

Diagnoseprüfungen von Messwandlern

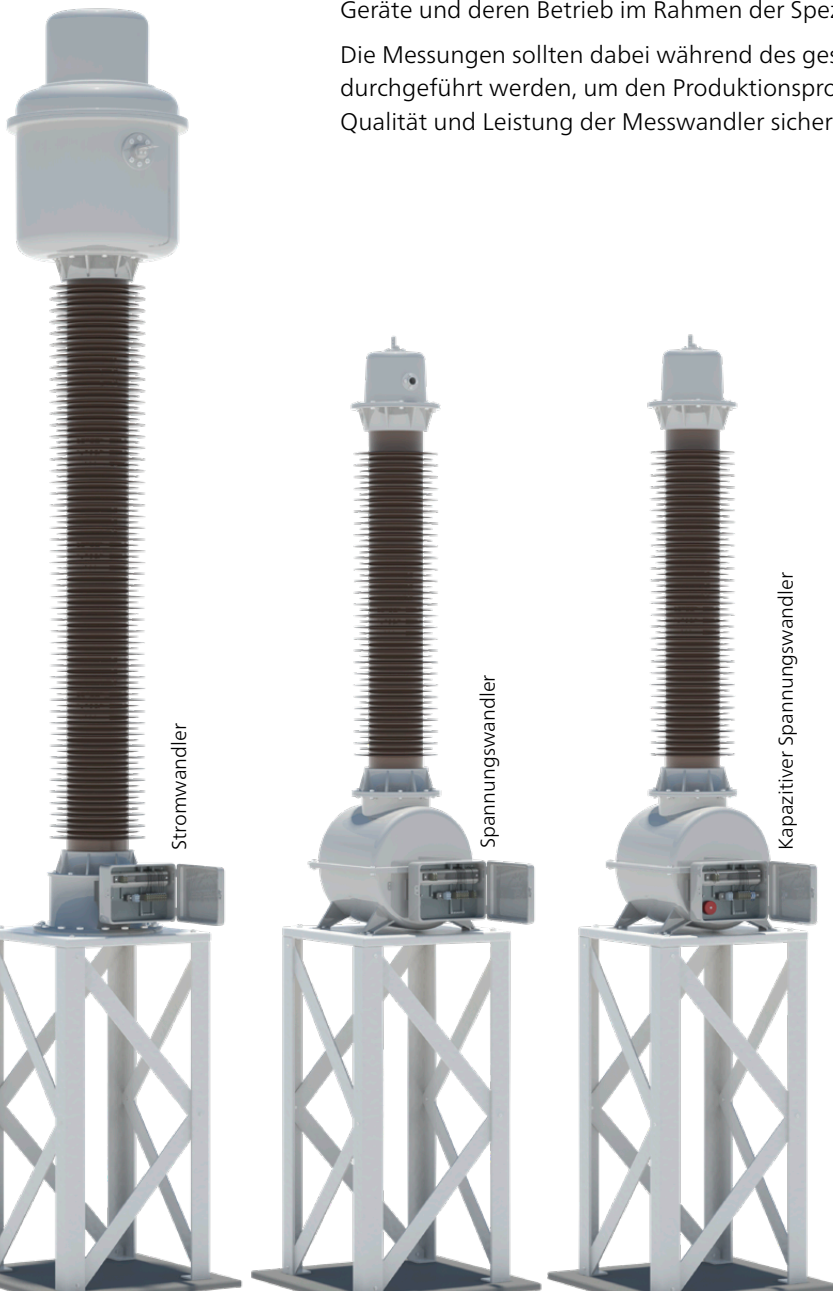


Stellen Sie hohe Qualität und Effizienz während des gesamten Lebens

Als Verbindung zwischen dem Primär- und dem Sekundärsystem spielen Messwandler 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 dabei 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

- > **Fehler im Design**
In Bezug auf die Übersetzung, den magnetischen Kern und die Isolation
- > **Herstellungsfehler**
Offene Stromkreise/Kurzschlüsse sowie Isolationsfehler
- > **Betrieb außerhalb der Spezifikationen**
Über-/Unterlast, falsche Ströme oder Spannungen
- > **Elektrische Einflüsse**
Schaltspannungsstöße, Blitz, Überspannungen sowie Kurzschlussströme
- > **Alterung/Korrosion**
Feuchte, Säuren, Sauerstoff, Kontaminierung oder Leckagen

