

Diagnoseprüfungen von Messwandlern

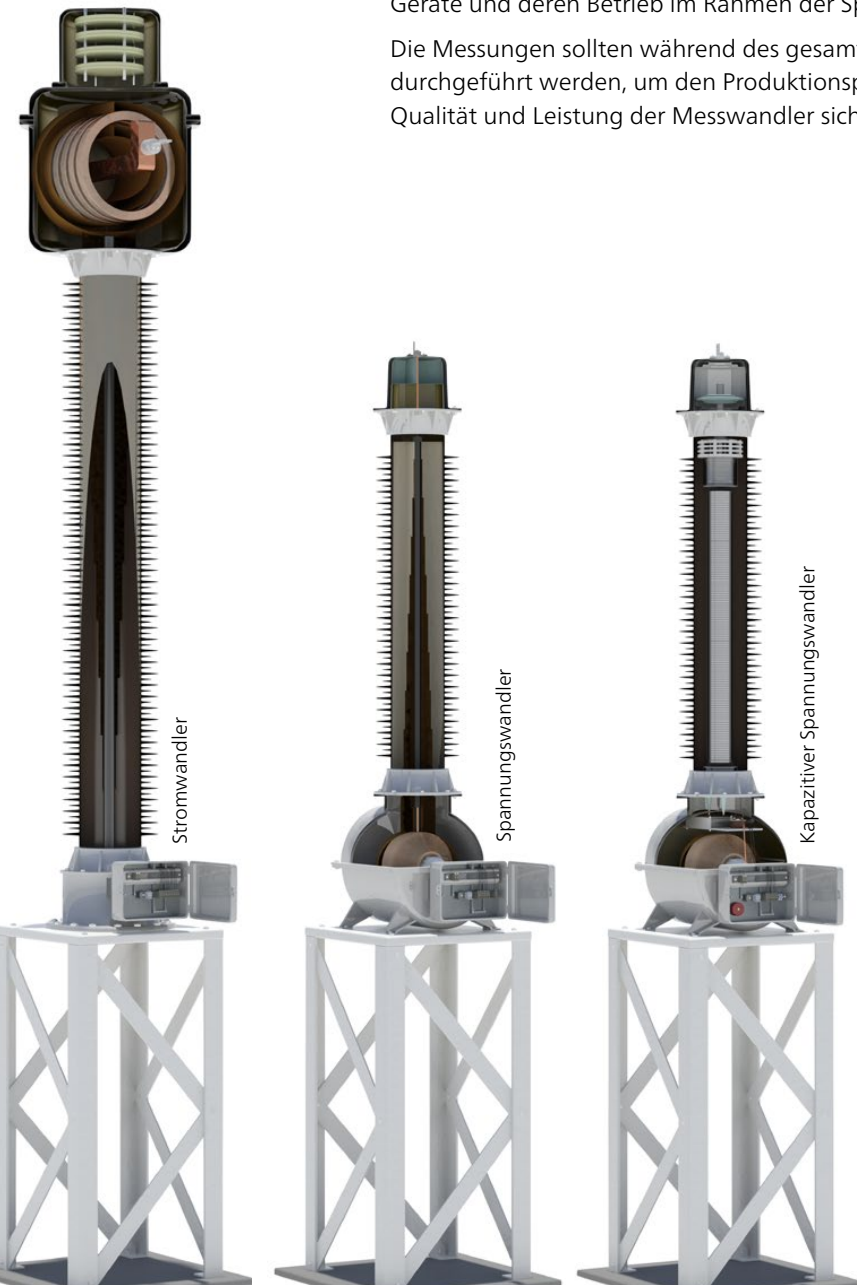


Stellen Sie hohe Qualität und Effizienz während des gesamten Lebenszyklus

Als Verbindung zwischen dem Primär- und Sekundärsystem spielen Messwandler (IT) eine wichtige Rolle für die zuverlässige und sichere Versorgung mit Energie.

Die Prüfung von Messwandlern ist sehr wichtig, weil sie eine hohe Qualität des Produktionsprozesses, eine ordnungsgemäße Installation und Inbetriebnahme der Geräte und deren Betrieb im Rahmen der Spezifikationen sicherstellt.

Die Messungen sollten während des gesamten Lebenszyklus der Geräte durchgeführt werden, um den Produktionsprozess zu optimieren und eine gute Qualität und Leistung der Messwandler sicherzustellen.



Typische Fehlerquellen von Messwandlern

- > **Entwicklungsfehler**
In Bezug auf die Übersetzung, den magnetischen Kern, die Isolierung
- > **Herstellungsfehler**
Offene Stromkreise/Kurzschlüsse, Isolierungsfehler
- > **Betrieb außerhalb der Spezifikationen**
Über-/Unterbürdung, falsche Ströme/Spannungen
- > **Elektrische Einflüsse**
Schaltspannungsstöße, Blitz, Überspannungen, Kurzschlussströme
- > **Alterung/Korrosion**
Feuchtigkeit, Säuren, Sauerstoff, Kontaminierung, Leckagen

Entwicklung

Herstellung

Werksabnahmeprüfung

Lebenszyklus Ihrer Messwandler sicher

Prüfung und Gegenmaßnahmen

- > **Während der Herstellung**
Bestimmung des genauen Zustands und der Leistungsdaten während bestimmter Phasen des Herstellungsprozesses, um eine Weiterverarbeitung ungenauer oder fehlerhafter Geräte zu vermeiden und auf diese Weise die Effizienz des Herstellungsprozesses zu optimieren
- > **Nach der Herstellung**
Feststellung der tatsächlichen Wandlercharakteristik in Übereinstimmung mit den Normen und Durchführung nützlicher Fingerabdruck-Prüfungen für einen weiteren Vergleich
- > **Nach dem Transport**
Durchführung von Prüfungen nach dem Transport, um sicherzustellen, dass der Transport keine mechanischen Schäden am Messwandler verursacht hat und der Messwandler weiterhin seinen Spezifikationen entsprechend funktioniert
- > **Vor der Installation und Inbetriebnahme**
Sicherstellung einer ordnungsgemäßen Installation des Wandlers und des Betriebs in seiner Betriebsumgebung entsprechend der Spezifikationen
- > **Regelmäßige Instandhaltung**
Kenntnis des Zustandes Ihres Messwandlers, um Störungen, Störabschaltungen und längere Ausfälle zu vermeiden

Lebenszyklus eines Messwandlers



Transport



Installation und
Inbetriebnahme



Betrieb



Komponenten und feststellbare Fehler von Messwandlern



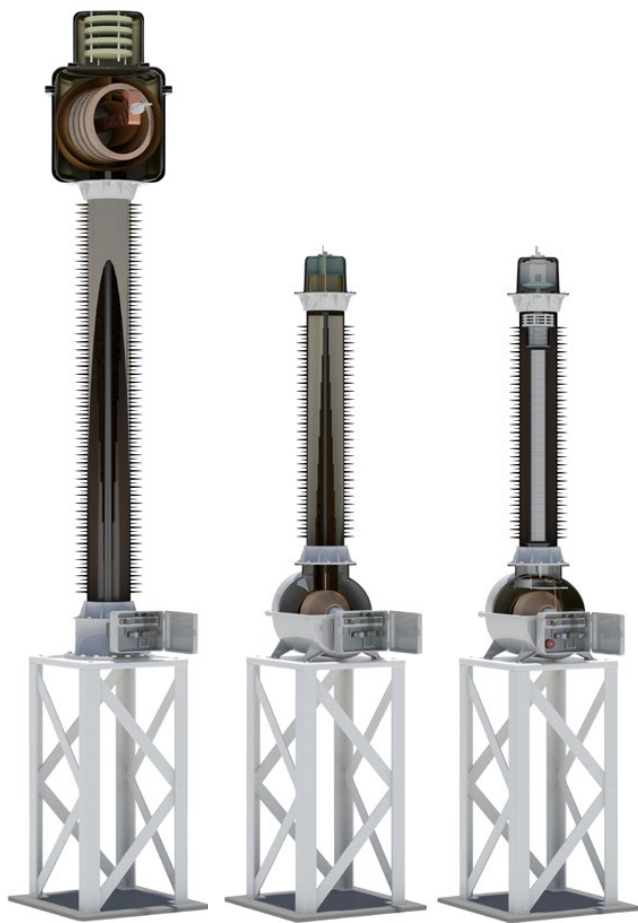
Element	Fehlererkennung
Isolierung	Teilentladungen
	Feuchtigkeit in der Papierisolierung
	Alterung, Feuchtigkeit und Verunreinigung von Isolationsflüssigkeit Mängel in den kapazitiven Schichten der Potentialglättung
Wicklungen	Kurzschlüsse (Wicklungsschlüsse)
	Offene Stromkreise Probleme mit Kontakten
Kern	Mechanische Deformation; Offene Kernerdung;
	Lose Klemmstruktur
	Magnetische Kurzschlüsse Vormagnetisierung/Remanenz
Kapazitiver Spannungsteiler	Teildurchschläge einzelner kapazitiver Schichten
Kompensationsdrossel (nur kapazitive Spannungswandler)	Wicklungsschlüsse
Gesamter elektromagnetischer Kreis	Genauigkeit (Übersetzungsfehler und Phasenverschiebung)
	Übersetzungsfehler (Gesamtmessabweichung)
	Polarität Falsche Bemessungsdaten des Messwandlers
Bürde	Falsche Bemessungsdaten
	Falsche oder fehlerhafte Verbindung zwischen dem Messwandler und dem Meter/Relais

■¹: Fehler führen zu Änderungen der Genauigkeit des Messwandlers

■²: Oft können diese Fehler nicht eindeutig identifiziert werden. Jedoch helfen Vergleiche mit früheren Daten bei der Suche nach den Fehlern.

Mögliche Messverfahren									
							■		
								■	
								■	
								■	
	■ ¹	■		■ ²	■				
	■ ¹	■		■ ²	■				
	■ ¹	■			■				
	■ ¹			■ ²					
	■	■							■
	■ ¹	■							
	■ ¹								
	■								■
	■	■							■
	■	■	■						■
	■	■						■	
					■				■
			■		■				
Genauigkeit (Übersetzungsfehler und Phasenverschiebung)									
Übersetzungsfehler									
Polarität									
Magnetisierungskennlinie									
Wicklungswiderstand									
Bürde									
Teilentladungsanalyse									
Dielektrische (Frequenz-) Antwortmessung									
Verlustfaktorprüfung									
Genauigkeits-Grenzfaktor (ALF)									
Messung des Restmagnetismus ($V_{\frac{1}{2}}$ terminal voltage)									
Transiente Stromwandler-Parameter									

Die ideale Prüflösung für Ihre individuellen Bedürfnisse und Anforderungen



	CT ANALYZER	VOTANO 100
Genauigkeit (Übersetzungsfehler und Phasenverschiebung)	■	■
Übersetzungsfehler	■ ¹	■
Polarität	■	■
Magnetisierungskennlinie	■	■
Wicklungswiderstand	■	■
Bürde	■	■
Teilentladungsanalyse		
Dielektrische (Frequenz-) Antwortmessung		
Verlustfaktormessung:		
bei 50 Hz oder 60 Hz		
bei variabler Frequenz		
Genauigkeits-Grenzfaktor (ALF) und Klemmenspannung (V_b)	■	
Messung des Restmagnetismus	■	
Transiente Stromwandler-Parameter	■	

¹ Messung der Strom- und Spannungswandler-Übersetzung möglich

² CPC 100 kann die Übersetzung von Strom- und Spannungswandlern prüfen; für Prüfungen mit höheren Amplituden braucht man CP TD12/15 und einen Stromverstärker

³ Nur für Stromwandler möglich

⁴ Zusätzliches Zubehör CP TD12/15 erforderlich

⁵ Mit eingeschränkter Genauigkeit

⁶ Zusätzliches Stromversorgungsgerät und zusätzlicher Standardkondensator erforderlich

Hochpräzises und leichtes Prüfgerät für die Prüfung und Kalibrierung von Stromwandlern.



Hochpräzises und mobiles Gerät für die Prüfung und Kalibrierung von Spannungswandlern.



erungen/Anwendungen

CPC 100	CPC 80 + CP TD12/15	COMPANO 100	DIRANA	MPD 800	TANDO 700
---------	---------------------	-------------	--------	---------	-----------

■ ²		■ ⁵			
■		■			
■ ³					
■					
■		■			
				■	
			■		
■ ⁴	■		■		■ ⁶
■ ⁴	■		■		■ ⁶
■					

Multifunktionales Prüfgerät für eine umfassende Zustandsdiagnose und -bewertung verschiedener Hochspannungsbetriebsmittel.



Prüfgerät für Verlustfaktor- sowie Kapazitätsmessung an zahlreichen Hochspannungsbetriebsmitteln (mit Prüfquelle und Referenzkondensator).



Tragbares Prüfgerät für die Primär- und Sekundäreinspeisung und einfache Schutzprüfungen.



Leichtes Prüfgerät für eine schnelle und zuverlässige Bestimmung des Feuchtegehalts in öl-papier-isolierten-Messwandlern.



Universelles System zur Messung und Analyse von Teilentladungen (TE)



Hochpräzises Prüfsystem für Verlustfaktor- und Kapazitätsmessungen an Hochspannungsbetriebsmitteln (Prüfquelle und Referenzkondensator werden benötigt).



Elektrische Prüfverfahren an Messwandlern

Direkte elektrische Prüfungen

Die Prüfsignale (Spannung/Strom) werden in die Primärseite (OS-Seite) von Messwandlern gespeist und der entsprechende Wert wird auf der Sekundärseite (US-Seite) gemessen. Die ermittelten Parameter sind Übersetzung, Genauigkeit, Polarität usw.

Während der Genauigkeitsprüfungen müssen unterschiedliche Prüfbürden an den Messwandler angeschlossen werden, um ihren Einfluss auf das Verhalten des Wandlers zu berücksichtigen. Dieses Verfahren kann sowohl für konventionelle als auch nichtkonventionelle Messwandler angewendet werden.

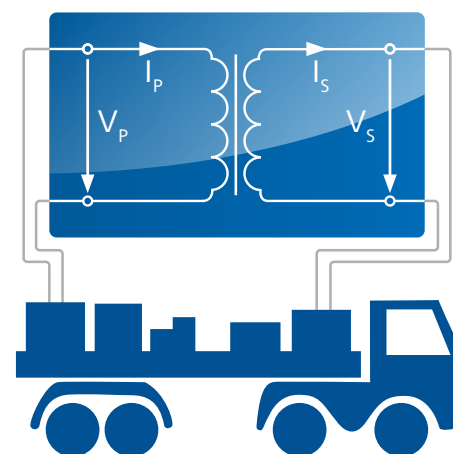
Eine Prüfung mit diesem Verfahren bei Nennspannungen/Nennströmen ist für jeden Messwandler als Teil der Werksabnahmeprüfung zwingend vorgeschrieben.

Messen mit Primär-Nennwerten

Es werden Prüfsignale mit den Nennwerten (Spannung/ Strom) verwendet. Während der Prüfung wird die Betriebsbürde an den Messwandler angeschlossen.

Dieses Verfahren wird in Kalibrierlabors und manchmal vor Ort, auf große Prüf-LKWs montiert, eingesetzt, und liefert hohe Genauigkeiten.

Typischerweise sind diese Prüfsysteme sperrig und schwer. Deshalb sind sie für Vor-Ort-Prüfungen nicht optimal geeignet, da ihr Betrieb mit großem Aufwand und hohen Kosten verbunden ist.



