr langen Messleitungen bis zu 100 Metern Länge umgehen können und dessen Eigenwiderstände in die Berechnungen integrieren, weil der Weg von der langen Blattspitze über den hohen Turm bis zum Fundament naturgemäß lang ist. Diese speziellen Messanforderungen erfüllen bisher nur wenige Mikrometer auf dem Markt.

Wichtig zu wissen:

Noch längere Messleitungen erfordern einen größeren Querschnitt. Längere und dazu dickere Kupferleitungen machen allerdings die Kabeltrommel zu schwer für den Transport auf die WEA. Die komplette Messstrecke muss also in hohen WEA in Etappen an den vorgesehenen Anschlusspunkten gemessen werden.

Manche Geräte verwenden einen Korrekturfaktor, um Leistungsverluste in Standard-Messleitungen zu kompensieren. Bei längeren Messleitungen reicht diese Kompensation der Verluste aber nicht mehr aus. Dadurch verringert sich der Prüfbereich. Wenn sich der Widerstand der Messleitungen erhöht, steigt folglich auch der Gesamtwiderstand R.

Das wird in der folgenden Formel deutlich:

$$P = I \times 2 R$$

Dabei gilt: R = (Widerstand der Last)

+ (Widerstand der Messleitungen)

P = Ausgangsleistung des Prüfgeräts

I = Ausgangsstrom des Prüfgeräts

Prüfung des Blitzableiters

Da sich der maximale Leistungsausgang (P) des Prüfgeräts nicht ändern kann, wird der maximale Strom durch den Anstieg des Messleitungswiderstands verringert. Das hat in manchen Situationen auch Vorteile: Wenn die Last induktiv ist, kann es hilfreich sein, wenn mehr Energie zum Aufladen der Last bereitsteht.

Durch eine Verkürzung der Messleitungslänge verringert sich R. In diesem Fall steigt P leicht an, da das Gerät etwas mehr Leistung hat, als im Datenblatt angegeben ist. Damit sollen die Verluste in langen Messleitungen ausgeglichen werden. Wenn jedoch die Messleitungen kurz gehalten werden, steht diese zusätzliche Leistung für mehr Last zur Verfügung.

Megger hat gemeinsam mit einem führenden Windenergieanlagen-Hersteller das DLRO10HDX mit spezielle KC-Messleitung, wahlweise mit 30 m, 60 m und 100 m Länge entwickelt, das alle Erfahrungen beim Prüfen von WEA integriert ■

Vorteile DLRO10HDX und KC-Messleitung:

- Strapazierfähiges Gerätegehäuse
- IP-Schutzart
- Hohe Ausgangsleistung
- Download-Option
- Bis zu 100 m lange KC-Messleitungen



Bild 4: Das DLRO10HDX bietet 5 Prüfmodi und einen Datenspeicher für den Einsatz im Feld.

Seminar-Kalender 2020

Bereich Kabel			
Termin	Kurs-Nr.	Seminar	Seminarort
20.04.	S4320	Sicherheit bei der Kabelfehlerortung	Radeburg
21.-24.04.	EB1520	Basisseminar Kabelfehlerortung und Prüfung	Radeburg
12.-15.05.	EB0120-AT	Basisseminar Kabelfehlerortung und Prüfung	Wien
25.05.	S4420	Sicherheit bei der Kabelfehlerortung	Baunach
26.-29.05.	EB1620	Basisseminar Kabelfehlerortung und Prüfung	Baunach
26.05.	WT1020	Trassenbestimmung an Wassernetzen	Baunach
16.-17.06.	TEB0620	Basisseminar Kabeldiagnose durch Teilentladungsmessung	Wien
15.06.	S4520	Sicherheit bei der Kabelfehlerortung	Radeburg
22.-26.06.	EX0520	Kabelfachtagung	Kiel
23.06.	WT1120	Trassenbestimmung an Wassernetzen	Baunach
08.-09.09.	NSP0620	Kabelfehlerortung in der Niederspannung	Baunach
10.09.	TRAU0620	Leitungsortung und und Auslese - Energiekabel	Baunach
14.09.	S4620	Sicherheit bei der Kabelfehlerortung	Baunach
15.-18.09.	EA1220	Aufbauseminar Kabelfehlerortung, Prüfung und Diagnose	Baunach
21.-25.09.	EX0620	Kabelfehlerortung für Experten	Baunach
21.09.	S4720	Sicherheit bei der Kabelfehlerortung	Radeburg
22.-25.09.	EB1720	Basisseminar Kabelfehlerortung und Prüfung	Radeburg
22.-24.09.	TEA0620	Aufbauseminar mit tanDelta- und Teilentladungsmessung	Wien
28.09.	S4820	Sicherheit bei der Kabelfehlerortung	Baunach
29.09.-02.10.	EB1820	Basisseminar Kabelfehlerortung und Prüfung	Baunach
29.-30.09.	TEB0720	Basisseminar mit tanDelta- und Teilentladungsmessung	Radeburg
09.11.	S4920	Sicherheit bei der Kabelfehlerortung	Baunach
10.-13.11.	EA1320	Aufbauseminar Kabelfehlerortung, Prüfung und Diagnose	Baunach
10.11.	WT1220	Trassenbestimmung an Wassernetzen	Baunach
11.-13.11.	WB0920	Basisseminar Wasserleckortung und Zonenüberwachung	Baunach
17.11.-20.11.	EA1420	Aufbauseminar Kabelfehlerortung, Prüfung und Diagnose	Wien
23.11.	S5020	Sicherheit bei der Kabelfehlerortung	Baunach
24.-27.11.	EB1920	Basisseminar Kabelfehlerortung und Prüfung	Baunach
01.-03.12.	S5120	Sicherheitswochen	Nord