Herstellung

Werksabnahme-
prüfung

Trans

Lebenszyklus Ihrer Messwandler sicher

Prüfung und Gegenmaßnahmen

- > **Während der Herstellung**
Bestimmung der genauen Zustands- und Leistungsdaten während bestimmter Herstellungsphasen, um eine Verarbeitung 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 keine mechanischen Schäden am Messwandler aufgetreten sind und der Messwandler weiterhin entsprechend seiner Spezifikationen funktioniert
- > **Vor der Installation und Inbetriebnahme**
Sicherstellung einer ordnungsgemäßen Installation des Wandlers sowie seines spezifikationskonformen Betriebs in der vorgesehenen Betriebsumgebung
- > **Regelmäßige Instandhaltung**
Kenntnis des Zustandes Ihres Messwandlers, um Störungen, Störabschaltungen und längere Ausfälle zu vermeiden

Lebenszyklus eines Messwandlers



Transport

Installation und
Inbetriebnahme

Betrieb

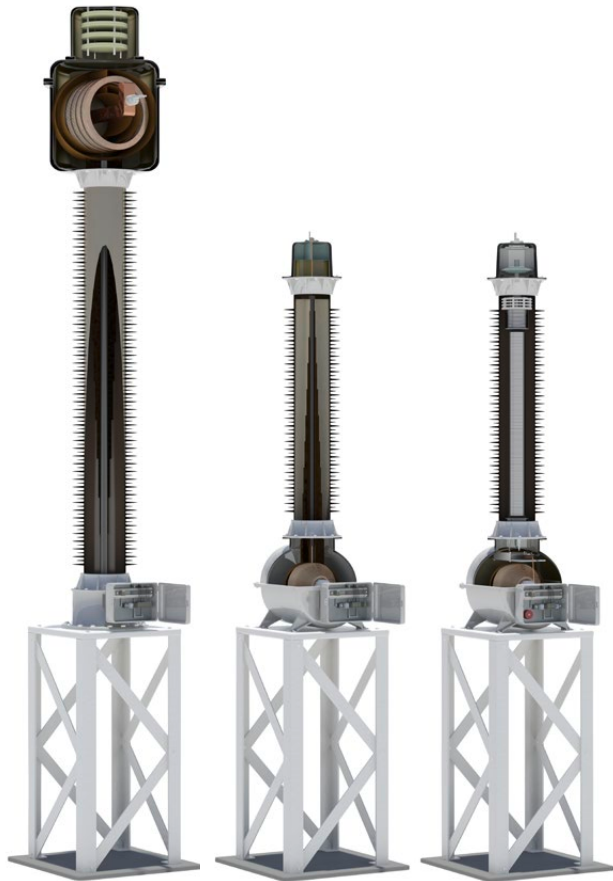
Komponenten und erkennbare Fehler von Messwandlern



Element	Fehlererkennung
Isolation	Teilentladungen
	Feuchte in der Papierisolation
	Alterung, Feuchte und Verunreinigung von Isolationsflächen
	Mängel in den kapazitiven Schichten der Potenzialglättung
Wicklungen	Kurzschlüsse (Windungsschlüsse)
	Offene Stromkreise
	Probleme mit Kontakten
Kern	Mechanische Verformung
	Offene Kernerdung
	Lose Klemmstruktur
	Magnetische Kurzschlüsse
Kapazitiver Spannungsteiler	Vormagnetisierung/Remanenz
	Teildurchschläge einzelner kapazitiver Schichten
Kompensationsdrossel (nur kapazitive Spannungswandler)	Wicklungsschlüsse
Gesamter elektromagnetischer Stromkreis	Genauigkeit (Übersetzungsfehler und Phasenverschiebung)
	Übersetzungsfehler (Gesamtmessabweichung)
	Polarität
	Verifizierung der Bemessungsdaten des Messwandlers
Bürde	Falsche Bemessungsdaten
	Fehlerhafte Verbindung zwischen dem Messwandler und dem Messgerät

- 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.

Die ideale Prüflösung für Ihre individuellen Bedürfnisse und Anwend



	CT ANALYZER	VOTANO 100
Genauigkeit (Übersetzungsfehler und Phasenverschiebung)	■	■
Übersetzungsverhältnis/-fehler	■ ¹	■ ¹
Polarität	■	■
Magnetisierungskennlinie	■	■
Wicklungswiderstand	■	■
Bürde	■	■
Teilentladungsanalyse		
Dielektrische (Frequenz-) Antwortmessung		
Kapazität und Verlustfaktor: bei 50 Hz oder 60 Hz bei variabler Frequenz		
Isolationswiderstand		
Genauigkeitsgrenzfaktor und Klemmenspannung	■	
Remanenz	■	
Transiente Stromwandler-Parameter	■	
Breitbandiges Übersetzungsverhältnis und Phasenfehler		

- ¹ Messung des Strom- und Spannungswandlerverhältnisses möglich
- ² CPX 200 kann das Verhältnis von Strom- und Spannungswandlern prüfen; für Prüfungen mit höheren Amplituden ist HVX10 erforderlich
- ³ Nur für Stromwandler möglich
- ⁴ Zusätzliches Zubehör HVX10 erforderlich
- ⁵ Mit eingeschränkter Genauigkeit
- ⁶ Zusätzliche Stromversorgung und zusätzlicher Standardkondensator erforderlich
- ⁷ Mit 200 V_{Spitze}

Hochpräzises und leichtes Prüfgerät für das Prüfen und Kalibrieren von Stromwandlern



Hochpräzises und mobiles Gerät für das Prüfen und Kalibrieren von Spannungswandlern



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 Übersetzungsverhältnis, 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 nicht-konventionelle Messwandler angewendet werden.