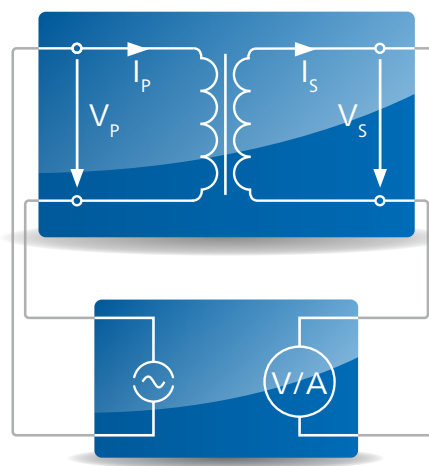
Primärseitige Einspeisung von Nennwerten

Messen mit Primärwerten

Es werden primäre Prüfsignale (Spannung/Strom) verwendet (nicht zwangsläufig Nennwerte). Primäreinspeisung kann nur für eine funktionale Prüfung konventioneller Messwandler eingesetzt werden, aber nicht für die Kalibrierung oder Überprüfung der Genauigkeitsklasse (Nichtlinearität der Messwandler).

Für die Prüfung nichtkonventioneller Messwandler (NCIT) können wegen der Linearität der NCIT geringere Prüfpegel ausreichend sein.

Typischerweise sind diese Prüfgeräte tragbar. Allerdings ist ihre Genauigkeit oftmals eingeschränkt. Aus diesem Grund ist dieses Verfahren für Inbetriebnahmeprüfungen vor Ort geeignet.



Primäreinspeisung

Indirekte elektrische Prüfungen

Mit diesem Verfahren wird ein Messwandler von der Sekundärseite gemessen. Es werden Prüfpegel verwendet, die von den Nennwerten abweichen. Dieses Verfahren kann für konventionelle Messwandler (Stromwandler, Spannungswandler und kapazitive Spannungswandler) angewendet werden.

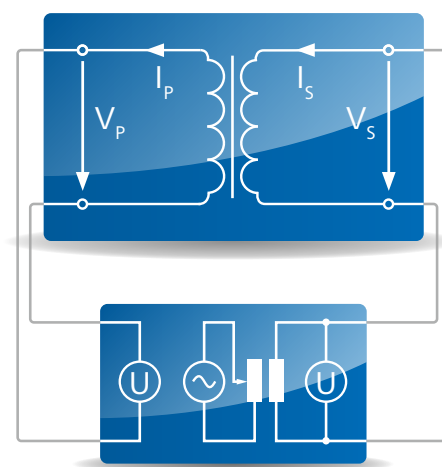
Messen mit Sekundärspannung

Eine Prüfmethode speziell für Stromwandler, bei der eine Spannung über die Sekundärseite eingespeist wird. Die Prüfspannung entspricht der Betriebsklemmenspannung bei Bemessungsbürde.

Die gemessene Magnetisierungskurve entspricht den Vorgaben internationaler Normen.

Die Gesamtmessabweichung kann bestimmt werden, indem man eine Spannung anlegt, die dem individuellen Betriebszustand des Stromwandlers entspricht. Dann misst man den entsprechenden Magnetisierungsstrom und berechnet daraus den Fehler.

Der große Vorteil dieser Methode ist, dass vor Ort kleine und leichte Prüfgeräte anstelle sperriger Primäreinspeisungs-Ausrüstung eingesetzt werden können.



Einspeisung von Sekundärspannung

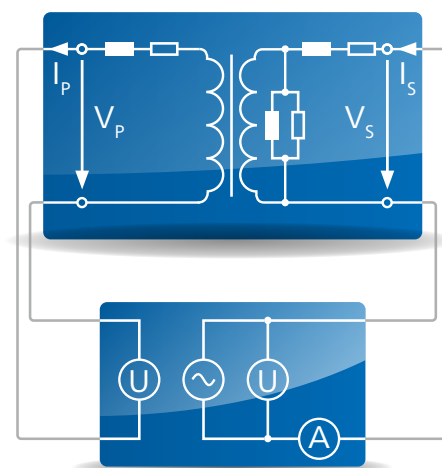
Modellbasierte Prüfung

Die hierbei verwendeten Prüfsignale mit niedrigen Pegeln, ermöglichen die Entwicklung kleiner, leichter und sicherer Prüfgeräte.

Mit diesem Ansatz werden Stromwandler auf der Grundlage ihrer Ersatzschaltbilder (ESB) modelliert. Auf der Grundlage aller gemessener und bestimmter ESB-Parameter werden die erforderlichen Wandlerparameter, wie z. B. Genauigkeit, Übersetzung und Polarität, berechnet.

Diese Methode kann für die Kalibrierung und Diagnose verwendet werden, da die ESB-Parameter genaue Angaben über das Gerät liefern. Darüber hinaus wird auch die Ursachenanalyse eines Fehlers erleichtert.

Die Methode eignet sich perfekt für einen Einsatz vor Ort oder im Labor (leicht und genau).



Modellbasierte Prüfung

Genauigkeit (gemäß IEC-/IEEE-Normen)

Was kann geprüft werden?

- Isolierung
- ✓ Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde

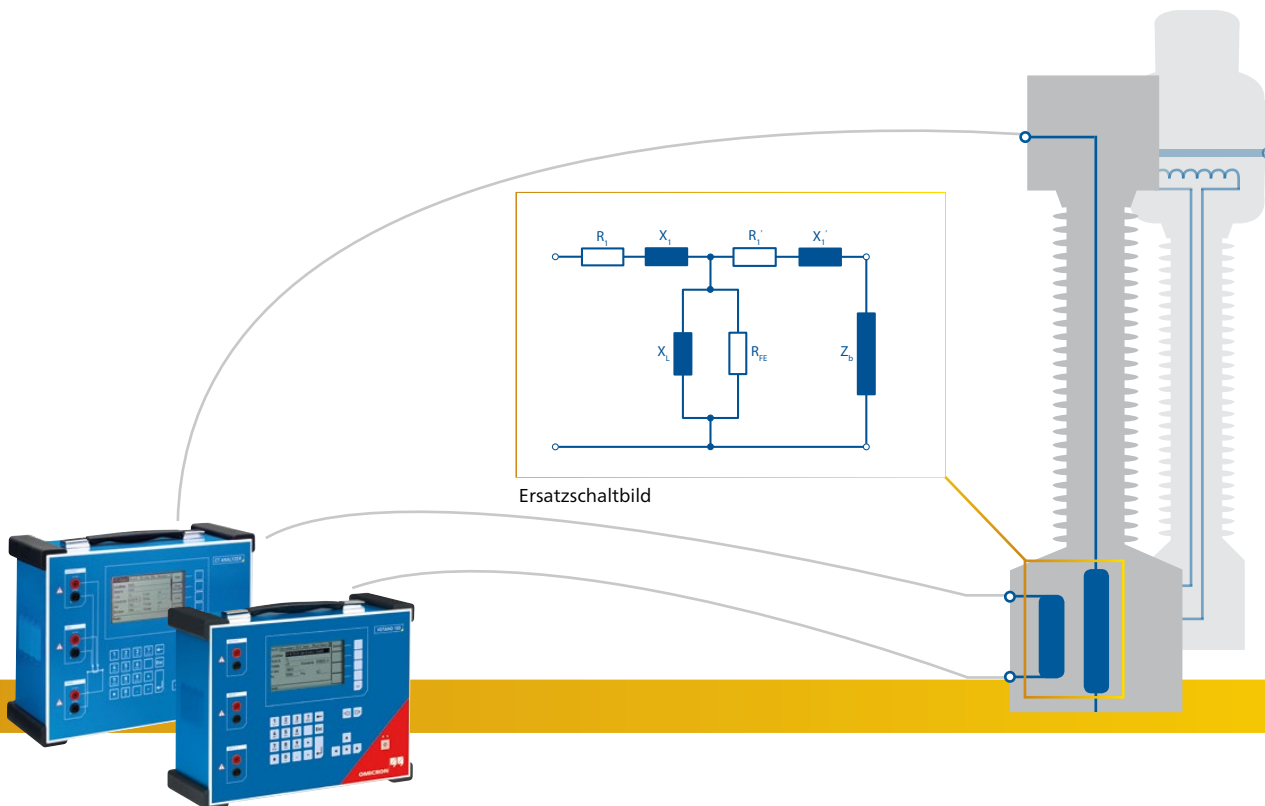
Gründe für eine Messung

Wenn der geprüfte Messwandler innerhalb seiner Genauigkeitsvorgaben arbeitet, kann sich der Bediener ein genaues Bild von den Spannungen und Strömen des Systems machen.

Induktive Strom- und Spannungswandler (CT und VT) und kapazitive Spannungswandler (CVT) können Abweichungen der Übersetzung und in der Phase entwickeln. Ein Betrieb des Messwandlers mit unterschiedlichen Bürden, Strömen oder Spannungen kann den Übersetzungsfehler und die Phasenverschiebung verändern und damit einen Betrieb entsprechend seiner vorgegebenen Genauigkeit negativ beeinflussen. Darüber hinaus bleiben Windungsschlüsse in Stromwandlern und Kurzschlüsse im kapazitiven Teiler eines kapazitiven Spannungswandlers oftmals unerkannt. Dies kann zu Messfehlern, Umsatzeinbußen und in manchen Fällen sogar zu einem kompletten Ausfall führen. Die Genauigkeitsmessungen können während der Herstellung, in Prüflaboratorien oder vor Ort durchgeführt werden.

Funktionsweise

Die Genauigkeit des Wandlers (Übersetzung und Phase) wird mit einem modellbasierten Ansatz bestimmt. Der Messwandler wird anhand interner mathematischer Algorithmen über sein elektrisches Ersatzschaltbild modelliert. Alle Parameter des Ersatzschaltbildes werden mit softwaregeführten Vor-Ort-Messungen bestimmt, wobei ausschließlich niedrige Spannungen verwendet werden. Anschließend wird die Genauigkeit des Wandlers auf der Grundlage der gemessenen Parameter und der Lastbedingungen berechnet.



Wissenswertes ...

Nur der modellbasierte Ansatz berücksichtigt und simuliert den Einfluss unterschiedlicher Bürden und Betriebsbereiche auf die Genauigkeit des Wandlers.

Die Genauigkeitsmessung kann auch durch Primäreinspeisung mit angeschlossener Bürde erfolgen. Andere konventionelle Prüfverfahren nutzen Hochstrom oder Hochspannung.

Die modellbasierten Genauigkeitsmessungen können auch für weitere Diagnosen, insbesondere an CVTs, herangezogen werden. Neben dem Übersetzungsfehler und der Phasenverschiebung stehen nach einer Messung auch die Ersatzschaltbild-Parameter zur Verfügung. Die eigentliche Ursache einer möglichen Abweichung der Genauigkeit kann über eine Untersuchung der Parameter bestimmt werden.

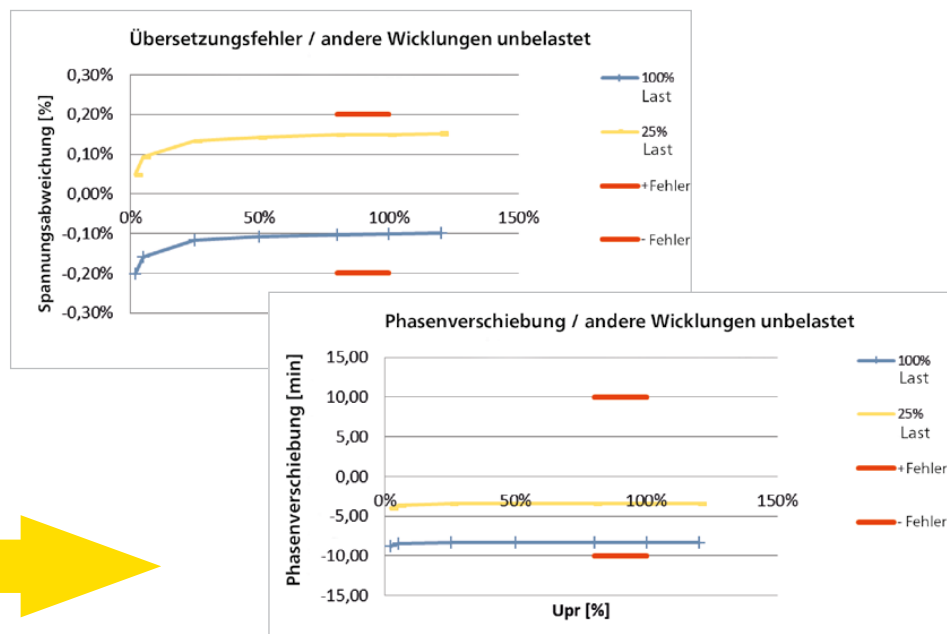
Da für diese Methode ausschließlich niedrige Spannungs- oder Stromwerte eingesetzt werden, kann sie bereits im Herstellungsprozess auch ohne die Hauptisolierung verwendet werden.

Anwender können die gemessenen Ersatzschaltbild-Parameter in Simulationsprogramme übertragen, um das System einschließlich einer korrekten nichtlinearen Darstellung der Strom- und Spannungswandler zu simulieren.

Warum CT Analyzer/VOTANO 100

- > Bietet alle wichtigen Informationen für die mobile Prüfung und Kalibrierung von Messwandlern für Schutz- und Messzwecke
- > Einziges bestehendes Messverfahren mit niedrigen und vergleichsweise sicheren Prüfsignalen
- > Sehr viel kleiner, leichter, einfacher in der Bedienung und sicherer als bestehende primäre Prüfgeräte
- > Schnelle Messungen ohne Referenzobjekte
- > Simulation unterschiedlicher Betriebsmodi nach den Messungen möglich
- > Mit Zubehör können auch Stromwandler mit mehreren Übersetzungsverhältnissen und Spannungswandler mit mehreren Anzapfungen gemessen werden
- > Automatische Ergebnisbewertung anhand von Werten aus entsprechenden IEEE-, ANSI- oder IEC-Normen

Übersetzungsfehler und Phasenverschiebung eines Messwandlers



Verhältnis/Übersetzungsfehler

Was kann geprüft werden?