Eine optimale Ausstattung gewährleistet maximale Lernerfolge



Eine freundliche und helle Räume ermöglichen konzentriertes und effizientes Arbeiten.

Bereich Hoch- und Mittelspannung			
Termin	Kurs-Nr.	Seminar	Seminarort
05. - 06.05.	EPHS	Einphasige Schutzprüfung	Oberursel
28. - 30.04.	MPHS	Mehrphasige Schutzprüfung	Oberursel
07. - 08.05.	IBN	Inbetriebnahmeprüfungen Mittelspannungsschutz	Oberursel
22. - 23.09.	BATT	Prüfen stationärer Batterieanlagen	Aachen
24. - 25.09.	MSLS	Prüfen von Mittelspannungsleistungsschaltern	Aachen
29. - 30.09.	TBAS	Basiselektrische Messungen an Leistungstransformatoren	Aachen
01.10.	TDIAG	Elektrische Diagnoseprüfungen an Leistungstransformatoren	Aachen
16.10.	CTVT	Elektrische Wandlerprüfungen	Aachen

Fortbildung ist die beste Möglichkeit, seinen beruflichen Aufstieg voran zu bringen. Vor allem die Energiemärkte mit ihren ständigen Fortschritten in Zeiten der Energiewende und des technischen Wandels fordern Techniker und Ingenieure jeden Tag aufs Neue heraus. In unseren Schulungszentren bieten wir Ihnen und Ihren Mitarbeitern die ideale Möglichkeit, in angenehmer Atmosphäre Ihr Fachwissen auf den aktuellen Stand zu bringen. Das aktuelle Angebot deckt Schulungen für Prüfapplikationen der Elektrotechnik von der Energieerzeugung über die Energieübertragung und Verteilung bis hin zum Verbrauch in der Industrie, in der kommunalen Infrastruktur und in gewerblichen Gebäuden ab.

Mehr Infos und Buchung auf: <https://de.megger.com/seminare-messen-ausstellung>

Bereich Niederspannung			
Termin	Kurs-Nr.	Seminar	Seminarort
26. 05.	PS0701-0702	Ortsveränderliche Betriebsmittel nach DIN VDE 0701-0702	Oberursel
30. 06.	PS0701-0702	Ortsveränderliche Betriebsmittel nach DIN VDE 0701-0702	Oberursel
16. 06.	PS0701-0702	Ortsveränderliche Betriebsmittel nach DIN VDE 0701-0702	Grevenbroich
30. 06.	PS0701-0702	Ortsveränderliche Betriebsmittel nach DIN VDE 0701-0702	Aachen
15. 09.	PS0701-0702	Ortsveränderliche Betriebsmittel nach DIN VDE 0701-0702	Grevenbroich
17. 09.	PS0701-0702	Ortsveränderliche Betriebsmittel nach DIN VDE 0701-0702	Kassel
29. 09.	PS0701-0702	Ortsveränderliche Betriebsmittel nach DIN VDE 0701-0702	Bamberg
20. 10.	PS0701-0702	Ortsveränderliche Betriebsmittel nach DIN VDE 0701-0702	Aachen
03. 11.	PS0701-0702	Ortsveränderliche Betriebsmittel nach DIN VDE 0701-0702	München
24. 11.	PS0701-0702	Ortsveränderliche Betriebsmittel nach DIN VDE 0701-0702	Aachen
27. 05.	PS0100/0105	Prüfen elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100	Aachen
17. 06.	PS0100/0105	Prüfen elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100	Grevenbroich
01. 07.	PS0100/0105	Prüfen elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100	Aachen
10. 09.	PS0100/0105	Prüfen elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100	Berlin
16. 09.	PS0100/0105	Prüfen elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100	Grevenbroich
18. 09.	PS0100/0105	Prüfen elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100	Kassel
21. 10.	PS0100/0105	Prüfen elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100	Aachen
04. 11.	PS0100/0105	Prüfen elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100	München
25. 11.	PS0100/0105	Prüfen elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100	Aachen
06.10.	ERDUNG	Erdungsmessung	Aachen