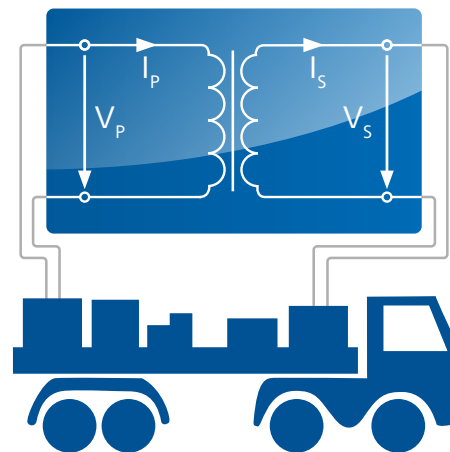
Eine Prüfung mit diesem Verfahren bei Nennspannungen/Nennströmen ist für jeden Messwandler als Teil der Werkabnahmeprüfungen zwingend vorgeschrieben.

Messen mit Primär-Nennwerten

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

Dieses Verfahren wird in Kalibrierlabors und manchmal vor Ort – bspw. auf sehr großen Prüf-LKWs montiert – eingesetzt, da es eine sehr hohe Genauigkeit bietet.

Typischerweise sind solche Prüfsysteme sehr sperrig und schwer. Daher ist dieses Verfahren für das Vor-Ort-Prüfen nicht optimal geeignet, da ihr Einsatz mit einem hohen Aufwand und hohen Kosten verbunden ist.



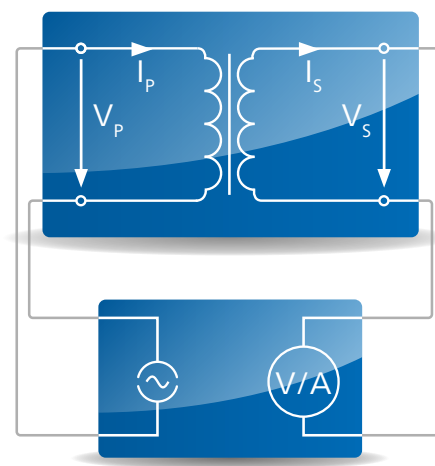
Messen mit Primär-Nennwerten

Messen mit Primärwerten

Es werden primäre Prüfsignale (Spannung/Strom) verwendet - dabei handelt es sich nicht zwangsläufig um Nennwerte. Die Primäreinspeisung kann nur für eine funktionale Prüfung konventioneller Messwandler eingesetzt werden, aber nicht für die Kalibrierung oder Überprüfung der Genauigkeitsklasse aufgrund der Nicht-Linearität von Messwandlern.

Für die Prüfung nicht-konventioneller Messwandler (NCIT) können wegen der Linearität der NCIT geringe Prüfpegel ausreichend sein.

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



Messen mit Primärwerten

Indirekte elektrische Prüfungen

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

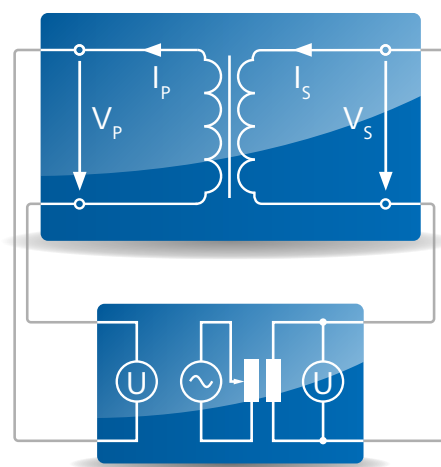
Messen mit Sekundärspannung

Dabei handelt es sich um ein Prüfverfahren speziell für Stromwandler, bei dem eine Spannung über die Sekundärseite eingespeist wird. Der 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 dieses Verfahrens ist, dass vor Ort kleine und leichte Prüfgeräte anstelle sperriger Ausrüstung für die Primäreinspeisung eingesetzt werden können.