- Isolierung
- ✓ Wicklungen
- Kern
- ✓ Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde

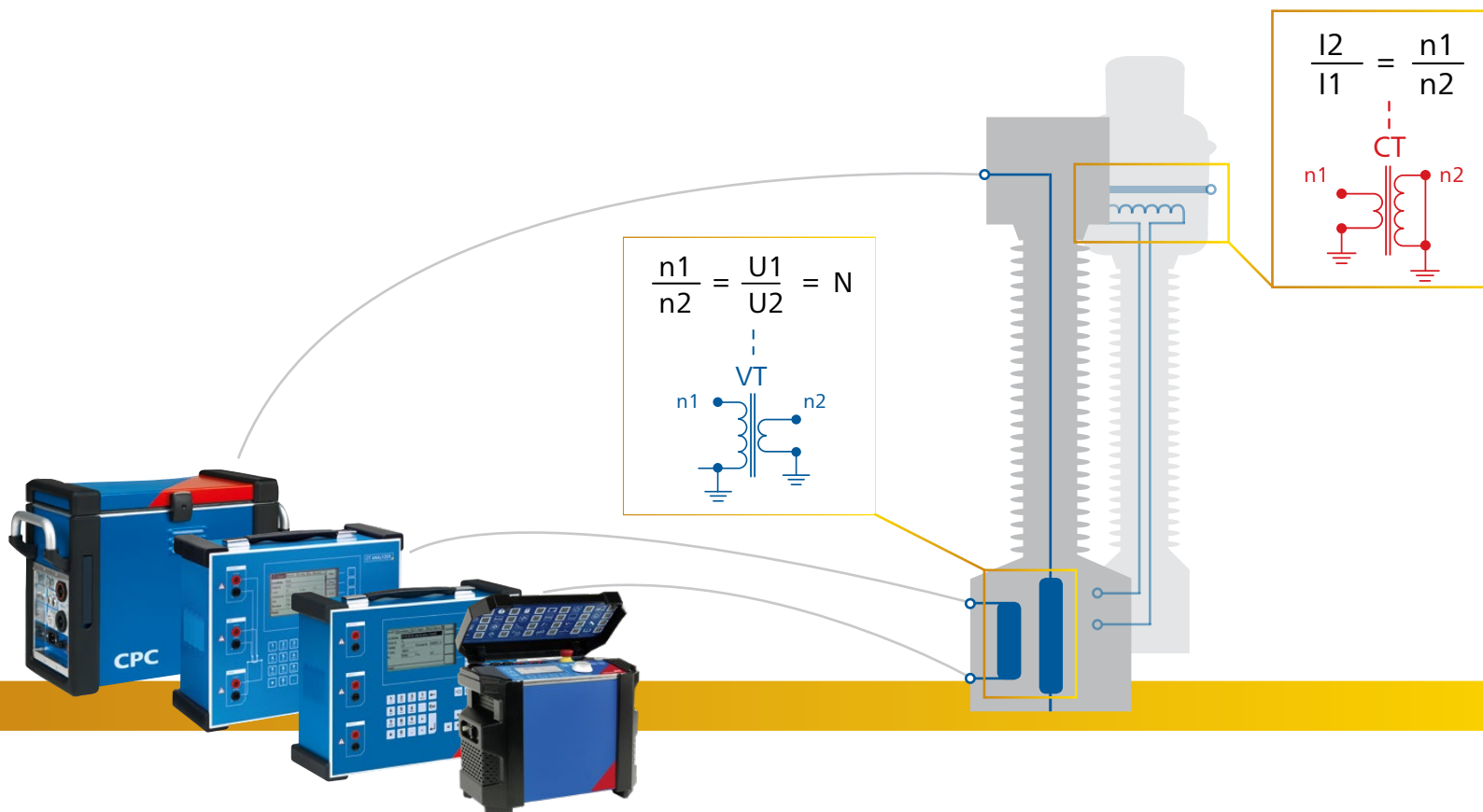
Gründe für eine Messung

Die Übersetzung oder der Übersetzungsfehler wird als eine funktionale Prüfung der Messwandlerleistung während der Herstellung, der Werksabnahme, als Teil der Inbetriebnahmeprüfungen oder als Funktionsprüfung nach einem Ausfall gemessen. Die gemessene Wandler-Übersetzung wird mit Entwicklungs- und Typenschildangaben bzw. mit früheren Messergebnissen verglichen. Der Fehler kann für jeden Prüfpunkt berechnet werden. Abweichungen von den Daten können auf interne Fehler (zum Beispiel offene oder kurzgeschlossene Stromkreise) oder Fehler während der Produktion hinweisen. Übersetzungsfehler können zu Fehlfunktionen des Schutzes und zur Fehlinterpretation von Systemspannung-/strom führen.

Funktionsweise

Geprüft wird ein Spannungs- oder Stromwandler mit oder ohne angeschlossener Bürde. Wenn an den Messwandler keine Bürde angeschlossen ist, muss die Sekundärseite des Stromwandlers kurzgeschlossen und die Sekundärseite des Spannungswandlers geöffnet werden. Das Prüfsignal wird an der Primär- oder Sekundärseite angelegt. Die Messung erfolgt auf der Gegenseite des Messwandlers.

Das Windungszahlenverhältnis, der Übersetzungsfehler oder die Gesamtmessabweichung eines Stromwandlers können auch mit der Spannungsmethode gemessen werden, bei der das Signal an der Sekundärseite angelegt wird. Es werden die Sekundärspannung, der Magnetisierungsstrom und die induzierte Spannung auf der Primärseite gemessen.



Wissenswertes ...

Eine Prüfung der Übersetzung ist nur eine funktionale Prüfung, die grundsätzlich nicht mit den Genauigkeitsprüfungen gemäß IEC-/IEEE-Normen vergleichbar ist.

Für kapazitive Spannungswandler sind unabhängige Prüfungen der Übersetzung des kapazitiven Teilers und der Übersetzung des induktiven Zwischenspannungswandlers sinnvoll. Diese Prüfungen helfen zwischen einem Fehler im kapazitiven Teiler und im elektromagnetischen Kreis zu unterscheiden.

Wenn die Messergebnisse keine eindeutige Interpretation zulassen, sollte eine weitere Untersuchung der Messwandler mit einem modellbasierten Ansatz durchgeführt werden.

Die Übersetzung von Stromwandlern kann auch über eine Einspeisung auf der Sekundärseite bestimmt werden. Es muss der Spannungsabfall entlang des sekundären Wicklungswiderstands berücksichtigt werden, um sehr genaue Ergebnisse für das Windungszahlenverhältnis zu erhalten.

Die sehr genaue Phasenmessung kann sogar magnetische Kurzschlüsse ermitteln (ein Vorteil während des Herstellungsprozesses).

Warum CPC 100?

- > Prüfsignale bis 2 kA und 12 kV/15 kV
- > Einziges Prüfgerät für die Primäreinspeisung (direktes Verfahren) und die Sekundäreinspeisung (indirektes Verfahren)
- > Kann auch NCIT gemäß IEC 61850 prüfen

Warum CT Analyzer?

- > Messung der Übersetzung und vollständige Genauigkeitsmessung möglich
- > Ermittlung von Typenschild-Parametern, sofern die Werte unbekannt sind
- > Niedrige Prüfspannungen garantieren sichere Messungen
- > Messungen mit einer hohen Genauigkeit (0,05 %)

Warum VOTANO 100?

- > Messung der Übersetzung und vollständige Genauigkeitsmessung möglich
- > Ermöglicht eine getrennte Messung der kapazitiven und induktiven CVT-Übersetzung
- > Messungen mit hoher Genauigkeit (0,05 % - 0,2 %)

Warum COMPANO 100?

- > Kombiniert Übersetzungs Prüfungen von Strom- und Spannungswandlern mit elektrischen Durchgangsprüfungen, Polaritätsprüfungen und Bürdenmessungen
- > Frequenzselektive Messung

Ergebnis der Messung des Stromwandlerverhältnisses



Was kann geprüft werden?

- Isolierung
- ✓ Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde

Gründe für eine Messung

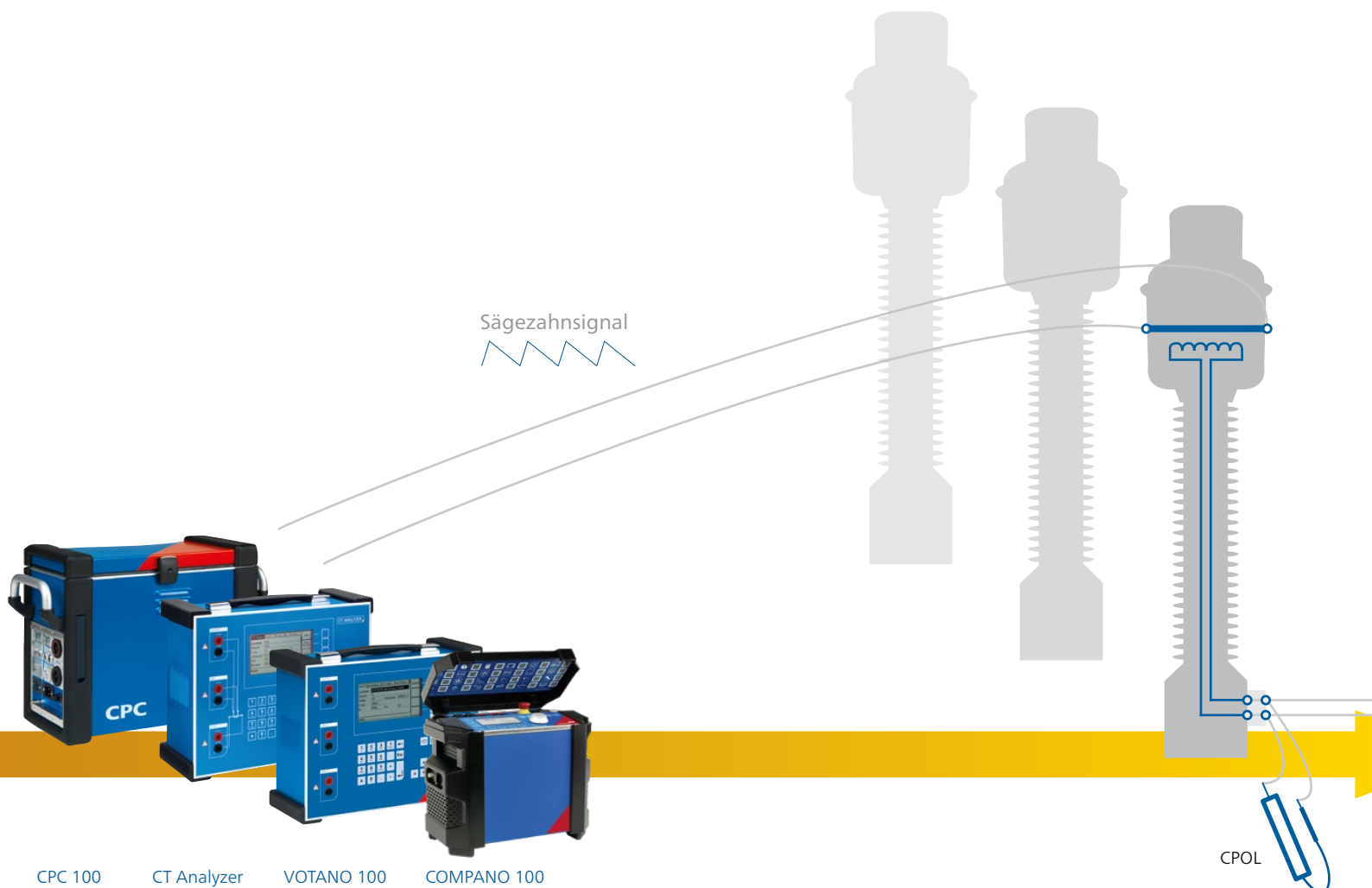
Eine Prüfung der Polarität stellt sicher, dass die Polarität zwischen den primären und sekundären Wicklungen eines Messwandlers und damit auch die Stromflussrichtung korrekt ist. Sie verhindert Fehlfunktionen angeschlossener Schutzgeräte. Selektiver Distanzschutz kann nur bei korrekter Polarität gewährleistet werden. Die Prüfungen stellen auch sicher, dass die sekundären Geräte korrekt und mit der richtigen Polarität an den Messwandler angeschlossen sind.

Funktionsweise

Es gibt zwei unterschiedliche Verfahren:

Mit dem ersten Verfahren wird ein Sägezahnsignal in das System gespeist. Dieses Signal kann entweder ein Spannungs- oder ein Stromsignal sein. Ein Polaritätsprüfer (CPOL) prüft das eingespeiste Signal auf korrekte Polarität und zeigt entlang des Stromkreises eindeutig an, ob die Polarität in Ordnung ist oder nicht. Es können Messwandler oder angeschlossene Kabel und Klemmenverbindungen geprüft werden.

Beim zweiten Verfahren wird eine Sinusspannung am Messwandler angelegt, das Signal auf der anderen Seite gemessen und die Spannungs-/Stromvektoren auf der Primär- und Sekundärseite verglichen.



Wissenswertes ...

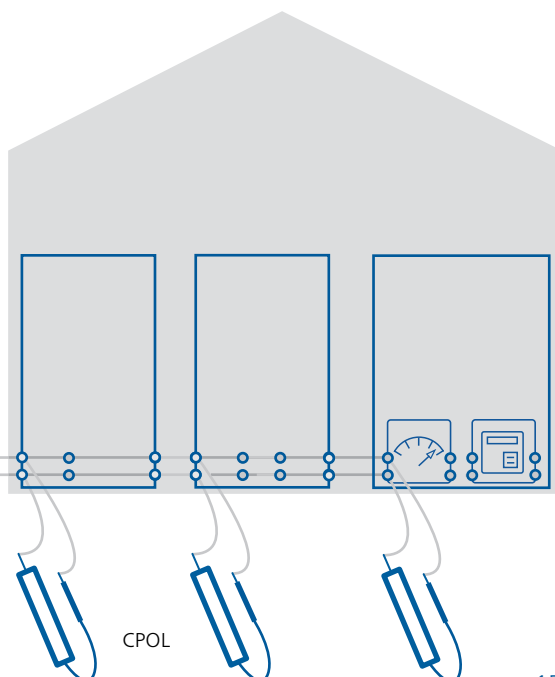
Polaritätsprüfungen sollten als Teil der Inbetriebnahme-Prüfungen durchgeführt werden, um eine richtige Verdrahtung und damit einen korrekten Betrieb von neu installierten Messwandlern sicherzustellen.

Bei Stromwandlern in elektrischen Betriebsmitteln stellt die Prüfung sicher, dass die Stromwandler richtig angeschlossen und installiert sind.

In der Vergangenheit wurde die Polarität oft mit Batterien und konventionellen Multimetern geprüft. Dies führte zu einer Sättigung des Kerns und einer anschließenden Fehlfunktion der Schutzeinrichtung. Dies kann nicht passieren, wenn ein AC- oder ein Sägezahnsignal verwendet wird.

Ein Kurzschluss beim Anschluss eines Spannungswandlers führt zu einem Fehler des Wandlers, weil ein Spannungswandler nicht unter Kurzschlussbedingungen betrieben werden darf.

Ein offener Stromkreis beim Anschluss eines Stromwandlers führt zu einem Fehler des Wandlers, weil ein Stromwandler nicht mit offenen Stromkreisen betrieben werden darf.



Warum CPC 100?

- > Prüft die Polarität der gesamten Prozesskette, einschließlich der Strom- und Spannungswandler und der angeschlossenen Kabel
- > Äußerst unkomplizierte Bedienung mit dem Handprüfgerät CPCOL
- > Sägezahnsignal bis 2 kV oder 800 A möglich
- > Kann auch NCIT gemäß IEC 61850 prüfen

Warum CT Analyzer?

- > Bestimmt die Polarität eines Stromwandlers über einen Vergleich der Spannungszeiger
- > Bestimmt außerdem weitere wichtige Parameter, wie z. B. die Übersetzung und die Phasenverschiebung
- > Ermöglicht die Erzeugung eines Sägezahnsignals zur Prüfung der angeschlossenen Kabel

Warum VOTANO 100?

- > Prüft die Polarität von Spannungswandlern ohne CPCOL mit einer Sinusspannung
- > Misst die Übersetzung und die Polarität gleichzeitig
- > Exklusives Prüfgerät für Spannungswandler

Warum COMPANO 100?

- > Prüft die Polarität der gesamten Prozesskette, einschließlich der Strom- und Spannungswandler, der Anschlusskabel und die Richtungseinstellung von Relais
- > Verwendet ein gleichstromfreies asymmetrisches Prüfsignal zusammen mit CPCOL

Magnetisierungskennlinie

Was kann geprüft werden?