Die Windenergieanlage vollständig erklärt

Dieses neuartige Poster gibt es nur bei Megger



In Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Windenergie, wpd windparkmanager, VESTAS und Megger entstand dieses lehrreiche Poster im Format DIN A0. Es erklärt alle wichtigen Komponenten in der Windkraftanlage sowie alle Prüfungen und die dazugehörigen Normen.

Ideal für Ausbildungseinrichtungen von Herstellern, Service-Firmen sowie für alle, die sich für dieses Top-Thema interessieren. Wir von Megger fördern den Ausbau von Windenergieanlagen, weil es keine wirkungsvolle Alternative gibt, die Klimaziele von Paris bis 2030 zu erreichen.

Bestellen Sie jetzt gratis unter: info@megger.de

Bitte merken Sie sich diese beiden wichtigen Fachtagungen vor:

Die 11. Schalterfachtagung - mit SIEMENS in Siemensstadt Berlin

vom 15. bis 17. September 2020

Informieren Sie sich über alle neuesten Entwicklungen im Bereich Leistungsschalter. Diesmal sind wir zu Gast bei unserem Partner SIEMENS an der Nonnendammallee in Siemensstadt in Berlin. Also genau dort, wo 1903 der Welterfolg von SIEMENS seinen Anfang nahm.

Neben kompaktem Wissen aus erster Hand bietet sich Ihnen erneut eine erstklassige Gelegenheit für Ihre persönliche Kontaktpflege in der Branche. Bei einer Werksführung erhalten Sie zudem unvergessliche Eindrücke von einem der wichtigsten Standorte der deutschen Industriegeschichte.



Hier nahm der Welterfolg von SIEMENS seinen Anfang

Die 1. Fachtagung Teilentladungsdiagnose - mit Power Diagnostix in Aachen

vom 15. bis 16. Oktober 2020

In zwei Tagen erhalten Sie viele wichtige Informationen über die Ortung von Fehlern mit der Hilfe von Teilentladungsdiagnosen an Energiekabeln, Transformatoren, Generatoren, Elektromotoren. Diese Zukunftstechnologie gewinnt immer mehr an Bedeutung. In Vorträgen und Workshops bringen wir Sie auf den neuesten Stand der Forschung. Auf einzigartige Weise bietet Ihnen Megger diese sehr weitgehende Kompetenz aus einer Hand. Als Anlagenverantwortlicher sollten Sie unbedingt mit dabei sein.



Die Welt-Zentrale von Power Diagnostix in Aachen

Alle Informationen und Ihre Anmeldung unter E-Mail: lukas.parsch@megger.com

Impressum/Herausgeber

Megger GmbH T +49 6171 92987-14
Obere Zeil 2 F +49 6171 92987-19
D-61440 Oberursel
www.megger.de
Redaktion:
Georg Halfar
Aktuelle Auflage: 48.000 Exemplare
Verantwortlich im Sinne des Presserechts V.i.d.P.:
Georg Halfar
Dieses Kunden-Magazin erscheint zweimal pro Jahr.

Worüber möchten Sie zukünftig informiert werden?
Haben Sie einen spannenden Beitrag zum Thema
Mess- und Prüftechnik?

Senden Sie uns Ihr Wunschthema unter Betreff
„Thema EPrüfer“ an georg.halfar@megger.de.
Wir freuen uns auf Ihre Nachricht.