Messen mit Sekundärspannung

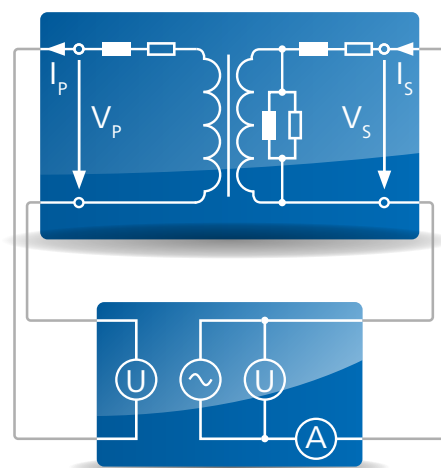
Modellbasiertes Prüfen

Die hierbei verwendeten Prüfsignale mit niedrigem Pegel ermöglichen die Entwicklung von kleinen, leichten und sicheren Prüflösungen.

Bei diesem Vorgehen werden Messwandler anhand ihrer Ersatzschaltbilder (ESB) modelliert. Auf der Grundlage aller gemessenen und bestimmten ESB-Parameter werden die erforderlichen Wandlerparameter, wie z. B. Genauigkeit, Übersetzung und Polarität, berechnet.

Dieses Verfahren kann für das Kalibrieren und die Diagnose verwendet werden, da die ESB-Parameter genaue Angaben über das Gerät liefern. Darüber hinaus wird auch die Ursachenanalyse erleichtert.

Mit leichten und zugleich präzisen Prüflösungen ist das Verfahren ideal für den Einsatz im Feld oder im Labor.



Modellbasiertes Prüfen

Genauigkeit (gemäß IEC-/IEEE-Normen)

Was kann geprüft werden?

- Isolation
- ✓ Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde
- Netzqualität

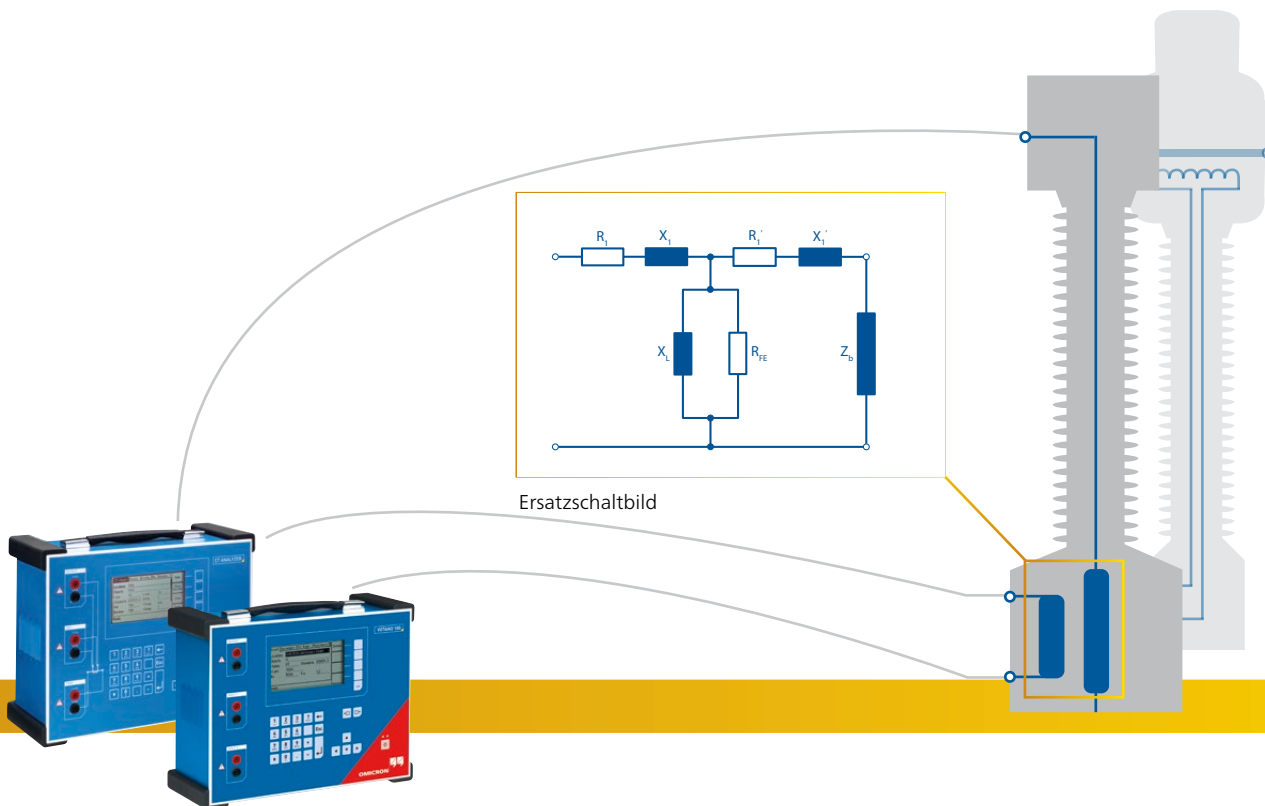
Gründe für eine Messung

Über eine Bewertung der Integrität des Messwandlers hilft die Messung, eine sichere, stabile und wirtschaftliche Versorgung mit Energie zu gewährleisten. Wenn der geprüfte Messwandler innerhalb seiner Genauigkeitsvorgaben arbeitet, kann sich der:die Bediener:in ein genaues Bild von den Spannungen und Strömen des Systems machen.