- Isolierung
- ✓ Wicklungen
- ✓ Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde

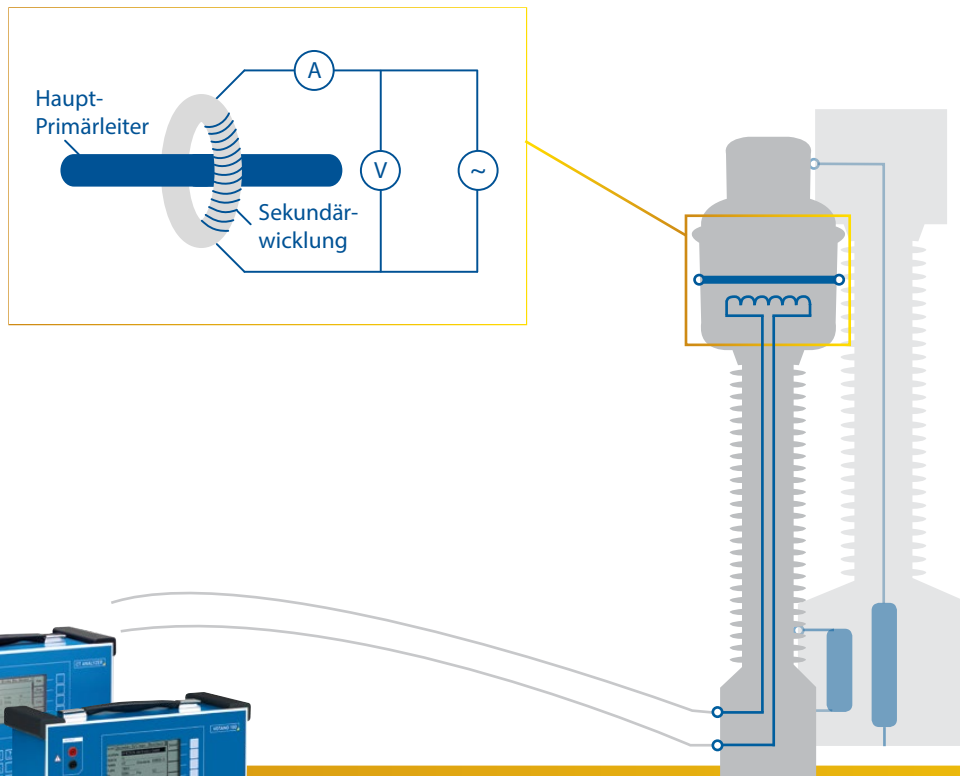
Gründe für eine Messung

Der Magnetisierungsstrom ist für den Messwandlerfehler verantwortlich und bestimmt die Leistungsfähigkeit des Messwandlers. Die Kniepunktspannung ist für die korrekte Funktion des angeschlossenen Schutzgerätes wichtig. Bei Stromwandlern für Messzwecke kann die Magnetisierungskurve für eine Analyse des Überstrombegrenzungsfaktors (FS) eingesetzt werden. Stromwandler für Schutzzwecke gemäß IEC- und IEEE-Normen können unter Berücksichtigung der Magnetisierungskennlinie charakterisiert werden. Die Magnetisierungskurve von Spannungswandlern kann für eine Analyse der Kippschwingung und eine Simulation des Netzwerks eingesetzt werden. Sie weist auch auf kurzgeschlossene Windungen und Kernfehler hin.

Funktionsweise

Die Messung der Magnetisierung erfolgt „indirekt“ über die Sekundärseite des Messwandlers. Auf der Sekundärseite wird eine Spannung angelegt und dann der Magnetisierungsstrom gemessen. Die Prüfung wird bei Nennfrequenz oder mit variabler Frequenz durchgeführt, um die Prüfzeit zu reduzieren und Kniepunktspannungen bis zu mehreren kV mit geringen angelegten Spannungen messen zu können.

Die Kniepunkte für Stromwandler werden anschließend auf der Grundlage der Spezifikationen der IEC- oder IEEE-Normen berechnet.



CPC 100 CT Analyzer VOTANO 100

Wissenswertes ...

Alle beschriebenen Prüfverfahren führen zu ähnlichen Informationen, auch wenn sich die Prüfarten unterscheiden.

Der Ansatz mit variabler Frequenz bietet einen großen Vorteil, weil niedrigere Prüfspannungen eingesetzt werden können. Darüber hinaus kann die Prüfzeit reduziert und es können Stromwandler mit vergleichsweise hohen Kniefpunkten bis 40 kV geprüft werden.

Es ist sehr wichtig, dass Messwandler vor und nach der Prüfung entmagnetisiert werden, um sicherzustellen, dass ihre Leistungsfähigkeit nicht durch einen Restmagnetismus beeinflusst wird.

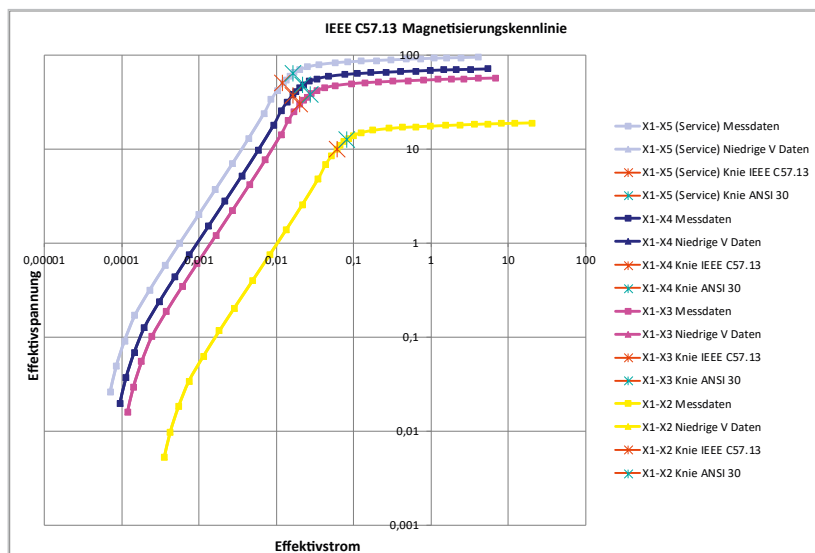
Warum CPC 100?

- > Für eine Hochspannungsprüfung können Prüfspannungen zwischen 0 und 2 kV angelegt werden
- > Trend- und Datenanalysen mit der Primary Test Manager-Software
- > Messungen können bei variablen Prüffrequenzen von 15 Hz bis 400 Hz durchgeführt werden

Warum CT Analyzer/VOTANO 100?

- > Sichere Prüfung durch relativ niedrige Prüfspannung von maximal 120 V
- > Kürzere Prüfzeiten mit der Methode mit variabler Frequenz
- > Hervorragende Störfestigkeit gegen Störungen durch nahegelegene Stromleitungen
- > Integration der Messung der Magnetisierung in den gesamten Messablauf für Stromwandler
- > Hohe Kniefunkte bis 40 kV können mit dem Ansatz mit variabler Frequenz gemessen werden
- > Direkter Vergleich der Magnetisierungskurve mit bestehender Referenzkurve (Trendanalyse)

Magnetisierungskurven eines Mehrfachstromwandlers



Wicklungswiderstand

Was kann geprüft werden?

- Isolierung
- ✓ Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde

Gründe für eine Messung

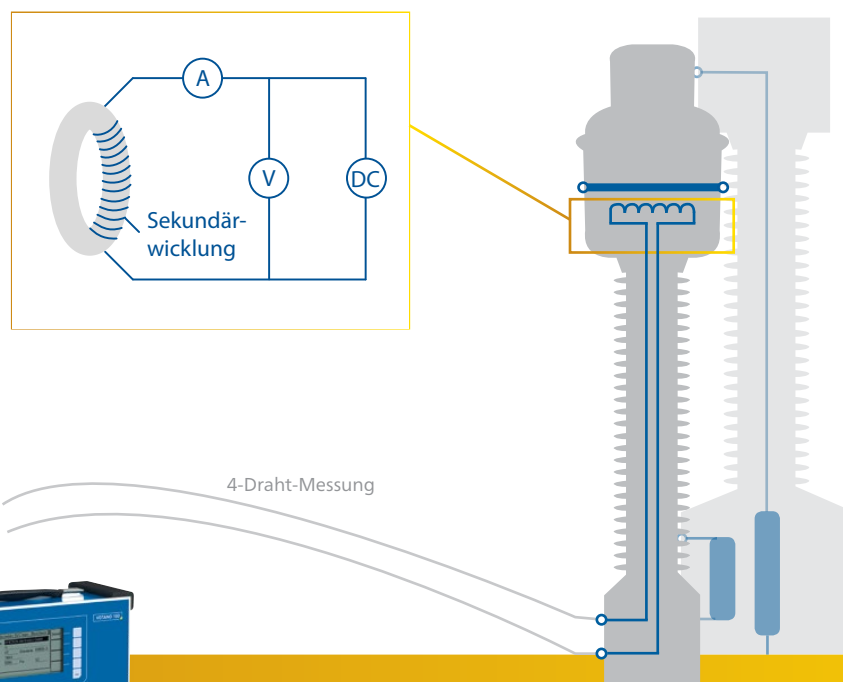
Die Messung wird durchgeführt, um mögliche elektrische Schäden in Wicklungen oder Kontaktprobleme zu erkennen. Die magnetische Induktion von Stromwandlern hängt vom sekundären Wicklungswiderstand ab. Der Spannungsabfall entlang des sekundären Wicklungswiderstands zusammen mit der Bürde bestimmt die Induktion. Wenn der sekundäre Wicklungswiderstand aufgrund von Herstellungs- oder Verbindungsproblemen oder Problemen beim Betrieb nicht innerhalb der Vorgaben liegt, kann die Induktion zu hoch sein und zu Überhitzung oder Einschränkungen beim Betrieb führen.

Die Genauigkeit und der Genauigkeitsgrenzfaktor (ALF) eines Stromwandlers hängen vom sekundären Wicklungswiderstand ab. Je höher der Wicklungswiderstand, umso kleiner der ALF. Windungsschlüsse verändern den Wicklungswiderstand und sind ein Risiko für den Messwandlerbetrieb. Offene Sekundärwicklungen bei Stromwandlern sind gefährlich und können zu hohen Spannungen oder Überhitzung und einem anschließenden Ausfall des Stromwandlers führen.

Funktionsweise

An der Sekundärwicklung des Messwandlers wird ein Gleichstrom oder eine Gleichspannung angelegt. Für Zustandsprüfungen können Wicklungswiderstandsmessungen auch für die Primärwicklung an gewickelten Primärstromwandlern von Bedeutung sein.

Nach der Sättigung des Kerns bleibt der gemessene Strom stabil. Der Wicklungswiderstand errechnet sich dann aus dem Verhältnis von Spannung und Strom.



CPC 100 CT Analyzer VOTANO 100

Wissenswertes ...

Die Messung hilft bei der Prüfung der korrekten Installation von Stromwandlern, die in größeren Betriebsmitteln, wie Leistungstransformatoren oder Leistungsschaltern, integriert sind.

Bei bestimmten Wandlerklassen ist der Wicklungswiderstand eines Stromwandlers Teil der Spezifikation.

Durch eine DC-Messung wird der magnetische Kern gesättigt. Aus diesem Grund muss der Kern nach der Messung des DC-Wicklungswiderstands unbedingt entmagnetisiert werden.

Während der DC-Magnetisierung wird niemals ein stabiler Widerstandswert erreicht. Aus diesem Grund muss eine bestimmte Abweichung R_{dev} festgelegt werden. Wenn der gemessene Wert für eine festgelegte Zeit innerhalb der definierten Abweichung liegt, kann dieser Wert für die Messung verwendet werden (siehe Grafik unten).

Warum CPC 100?

- > Die Prüfung ist in ein multifunktionales Prüfgerät integriert
- > Eine stabile Messung da der Einfluss des Kerns berücksichtigt wird
- > Extreme Störfestigkeit gegenüber äußeren Störquellen
- > Hohe Messgenauigkeit

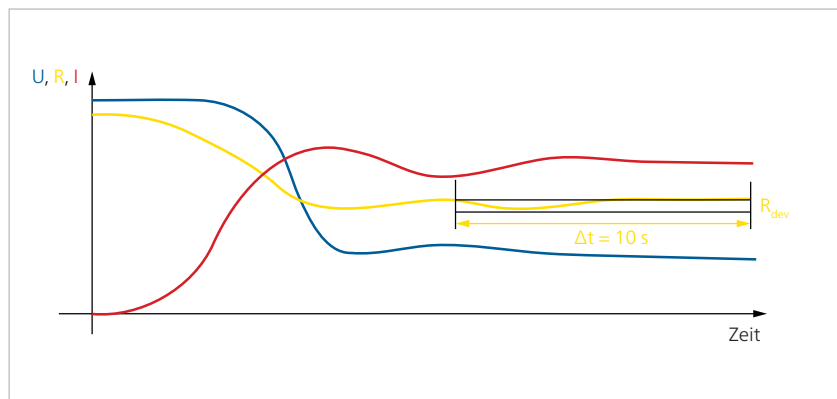
Warum CT Analyzer?

- > Die Messung kann in die vollständige Prüfung des Stromwandlers mit Genauigkeit, Magnetisierung, ALF usw. integriert werden
- > Hohe Genauigkeit von typischerweise 0,05 % + 1 m Ω mit einer Auflösung von 1 m Ω

Warum VOTANO 100?

- > Zusammen mit der vorgeschriebenen externen Anschluss- und Umschaltbox VBO2 kann die Prüfung von einem sicheren Bereich aus durchgeführt werden, ohne dass lange Prüfkabel, mit denen die Messung beeinflusst wird, benötigt werden
- > In den Prüfablauf für Spannungswandler integriert

Wicklungswiderstandsprofil im Zeitverlauf



Bürdenmessung

Was kann geprüft werden?

- Isolierung
- Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- ✓ Bürde

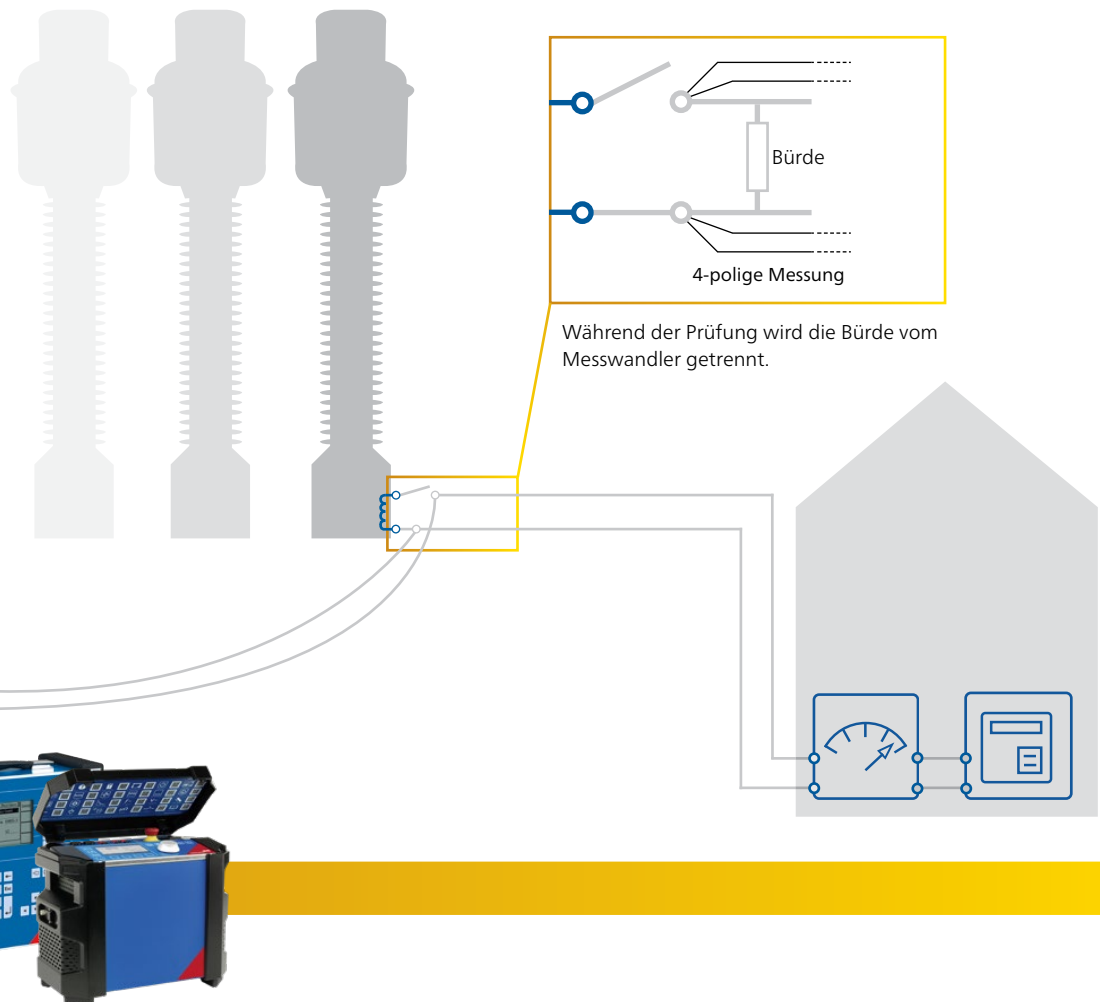
Gründe für eine Messung

Da die angeschlossene Bürde das Übertragungsverhalten des Messwandlers stark beeinflusst, muss für seinen korrekten Betrieb die genaue Betriebsbürde bekannt sein. Die Messung kann den Einfluss von Kabeln und Anschlüssen auf die Bürdenimpedanz bestimmen. Da die Bürde die Genauigkeit von Messwandlern bestimmt und/oder beeinflusst, sollten die Bürdenwerte bekannt sein und die angegebene Bürde sollte nicht über- oder unterschritten werden.