Induktive Strom- und Spannungswandler (CT und VT) und kapazitive Spannungswandler (CVT) können Abweichungen im Übersetzungsverhältnis 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 Wicklungsschlüsse in Stromwandlern und Kurzschlüsse im kapazitiven Teiler eines kapazitiven Spannungswandlers oftmals unerkannt. Dies kann zu Messfehlern, Umsatzeinbußen und in einigen Fällen zu einem kompletten Ausfall führen. Die Genauigkeitsmessungen können während der Herstellung, in Prüflaboren oder vor Ort durchgeführt werden.

Funktionsweise

Die Genauigkeit des Wandlers wird mit einem modellbasierten Ansatz in Form einer Messung der Übersetzung und der Phase bestimmt. Der Messwandler wird anhand 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 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 Transformators.

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

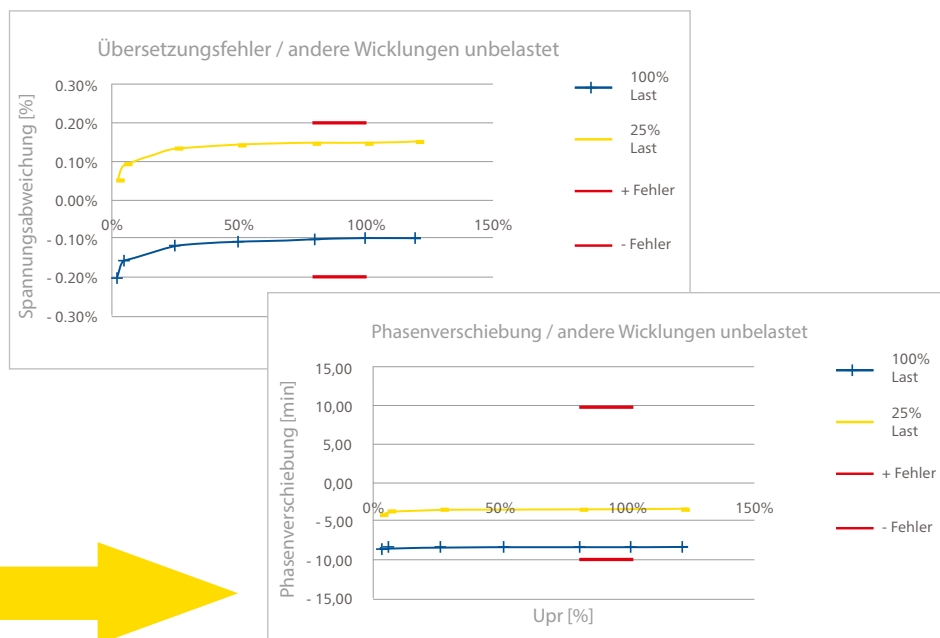
Die modellbasierten Genauigkeitsmessungen können auch für weitere Diagnosen, insbesondere an CVTs, herangezogen werden. Neben dem Übersetzungsfehler und der Phasenverschiebung stehen nach einer Messung auch die Ersatzschaltbild-Parameter zur Verfügung. Die eigentliche Ursache einer möglichen Abweichung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

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

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

Warum CT Analyzer / VOTANO 100?

- > Bietet alle wichtigen Informationen für das mobile Prüfen und Kalibrieren von Messwandlern für Schutz- und Messzwecke
- > Schnelles Messen ohne Referenzobjekte mit leichter Prüfausrüstung
- > Simulation unterschiedlicher Betriebsmodi nach den Messungen möglich
- > Automatische Ergebnisanalyse anhand von Werten aus entsprechenden IEEE-, ANSI- oder IEC-Normen



Übersetzungsfehler und Phasenverschiebung eines Messwandlers

Übersetzungsverhältnis/-fehler

Was kann geprüft werden?

- Isolation
- ✓ Wicklungen
- Kern
- ✓ Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde
- Netzqualität

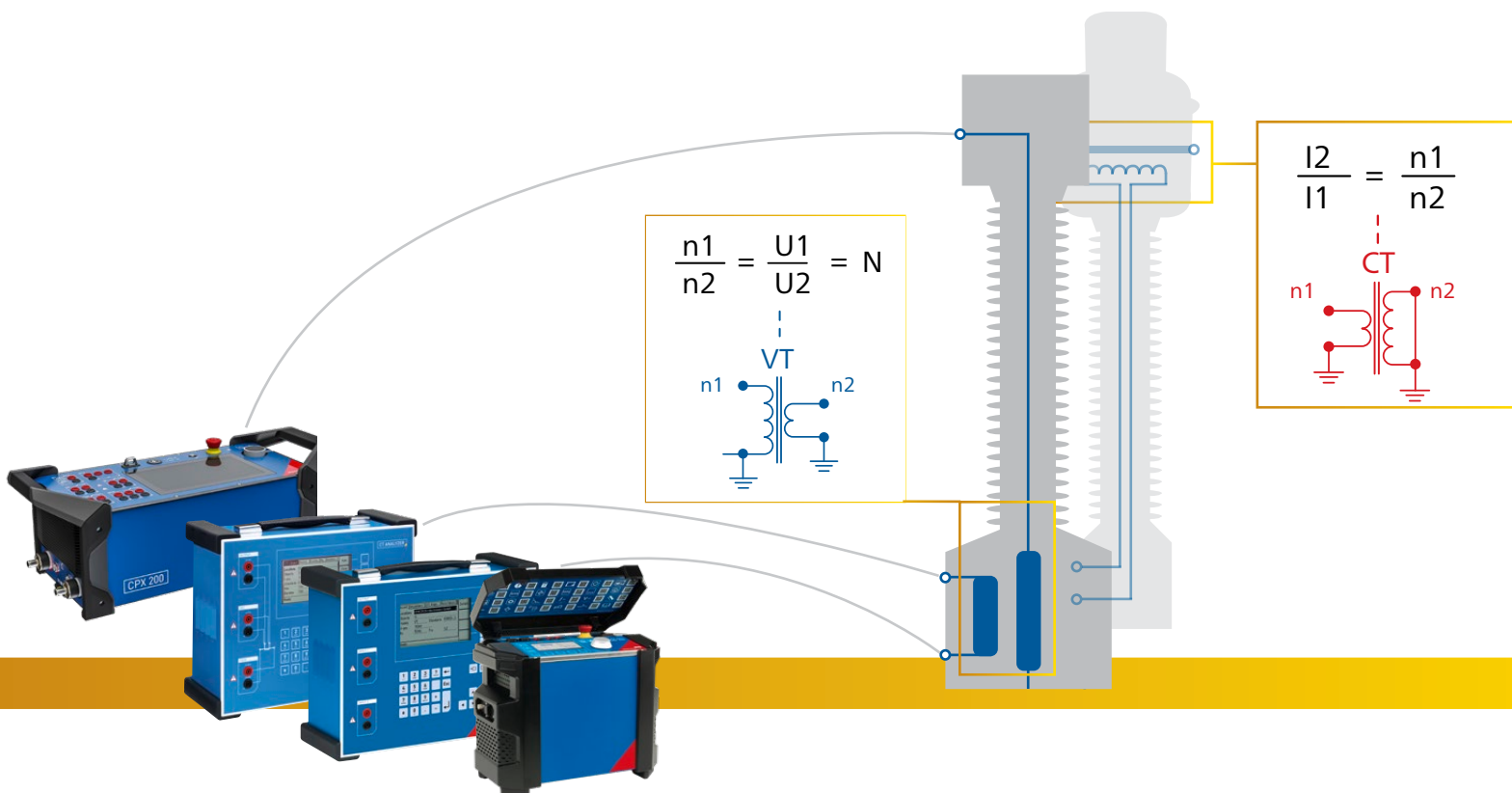
Gründe für eine Messung

Die Übersetzung oder 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 den Entwicklungs- und Typenschildangaben bzw. mit früheren Messergebnissen verglichen. Der Fehler kann für jeden Prüfpunkt berechnet werden. Abweichungen von den Daten können auf einen internen Fehler, z. B. offene oder kurzgeschlossene Stromkreise, oder Fehler während der Produktion hinweisen. Übersetzungsfehler können zu Fehlfunktionen des Schutzes und zur Fehlinterpretation der 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 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 können auch mit dem Spannungsverfahren gemessen werden, bei dem das Signal an der Sekundärseite angelegt wird. Es werden die Sekundärspannung, der Magnetisierungsstrom und die induzierte Spannung auf der Primärseite gemessen.



Wissenswertes ...

Das Prüfen des Übersetzungsverhältnisses 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 oder im elektromagnetischen Kreis zu unterscheiden.

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

Das Verhältnis 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.

Dank der hochpräzisen Phasenmessung lassen sich sogar magnetische Kurzschlüsse ermitteln – ein klarer Vorteil im Herstellungsprozess.

Warum CT Analyzer?

- > Messungen der Übersetzung und gesamten Genauigkeit 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?