Eine Messung der Bürde kann auch auf falsche oder fehlende Anschlüsse hinweisen und einen Leerlaufbetrieb eines Stromwandlers bzw. den Kurzschlussbetrieb eines Spannungswandlers verhindern.

Funktionsweise

Die Bürde wird an das Messgerät und nicht an den Messwandler angeschlossen. Die Messung der Bürde erfolgt mit einer komplexen Impedanzmessung (mit Betrag und Phase). Der Bürdenwert wird in VA und als Impedanz angezeigt. Die Leistungsangaben beziehen sich immer auf die sekundäre Nennspannung oder den Nennstrom.



Wissenswertes ...

Aufgrund eines geänderten Arbeitspunkts kann die Bürde den ALF von Stromwandlern für Schutzzwecke beeinflussen, weil die Stromwandler zu früh gesättigt sind. Bei Stromwandlern für Messzwecke kann die Kernsättigung als Schutzfunktion für die angeschlossenen Messgeräte beeinträchtigt werden, wenn eine Bürde mit falscher Polarität oder falschem Wert angeschlossen ist.

Bei Spannungswandlern ist der Bürdenstrom zusammen mit dem Magnetisierungsstrom verantwortlich für den Wandlerfehler. Da der Einfluss des Magnetisierungsstroms grundsätzlich kleiner ist und während der Herstellung kompensiert werden kann, dominiert der Bürdenstrom. Aus diesem Grund ist die Betriebsbürde wichtig.

Der Messwandler kann zerstört werden, wenn beim Anschließen Kurzschlüsse (Spannungswandler) oder offene Stromkreise (Stromwandler) entstehen.

Warum CPC 100?

- > Multifunktionaler Einsatz für Strom- und Spannungswandler und Bürden aller Werte und Modelle
- > Messgenauigkeit von 0,1 % des automatisch gewählten Bereichs (0 - 0,3/3/30/300 VAC)
- > Vorhandene Messdaten können jederzeit in das Messgerät geladen werden
- > Die Ausgabespezifikationen ermöglichen Prüfungen mit Nennströmen und -spannungen sowie höheren Werten

Warum CT Analyzer und VOTANO 100?

- > Messung der Bürde kann in den Ablauf der gesamten Messwandlerprüfung, einschließlich aller von der Norm geforderten Parameter, integriert werden
- > Neuberechnung/Simulation der Messwandlergenauigkeit für verschiedene Bürden und Primärströme/-spannungen möglich
- > Vorhandene Messdaten können jederzeit in das Messgerät geladen werden

Warum COMPANO 100?

- > Kombination von Verdrahtungsprüfungen mit Bürdenmessungen
- > Kann dank der Batterieversorgung und dem geringen Gewicht einfach transportiert werden

Einfluss der Bürde auf die Spannungswandler-Genauigkeit

Leistung			Spannungsmessabweichung in % bei % der Nennspannung				
VA	cos Phi	Bürde in %	2%	5%	80%	100%	120%
15	0.8	100	0.088%	0.123%	0.177%	0.177%	0.176%
		3.75	0.033%	0.362%	0.415%	0.417%	0.415%
15	0.8	100	4.825	4.287	3.180	3.186	3.245
		3.75	2.802	2.263	1.155	1.161	1.220
15	0.8	100	-0.57%	-0.54%	-0.482%	-0.481	-0.483%
		3.75	-0.33%	-0.30%	-0.246%	-0.245	-0.246%
15	0.8	100	2.320	1.7825	0.678	0.683	0.737
		3.75	0.302	-0.235	-1.340	-1.335	-1.300

Einfluss der Bürde auf die Stromwandler-Genauigkeit

LEISTUNG		Strommessabweichung in % bei % des Nennstroms									
VA	cos Phi	Bürde in %	1%	5%	10%	20%	50%	100%	120%	200%	
15	0.8	100	-0,023	-0,023	-0,021	-0,018	-0,013	-0,010	-0,009	-0,008	
		25	-0,023	-0,023	-0,021	-0,018	-0,013	-0,010	-0,009	-0,008	
7,5	0.8	100	-0,008	-0,010	-0,010	-0,008	-0,006	-0,004	-0,003	-0,002	
		25	-0,008	-0,010	-0,010	-0,008	-0,006	-0,004	-0,003	-0,002	
3,75	1	100	0,005	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	
		25	0,005	0,001	0,000	-0,001	-0,000	0,000	0,001	0,001	
0	1	100	0,007	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	
		25	0,007	0,005	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	

Teilentladungsanalyse

Was kann geprüft werden?

- ✓ Isolierung
- Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde

Gründe für eine Messung

Teilentladungen (TE) können die Isolierung von Messwandlern beschädigen. TE können durch Hohlräume oder Luft einschlüsse in Gießharzwandlern oder aufgrund lokaler Hot-Spots, scharfkantiger Oberflächen oder eindringender Feuchtigkeit in Messwandlern (unabhängig von der Art der Isolierung) verursacht werden. Darüber hinaus können Fehler bei der Auslegung zu einer hohen lokalen Feldstärke und damit zu TE-Aktivität führen. Dies kann zu Fehlern der Messwandler und damit zu kostspieligen Ausfällen führen.

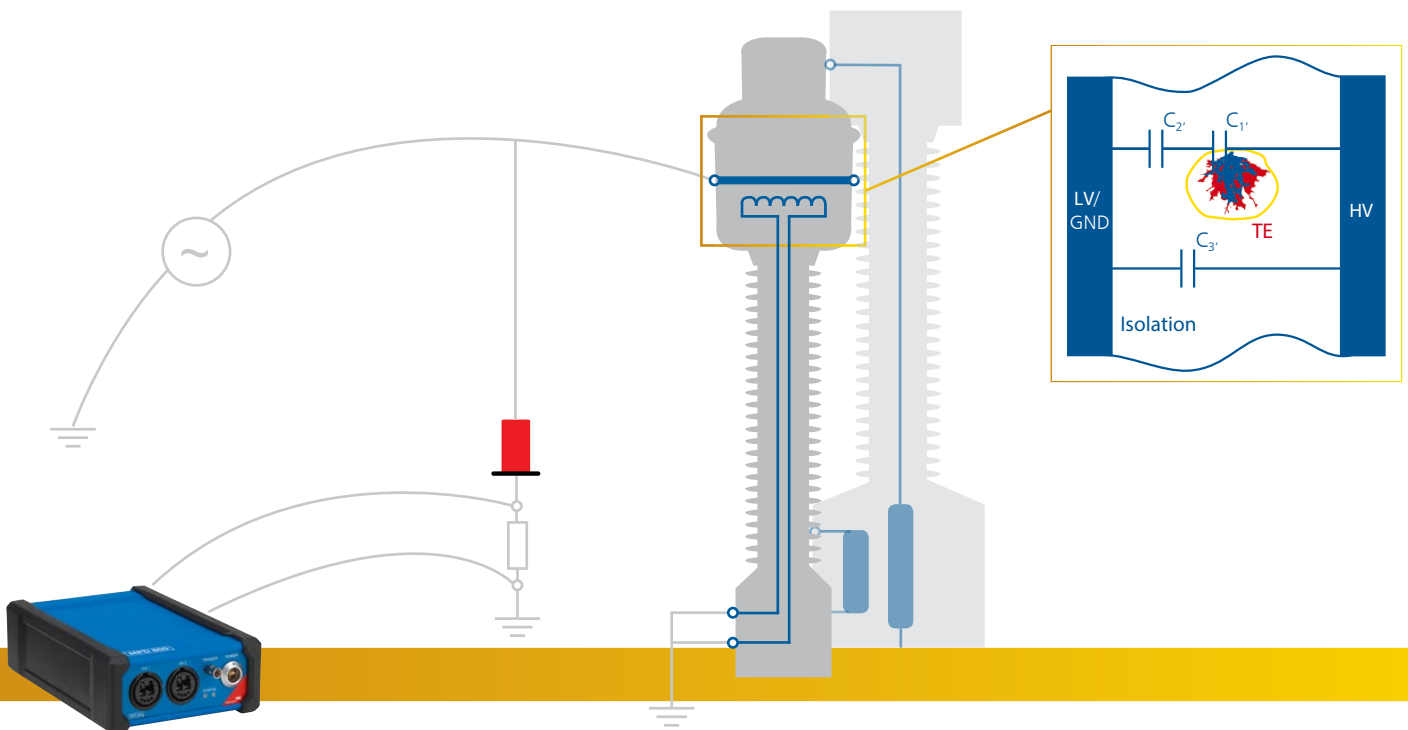
TE können auch entstehen, wenn das Isoliermaterial zwischen verschiedenen Spannungspotentialen gealtert, verschmutzt oder fehlerhaft ist.

Die TE-Messung ist ein zuverlässiges und nicht-invasives Verfahren, das zur Diagnose des Isolierzustands eines Messwandlers eingesetzt wird. Sie kann für die Diagnose im Labor (im Rahmen der Werksabnahme) und bei Vor-Ort-Prüfungen eingesetzt werden, um kritische Fehler zu identifizieren und Risiken zu bewerten.

Funktionsweise

Bei der Messung und Analyse der TE-Aktivität in Messwandlern werden die spezifischen Prüfungen und Prüfverfahren durch die Art des Messwandlers und die Norm, nach der die Messungen durchgeführt werden, bestimmt. Je nach Messwandlertyp wird das TE-Analysegerät entweder an einen externen Koppelkondensator oder an die Erde des Messwandlers angeschlossen.

TE werden typischerweise in pC gemessen. Moderne Störungsunterdrückungsverfahren werden allgemein in störungsbehafteten Umgebungen eingesetzt um Störeinflüsse zu minimieren.



Wissenswertes ...

TE ist eine lokale elektrische Entladung, die eine feste oder flüssige Isolierung bei hoher Spannungsbeanspruchung (hoher Feldstärke) nur teilweise überbrückt.

Es wird ein Prüfkreis installiert, damit die kurzgeschlossene Kapazität über den Koppelkondensator nachgeladen wird. Der Nachladestrom kann gemessen und zum Entladepegel ins Verhältnis gesetzt werden.

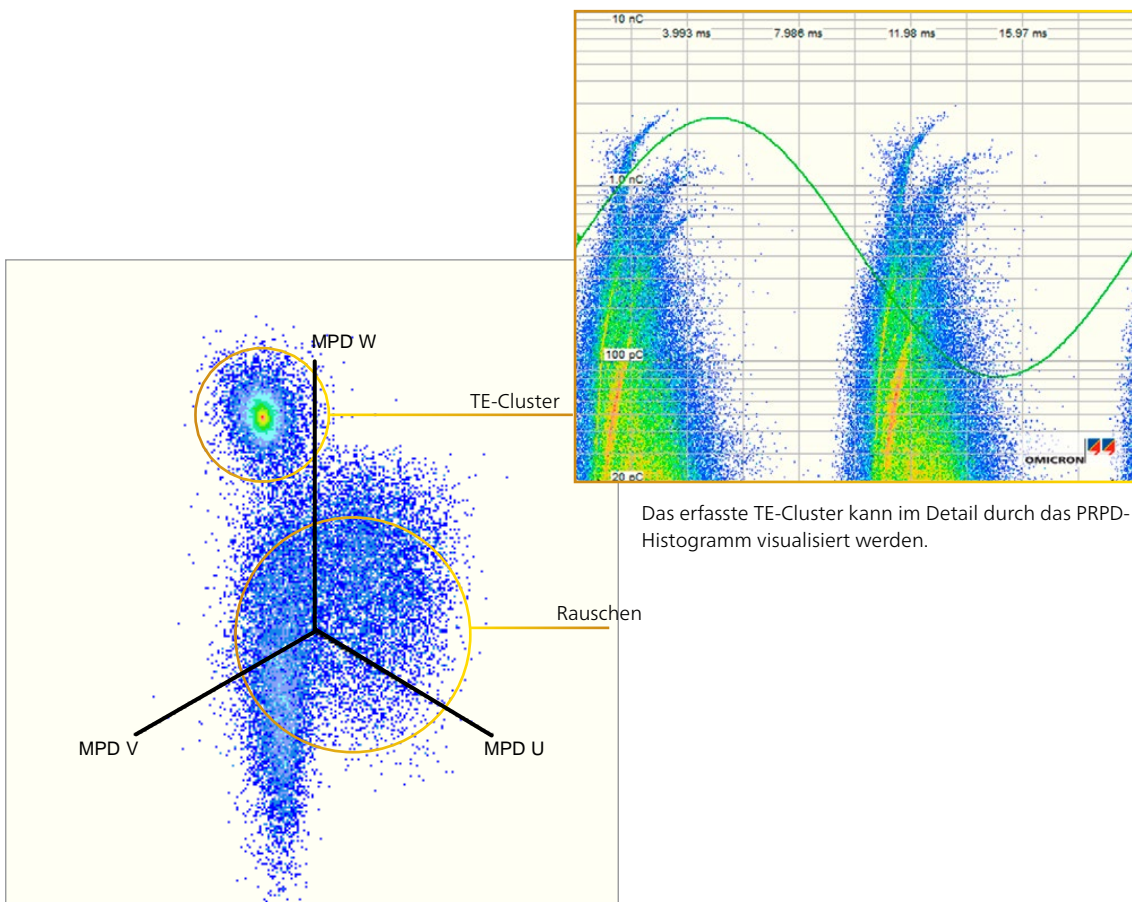
Über eine Auswertung des Musters können interne und externe Teilentladungen, sowie Oberflächenentladungen oder Leerlaufgleichspannungen voneinander getrennt werden.

Die multi-spektrale TE-Messung, 3CFRD genannt, kann verwendet werden, um unterschiedliche TE-Quellen über eine Analyse der unterschiedlichen Frequenzantworten der Teilentladungen mit nur einem Messkanal voneinander zu trennen.

Eine abgleichende Messbrücke (MBB1) ermöglicht eine einphasige TE-Prüfung und kann sowohl für AC- als auch für DC-Prüfanordnungen im Labor oder vor Ort eingesetzt werden. Dies ist besonders bei Umgebungen mit starken Störeinflüssen hilfreich.

Warum MPD 800?

- > IEC-konforme TE-Messungen an Messwandlern
- > Galvanische Trennung über Glasfaserkabel garantiert sicheren Betrieb
- > Synchrone mehrkanalige TE-Messung und Gating-Funktionen
- > Aufzeichnung und Wiedergabe von TE-Datensätzen für die spätere Analyse
- > Aktive Störungsunterdrückung und Gating-Verfahren für eine optimale Genauigkeit trotz Störungen
- > Anpassbare Software ermöglicht Anwendern, nur die TE-Analysetools auszuwählen, die sie benötigen



Das erfasste TE-Cluster kann im Detail durch das PRPD-Histogramm visualisiert werden.

Ein 3PARD (3-Phase Amplitude Relation Diagram) trennt die TE-Quellen vom Rauschen

Dielektrische (Frequenz-) Antwortmessung

Was kann geprüft werden?

- ✓ Isolierung
- Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde

Gründe für eine Messung

Die Analyse der dielektrischen Antwort, auch bekannt als dielektrische Frequenzantwortmessung, wird für die Bewertung des Feuchtegehalts der Zellulose-Isolierung von induktiven Messwandlern mit Öl-Papierisolierung und damit ihres Zustands eingesetzt.

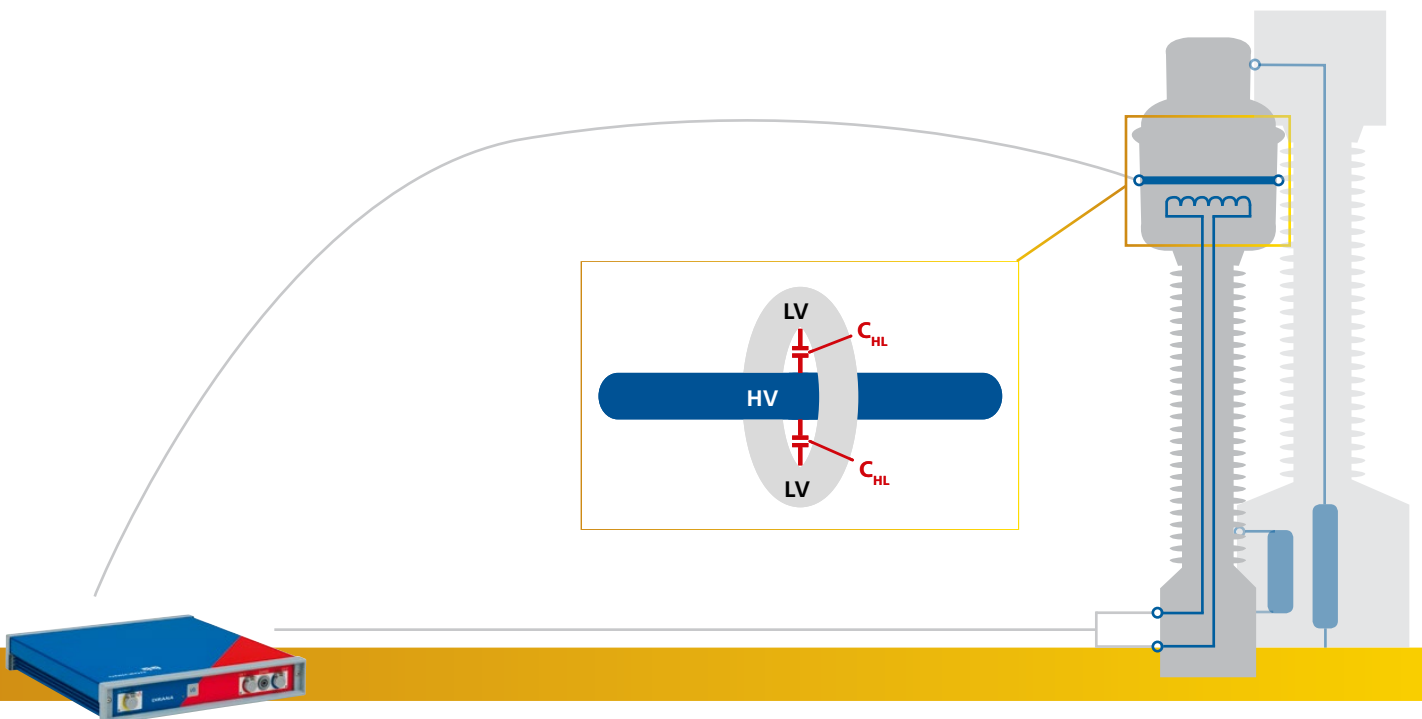
Grund für die Feuchte in Messwandlern mit Öl-Papierisolierung sind entweder eine unzureichende Trocknung während der Herstellung oder undichte Stellen. Feuchte führt zu einer reduzierten Durchschlagfestigkeit und größeren Verlusten.

Ein hoher Feuchtegehalt in der Isolierung von Messwandlern mit Öl-Papierisolierung kann Fehler verursachen, die zur vollständigen Zerstörung des Messwandlers führen können. Aus diesem Grund ist der Feuchtegehalt in der Isolierung ein wichtiger Faktor bei der Zustandsbewertung.

Funktionsweise

Die Hauptisolierung von Stromwandlern ist für Messungen direkt zugänglich. Bei Spannungswandlern ist ein direkter Zugang zur kompletten Hauptisolierung schwierig, da sie die Summe der Isolierung aller einzelnen Windungen der Primärwicklung ist. Allerdings kann die dielektrische Antwort zwischen der Primär- und Sekundärwicklung und zwischen der Primärwicklung und der Erde gemessen werden.

Der Verlustfaktor dieser Isolierung wird über einen breiten Frequenzbereich gemessen. Der resultierende Kurvenverlauf bietet Informationen über den Isolationszustand.



Wissenswertes ...

Kein anderes nicht-invasives Messverfahren bietet die Möglichkeit, den Feuchtegehalt in Messwandlern mit vergleichbar hoher Präzision zu bestimmen.

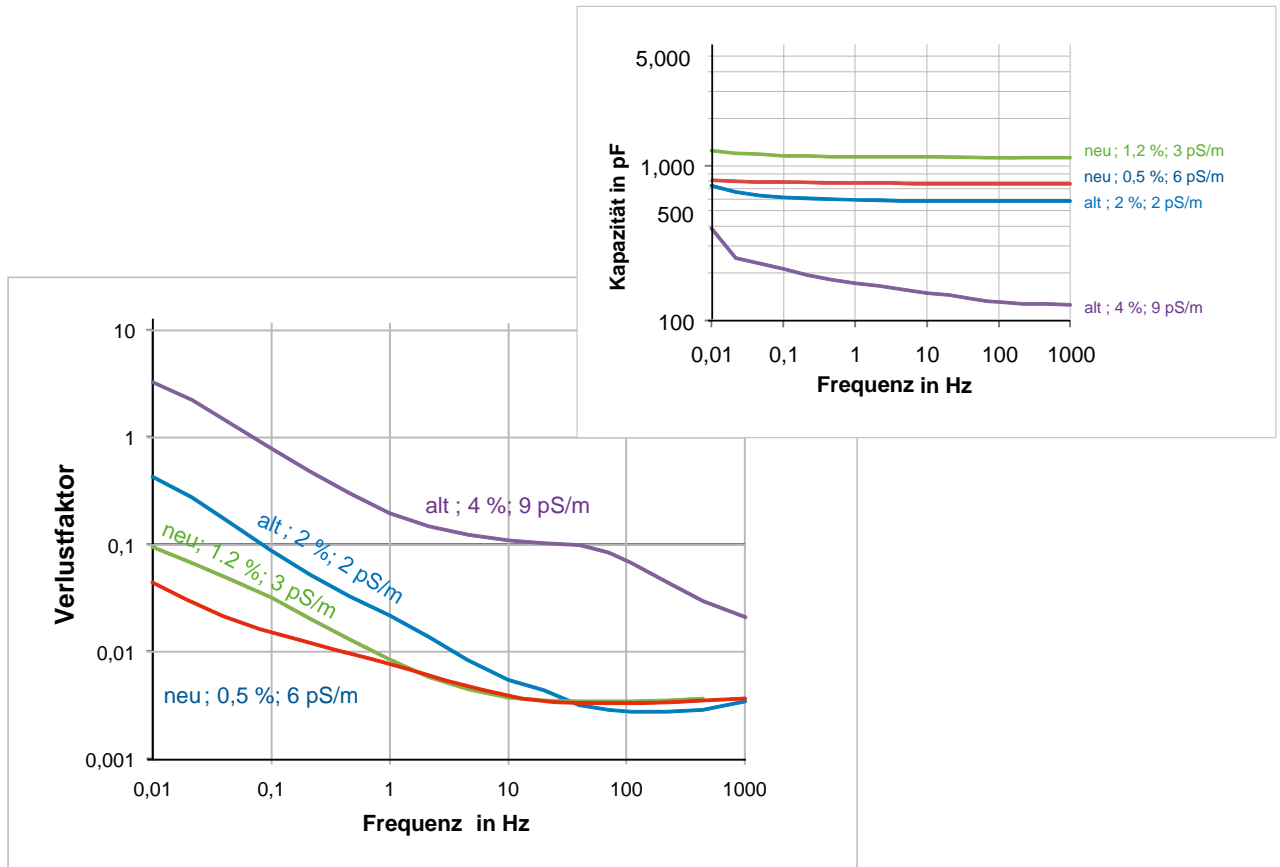
Der Feuchtegehalt wird unmittelbar in der Zellulose bestimmt und nicht von der Feuchte im Öl abgeleitet. Aus diesem Grund kann das Verfahren bei allen Temperaturen angewendet werden. Es muss nicht gewartet werden, bis sich ein Gleichgewicht der Feuchtigkeit zwischen Papier und Öl einstellt.

Um die Zuverlässigkeit der Messergebnisse zu optimieren, ist es immer sinnvoll, mehrere Messungen von einzelnen Wandlern durchzuführen und auch so viele gleichartige Wandler wie möglich zu messen und anschließend die Ergebnisse zu vergleichen (Referenzergebnisse).

Messungen der Kapazität in Abhängigkeit von der Frequenz können auch verwendet werden, um die Alterung der Isolierung zu bestimmen. Bei neuen Messwandlern verändert sich der Kapazitätswert nicht. Bei älteren Messwandlern nimmt er mit steigender Frequenz ab.

Warum DIRANA?

- > Zuverlässige Bestimmung des Feuchtegehalts von Messwandlern
- > Extrem kurze Messzeiten durch eine Kombination von Messverfahren (FDS und PDC)
- > Breiter Frequenzbereich (10 μ Hz ... 5 kHz)



Dielektrische Antwort und kapazitives Verhältnis von Messwandlern mit unterschiedlichem Alter und Zustand

Kapazitäts- und Verlustfaktormessung

Was kann geprüft werden?

- ✓ Isolierung
 - Wicklungen
 - Kern
- ✓ Kapazitiver Spannungsteiler
 - Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
 - Bürde

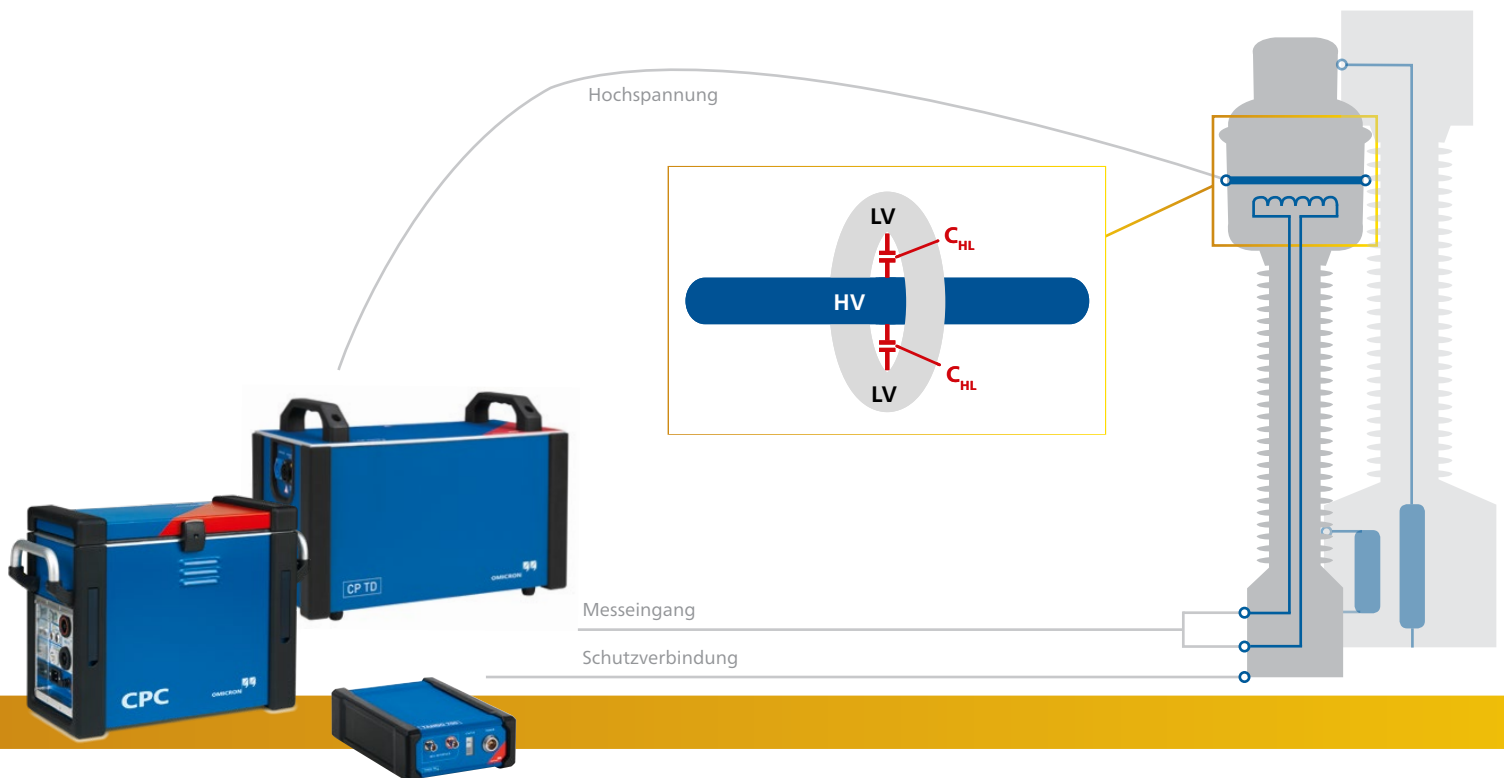
Gründe für eine Messung

Messungen des Verlustfaktors (VF) werden durchgeführt um den Zustand der Isolierung von Messwandlern zu untersuchen, der für ihren zuverlässigen Betrieb eine wichtige Rolle spielt.

Ein Eindringen von Wasser verursacht eine Zunahme der dielektrischen Verluste die mit den VF-Messungen quantitativ bestimmt werden können. Über Messungen am kapazitiven Teiler eines kapazitiven Spannungswandlers lassen sich Kurzschlüsse im kapazitiven Teiler feststellen. Eine der häufigsten Ursachen für Messwandler-Fehlfunktionen sind Fehler in der Isolierung.

Funktionsweise

Die Messungen werden an der Hauptisolierung des Messwandlers durchgeführt, auf die zwischen dem primären und sekundären Leiter zugegriffen werden kann. Bei Stromwandlern werden die Wicklungen gebrückt und die Prüfspannung wird an einer Wicklung angelegt, während der Strom durch die Isolation an der gegenüberliegenden Wicklung gemessen wird. Bei Spannungswandlern ist ein direkter Zugriff auf die gesamte Hauptisolierung schwierig. Allerdings kann die Messung zwischen der Primär- und Sekundärwicklung und zwischen der Primärwicklung und der Erde durchgeführt werden.



Wissenswertes ...

Für eine Bewertung der Messergebnisse ist es von Vorteil, die Werte mit früheren Ergebnissen, mit den Ergebnissen gleichartiger Geräte sowie mit den Referenzwerten der für das geprüfte Betriebsmittel relevanten Normen zu vergleichen.

Ein Anstieg der Kapazität von mehr als 10 % im Vergleich zu früheren Ergebnissen wird normalerweise als gefährlich eingestuft. Ein solcher Anstieg zeigt an, dass ein Teil der Isolierung kurzgeschlossen ist und die dielektrische Belastung auf der übrigen Isolierung zu hoch ist.

Standard-VF-Messungen bei 50 Hz oder 60 Hz können lediglich die Auswirkungen von Feuchte und Alterung in einem fortgeschrittenen Stadium erkennen. Mit der Messung über einen breiteren Frequenzbereich können diese Auswirkungen in einem früheren Stadium erkannt werden, wodurch eine längere Reaktionszeit zur Planung von Gegenmaßnahmen möglich ist.