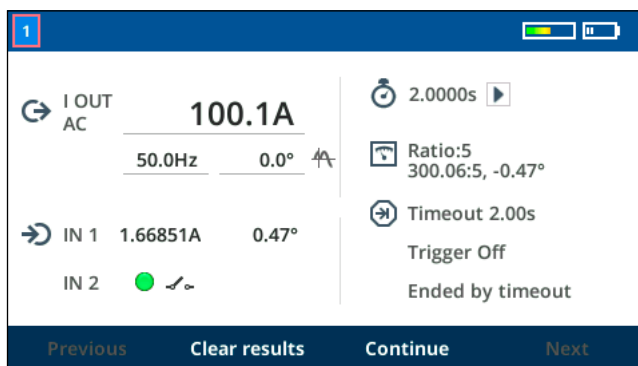
- > Messungen der Übersetzung und gesamten Genauigkeit möglich
- > Getrennte Messungen des kapazitiven und induktiven CVT-Verhältnisses möglich
- > Messungen mit einer hohen Genauigkeit (0,05% – 0,2 %)

Warum CPX 200?

- > Messung mit hoher Genauigkeit (0,1 %) mit bis zu 1 kA AC und 10 kV AC
- > Dreiphasige Unterstützung für die Stromwandlerprüfung mit CPXpert
- > Einziges Prüfgerät für die Primäreinspeisung (direktes Verfahren) und die Sekundäreinspeisung (indirektes Verfahren)

Warum COMPANO 100?

- > Kombiniert Übersetzungs-Prüfungen von Strom- und Spannungswandlern mit Prüfungen des elektrischen Durchgangs, Polaritätsprüfungen und Bürdenmessungen



Ergebnis der Messung des Stromwandlerverhältnisses

Was kann geprüft werden?

- Isolation
- ✓ Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde
- Netzqualität

Gründe für eine Messung

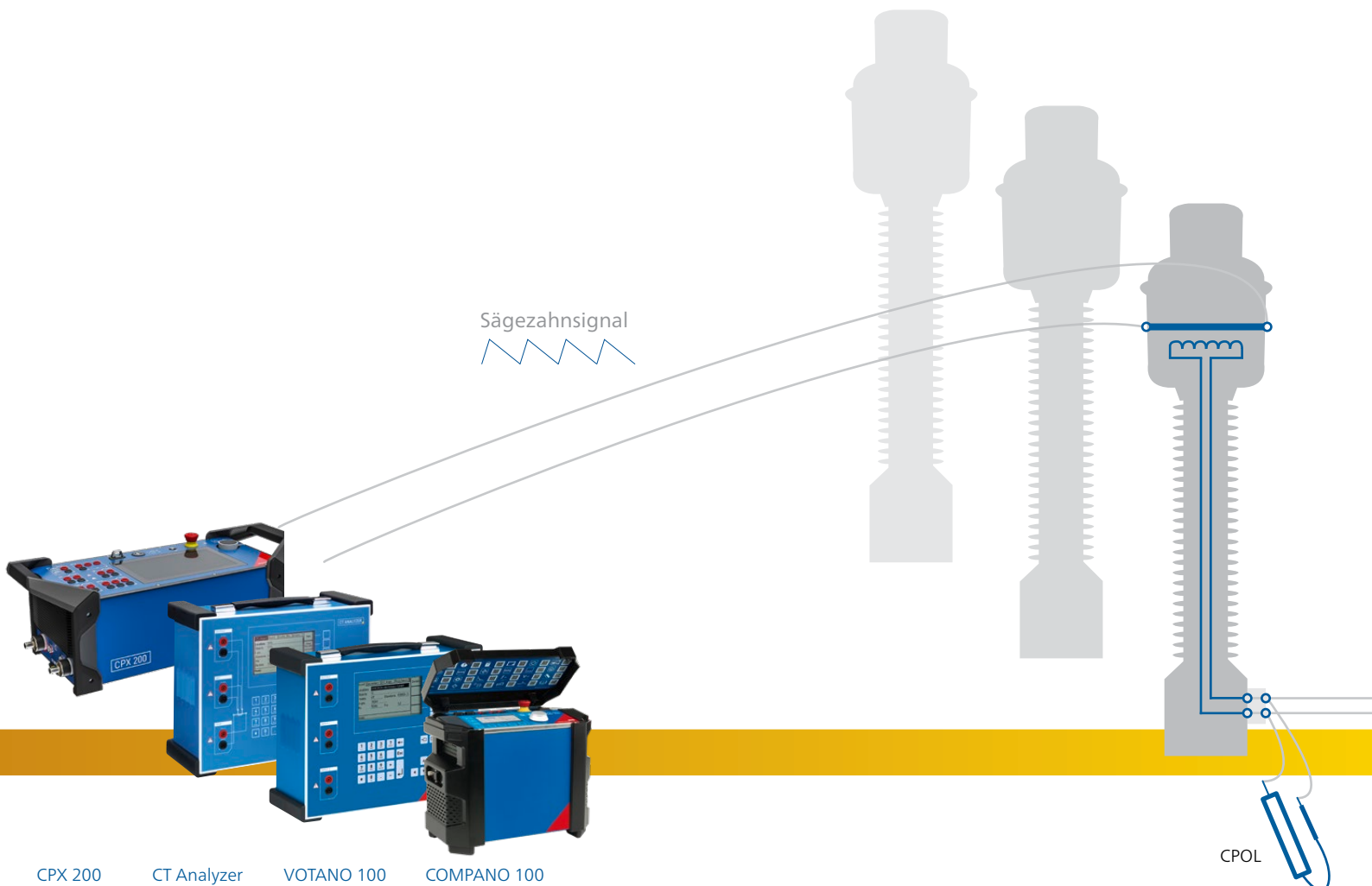
Eine Prüfung der Polarität stellt sicher, dass die Polarität zwischen den primären und sekundären Wicklungen eines Messwandlers und damit auch die Stromflussrichtung korrekt ist. Sie verhindert Fehlfunktionen angeschlossener Schutzgeräte. Selektiver Distanzschutz kann nur bei korrekter Polarität gewährleistet 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 korrekt ist oder nicht. Es können Messwandler oder angeschlossene Kabel und Klemmenverbindungen geprüft werden.