Wird ein hoher VF erkannt, kann eine dielektrische Antwortmessung als ergänzendes Diagnoseverfahren eingesetzt werden. Diese dielektrische Messung in einem breiten Frequenzbereich kann eingesetzt werden, um zu bestimmen, ob der hohe VF durch Feuchte verursacht wird.

Warum CPC 100 und CP TD12/15?

- > Allgemeine Zustandsdiagnose verschiedenster Betriebsmittel vor Ort und während der Herstellung

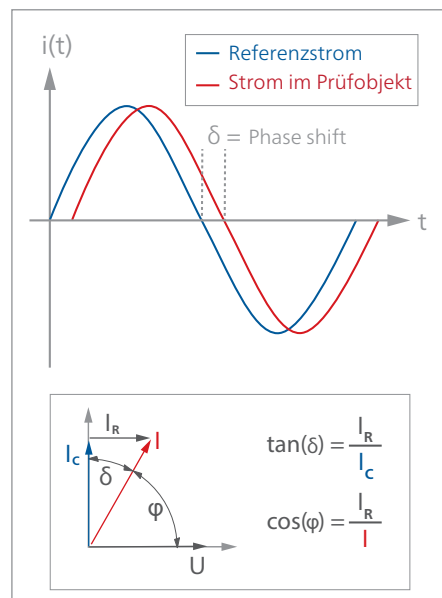
Warum CPC 80 und CP TD12/15?

- > Spezielle Prüfung des Verlustfaktors verschiedenster Betriebsmittel vor Ort und während der Herstellung

Warum TANDO 700?

- > HS-Laborprüfungen, z. B. für Stückprüfungen und Bauartprüfungen oder Materialprüfungen verschiedenster Betriebsmittel

Die dielektrischen Verluste führen zu einer Phasenverschiebung.



Genauigkeitsgrenzfaktor (ALF) und Klemmenspannung (V_b)

Was kann geprüft werden?

- Isolierung
- ✓ Wicklungen
- ✓ Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- ✓ Bürde

Gründe für eine Messung

Die Genauigkeit von Stromwandlern variiert bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen aufgrund der Nichtlinearität des magnetischen Kerns. Mit abnehmender Induktivität des Kerns aufgrund der Sättigung wird die Messabweichung größer. Unter Überstrombedingungen ändert sich daher die Genauigkeit. Der ALF (IEC) und die Klemmenspannung (IEEE) geben an, ob ein Messwandler für Schutzzwecke Fehlerströme unter Berücksichtigung der vorgegebenen/angeschlossenen Bürde mit ausreichender Genauigkeit messen kann.

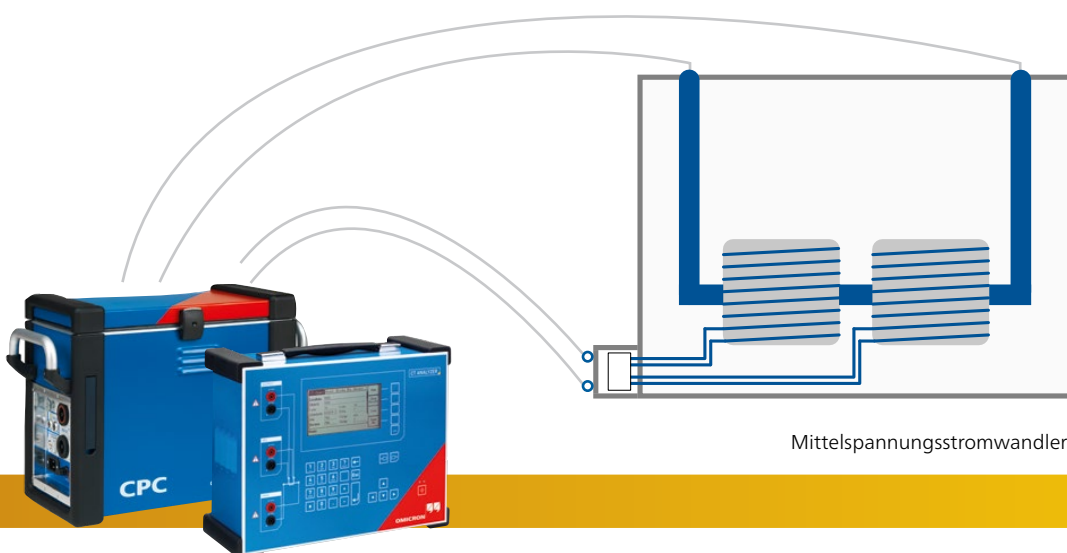
Der ALF kann als Betriebsstrom bezogen auf den Nennstrom definiert werden, bei dem die Genauigkeit weiterhin innerhalb der festgelegten Grenzwerte liegt. Die Klemmenspannung V_b entspricht der Spannung der Standardbürde bei 20-fachem Bemessungsstrom, ohne 10 % Gesamtmessabweichung zu überschreiten.

Funktionsweise

Mit dem indirekten Verfahren gemäß IEC werden der Wicklungswiderstand, die Bürde und die Magnetisierungskurve direkt gemessen. Aus den Ergebnissen lässt sich auf der Grundlage des vereinfachten Ersatzschaltbilds der ALF ableiten.

Um zu prüfen, ob ein Stromwandler der Klasse C nach IEEE die Anforderungen für die Klemmenspannung erfüllt (zum Beispiel 400 V), wird die Übersetzungskorrektur oder die Gesamtmessabweichung auf der Grundlage der Magnetisierungskurve und der Bürde für den 20-fachen sekundären Bemessungsstrom berechnet. Der Stromwandler erfüllt die Anforderungen, wenn die Gesamtmessabweichung unter 10 % liegt.

Beim direkten Verfahren wird ein sinusförmiger Strom an der Primärseite des Stromwandlers in Höhe des Bemessungs-Genauigkeitsgrenzstroms angelegt. Die Sekundärseite wird mit der Bemessungsbürde verbunden und die Genauigkeit sollte ermittelt werden.



Wissenswertes ...

Der Parameter I_{PL} ist der Bemessungs-Begrenzungsstrom bei einem Wandler für Messzwecke und der Genauigkeitsgrenzstrom bei einem Wandler für Schutzzwecke. Das Verhältnis des Stroms I_{PL} zum primären Bemessungsstrom I_{PR} ist für Stromwandler zu Schutzzwecken als Genauigkeitsgrenzfaktor (ALF) und für Stromwandler zu Messzwecken als Überstrombegrenzungsfaktor (FS) bekannt.

Stromwandler für Schutz- und Messzwecke haben jeweils unterschiedliche Anforderungen. Stromwandler für Messzwecke werden im linearen Bereich betrieben und sollten bei Überströmen in Sättigung gehen, um die angeschlossenen Geräte zu schützen. Stromwandler für Schutzzwecke sollten dagegen sowohl bei Nenn- als auch bei Überströmen mit einer höheren Sättigung korrekt funktionieren.

Für eine Überprüfung der Klemmenspannung V_b (falls für eine bestimmte Bürde nicht bekannt) muss die Spannung an der Bürde exakt bei 10 % Abweichung bestimmt werden. Wenn diese Spannung z. B. 480 V beträgt, wird der Stromwandler als C 400 Stromwandler eingestuft.

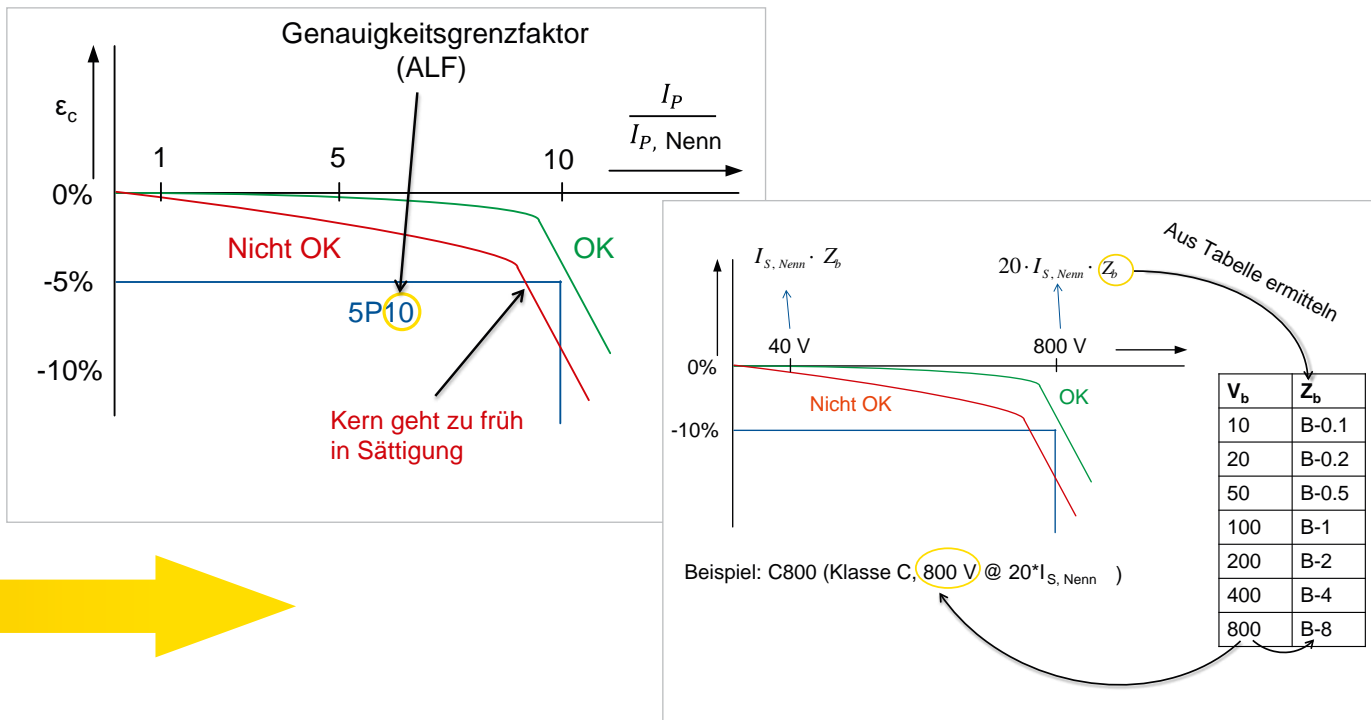
Warum CPC 100?

- > Primärprüfgerät für die Prüfung von Stromwandlern mittels Primäreinspeisung
- > Mit der ALF-Vorlage kann der ALF zusätzlich mit dem indirekten Verfahren berechnet werden

Warum CT Analyzer?

- > Ableitung des ALF mit dem direkten Verfahren möglich (gemäß IEC 60044-1 und IEC 61869-2)
- > Messung ist Teil der gesamten Stromwandlerprüfung mit Niederspannung
- > Es kann der indirekte und direkte ALF bestimmt werden
- > Die Klemmenspannung kann überprüft werden, sofern sie unbekannt ist
- > Die Messergebnisse erlauben eine Klassenbewertung gemäß Vorgaben der Norm

Stromwandlerfehler in Bezug auf den Primärstrom:
erklärt die Anforderungen an den ALF und die Klemmenspannung



Messung des Restmagnetismus

Was kann geprüft werden?

- Isolierung
- Wicklungen
- ✓ Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde

Gründe für eine Messung

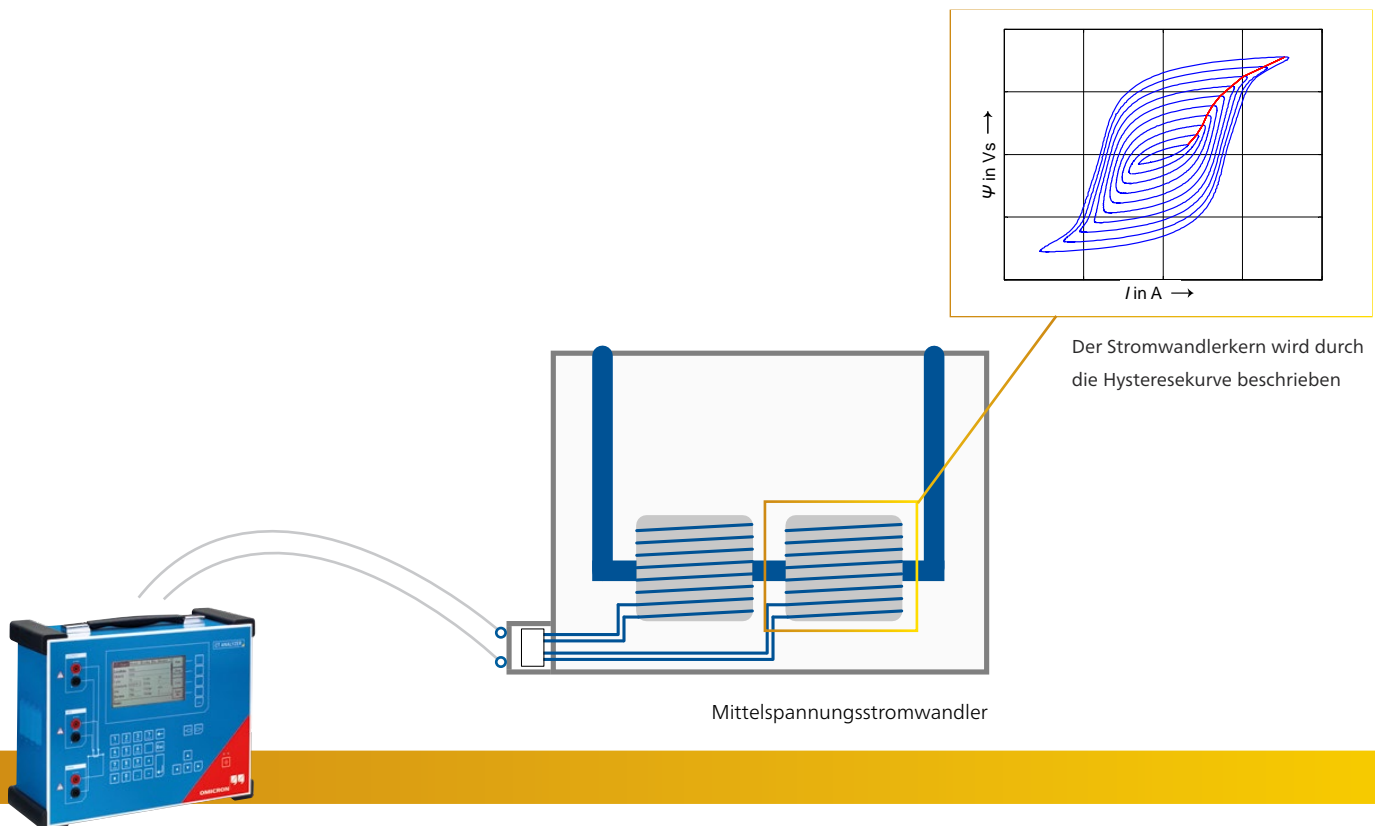
Die Messung erkennt eine verbleibende Magnetisierung des magnetischen Kerns aufgrund von Fehlerströmen, DC-Komponenten während des Schaltvorgangs, DC-Messungen oder Blitzschlag.

Eine derartige Vormagnetisierung in einem Stromwandler kann zu einer Verschiebung des Arbeitspunkts führen, was eine Fehlfunktion von Schutzrelais oder grundsätzlich eine Fehlinterpretation der Systemströme verursachen kann.

Die Messungen und Analyse der Remanenz und der Restmagnetisierung sollten durchgeführt werden, bevor ein Stromwandler in Betrieb genommen wird, um die korrekte Funktionsweise sicherzustellen, bzw. nachdem ein Stromwandler DC-Strömen ausgesetzt war und nach einer Messung des Wicklungswiderstandes mit DC.

Funktionsweise

Das Software-Tool bestimmt die Restmagnetisierung im Kern von Stromwandlern. An die sekundärseitige Anschlussklemme wird eine alternierende DC-Spannung angelegt, um die Sättigung zu ermitteln. Anschließend wird der Sättigungsfluss bestimmt. Der remanente Fluss wird über die Differenzen zwischen der anfänglichen Magnetisierungskennlinie und der Kennlinie nach einigen alternierenden DC-Spannungszyklen berechnet, wenn das System wieder symmetrisches Verhalten zeigt. Nach der Messung wird der Kern des Stromwandlers entmagnetisiert.



Wissenswertes ...

Bei einem Systemfehler schaltet die an die Messwandler angeschlossene Schutzeinrichtung die betroffenen Bereiche des Netzes ab und hilft so, schwerwiegendere Schäden zu verhindern.

Allerdings unterbricht eine nicht selektive Auslösung der Schutzsysteme, d. h. wenn kein Fehler im betreffenden Schutzbereich vorliegt (ungewollte netzfehlzustandsunabhängige Ausschaltung), den regulären Netzbetrieb und hat negative Auswirkungen auf die Verfügbarkeit und Selektivität.

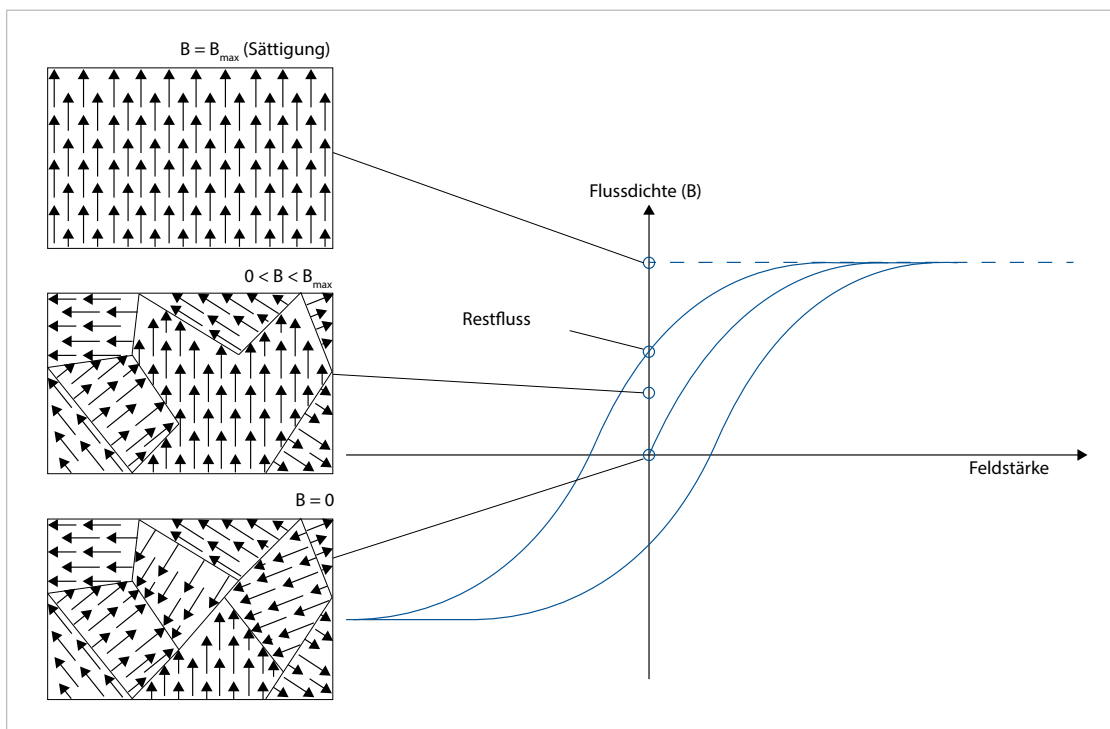
Es ist wichtig zu wissen, ob im Kern von Stromwandlern ein Restfluss vorliegt, da dieser Restfluss die verfügbare Aussteuerung in eine Richtung reduziert und es schwieriger ist, eine Sättigung unter Fehlerbedingungen zu vermeiden.

Um negative Auswirkungen aufgrund einer Restmagnetisierung zu vermeiden, können die Kerne von Stromwandlern entweder überdimensioniert werden oder mit Luftspalten ausgestattet werden. Mit Luftspalten wird die Hysteresekurve flacher und die Kernsättigung setzt bei höheren magnetischen Feldstärken ein. Die Remanenz kann reduziert werden. Je größer die Luftspalte, desto kleiner die Remanenz. Anstelle von nur einem Luftspalt können auch mehrere Luftspalte über den Umfang des Kerns verteilt sein.

Warum CT Analyzer?

- > Genaue Messung der Remanenzfaktoren und des Restmagnetismus
- > Bestimmung des Remanenzfaktors K_r und des Restflusses in einem automatisierten Prüfablauf
- > Entmagnetisierung des Stromwandlerkerns nach der Messung, um eine Restmagnetisierung im Stromwandler auszuschließen
- > Ergebnisse innerhalb von Sekunden

Magnetisierungs-/Hysteresekurve entspricht den internen Magnetisierungsprozessen des magnetischen Kerns



Transiente Stromwandler-Parameter

Was kann geprüft werden?

- Isolierung
- Wicklungen
- ✓ Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde

Gründe für eine Messung

Stromwandler werden unter symmetrischen Wechselstrombedingungen betrieben, sind jedoch im Betrieb, umgebungsbedingt, oder während Wartungsarbeiten auch Gleichstromkomponenten ausgesetzt. Bei transienten Einflüssen, etwa bei Kurzschluss oder Umschaltungen, sind Stromwandler einer exponentiell abklingenden Gleichstromkomponente ausgesetzt. Die Folge ist eine asymmetrische Magnetisierung und damit verbleibende Magnetisierung im Magnetkern. Asymmetrische Magnetisierung und Restmagnetisierung können zu Fehlfunktionen der Schutzgeräte führen.

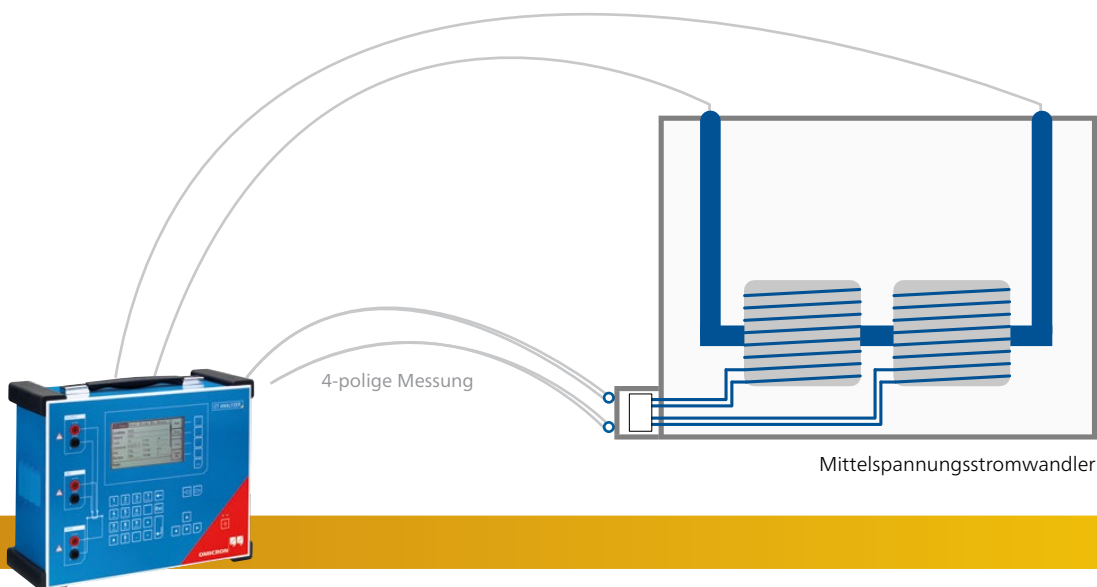
Für eine korrekte Systemauslegung zu Nenn- und Fehlerbedingungen auch nach dem Einfluss von DC-Komponenten muss der Schutzstromwandler „überdimensioniert“ werden. DC-Komponenten magnetisieren und können Stromwandlerkerne sättigen (je nach Design und Material des Kerns). Dies führt zu einem unsymmetrischen Betrieb.

Es werden unterschiedliche Parameter festgelegt, um ein weniger empfindliches Verhalten unter diesen Bedingungen zu erreichen.

Wichtige transiente Parameter: K_{td} , t_{al} , K_{tr} , K_x , K_{ssc}

Funktionsweise

Die transienten Stromwandler-Parameter erhält man über eine Messung der Parameter des Stromwandler-Ersatzschaltbilds und eine anschließende Bestimmung der Kenndaten aufgrund der angeschlossenen sekundären Bürde.



Wissenswertes ...

Die IEC-Norm definiert unterschiedliche Schutzklassen für Stromwandler. Die Klassen TPX, TPY und TPZ haben besondere Anforderungen an das transiente Übertragungsverhalten. Bei einem Fehler darf eine DC-Komponente das korrekte Verhalten des Stromwandlers für diese Klassen während unterschiedlicher Betriebszyklen nicht beeinflussen.

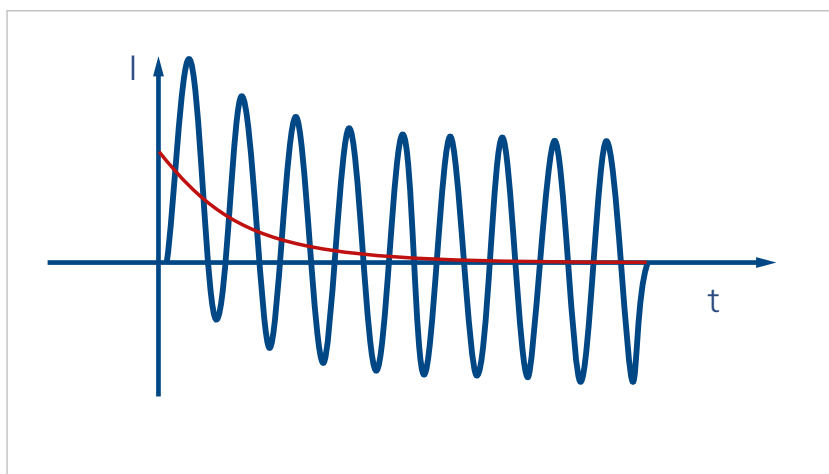
Diese Kriterien können durch eine Überdimensionierung des Stromwandler-Kerns, eine Verwendung von Material mit einer geringen Remanenzinduktion, oder über Luftspalte erfüllt werden. Letztere führen zu einem linearen Verhalten. Eine DC-Komponente kann nicht voll transformiert werden und schadet dem Stromwandler nicht.

Es muss eine bestimmte Messung durchgeführt werden (siehe „Restfluss“), um den Restfluss im Stromwandler-Kern zu bestimmen. Nach jeder Stromwandler-Messung muss der Stromwandler-Kern entmagnetisiert werden, insbesondere nach der Prüfung des Wicklungswiderstands mit DC.

Warum CT Analyzer?

- > Die Leistungsfähigkeit eines Stromwandlers im Fall von transienten Fehlern wird bereits in einem sehr frühen Stadium der Produktion festgestellt
- > Entscheidung, ob ein Stromwandler für ein bestimmtes Netz mit den erwarteten Fehlerströmen geeignet ist oder nicht
- > Entscheidung, ob ein Stromwandler für einen bestimmten Betriebszyklus geeignet ist oder nicht
- > Die transienten Parameter sind bekannt, um die korrekten Schutzfunktionen der Relais einstellen zu können

Kurzschlussstrom mit abnehmender DC-Komponente (rote Linie)



Wir schaffen Nutzen für unsere Kund:innen durch ...

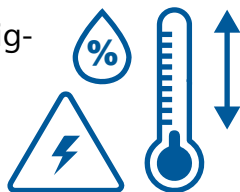
Qualität

Vertrauen Sie
höchsten Arbeits-
schutz- und Sicher-
heitstandards



Maximale Zuverlässig-
keit durch bis zu

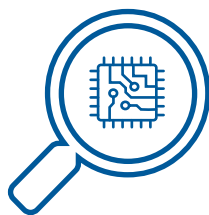
72



Stunden Burn-in-Tests vor Auslieferung

100%

Routineprüfungen aller
Prüfgerätekompenten



ISO 9001
TÜV & EMAS
ISO 14001
OHSAS 18001



Einhaltung internationaler Normen

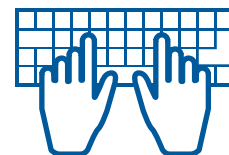
Innovation



... ein auf die Bedürfnisse unserer
Kund:innen abgestimmtes Produktportfolio

Mehr als

200



Entwickler:innen
halten unsere Lösungen up-to-date

Mehr als

15%



unseres Jahresumsatzes investieren wir in
Forschung und Entwicklung

Bis zu

70%

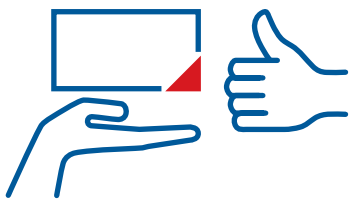


Zeitersparnis durch Prüfvorlagen und
Automatisierung

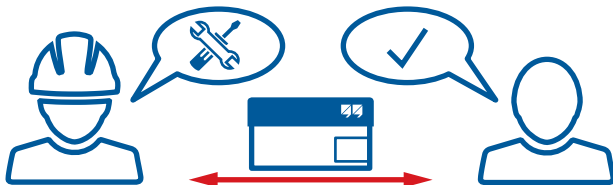
— Support —

24/7

Professioneller technischer Support rund um die Uhr



Leihgeräte helfen, Ausfallzeiten zu reduzieren



Kostengünstige und unkomplizierte Reparatur und Kalibrierung



Niederlassungen weltweit für Kontakt und Unterstützung vor Ort

— Wissen —

Mehr als

300

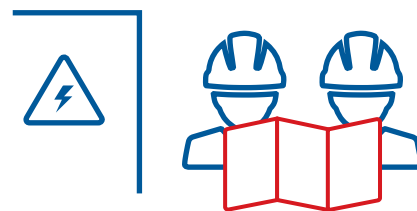


Academy-Trainings und zahlreiche Praxis-Schulungen pro Jahr

Von OMICRON ausgerichtete Tagungen, Seminare und Konferenzen



auf tausende Fachbeiträge und Application Notes



Umfassende Kompetenz in der Beratung, Prüfung und Diagnostik

OMICRON arbeitet mit Leidenschaft an wegweisenden Ideen, um Energiesysteme sicherer und zuverlässiger zu machen. Mit unseren neuartigen Lösungen stellen wir uns den aktuellen und zukünftigen Herausforderungen unserer Branche. Wir zeigen vollen Einsatz bei der Unterstützung unserer Kund:innen: Wir gehen auf ihre Bedürfnisse ein, bieten ihnen hervorragenden Vor-Ort-Support und teilen unsere Expertise und unsere Erfahrungen mit ihnen.

In der OMICRON-Gruppe entwickeln wir innovative Technologien für alle Bereiche elektrischer Energiesysteme. Im Fokus stehen elektrische Prüfungen an Mittel- und Hochspannungsbetriebsmitteln, Schutzprüfungen, Prüfungen digitaler Schaltanlagen und Cyber Security. Kund:innen in aller Welt vertrauen auf unsere einfach zu bedienenden Lösungen und schätzen deren Genauigkeit, Schnelligkeit und Qualität.

Wir sind seit 1984 in der elektrischen Energietechnik tätig und verfügen über fundierte, langjährige Erfahrung in der Branche. Rund 900 Mitarbeiter:innen an 25 Standorten unterstützen unsere Kund:innen in mehr als 160 Ländern und unser technischer Support kümmert sich 24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche um sie.

Mehr Informationen, eine Übersicht der verfügbaren Literatur und detaillierte Kontaktinformationen unserer weltweiten Niederlassungen finden Sie auf unserer Website.