Das zweite Verfahren legt eine Sinusspannung am Messwandler an, das Signal wird auf der anderen Seite gemessen und die Spannungs-/Stromvektoren auf der Primär- und Sekundärseite verglichen.



Wissenswertes ...

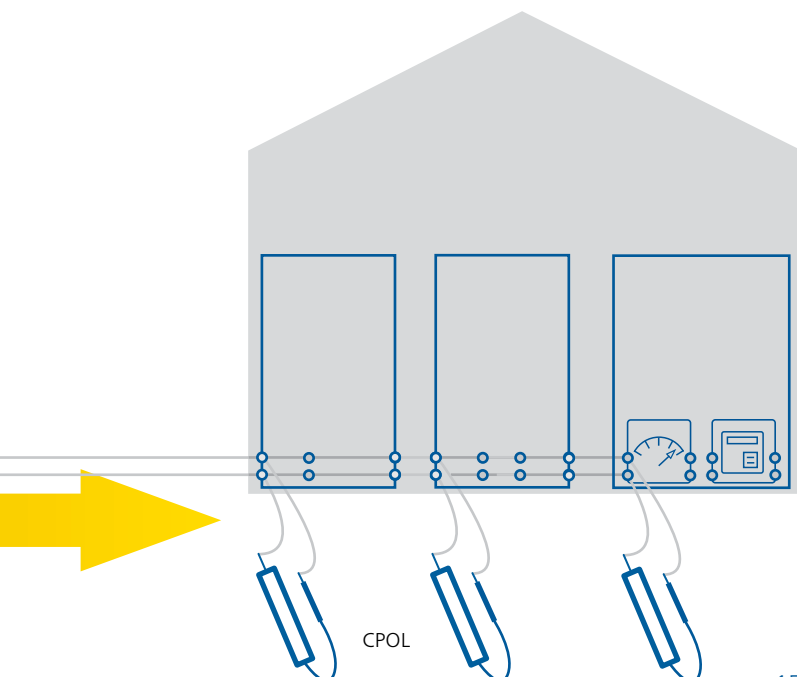
Polaritätsprüfungen sollten als Teil der Inbetriebnahme-Prüfungen durchgeführt werden, um eine richtige Verdrahtung und damit einen korrekten Betrieb von neu installierten Messwandler sicherzustellen.

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 Schutzanlage. 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.

Beim Anschließen eines Stromwandlers führt jeglicher offener Stromkreis zu einem Ausfall des Wandlers, weil ein Stromwandler nicht mit offenen Stromkreisen betrieben werden darf.



Warum CT Analyzer?

- > Bestimmt die Polarität des Stromwandlers über einen Vergleich der Spannungszeiger
- > Bestimmt außerdem weitere wichtige Parameter, wie z. B. die Übersetzung und die Phasenverschiebung
- > Verwendet ein gleichstromfreies asymmetrisches Prüfsignal zusammen mit CPOL

Warum VOTANO 100?

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

Warum CPX 200?

- > Prüft die Polarität der gesamten Prozesskette, einschließlich der Strom- und Spannungswandler, der angeschlossenen Kabel und der Richtungseinstellung von Relais
- > Misst die Übersetzung und die Polarität gleichzeitig
- > Verwendet ein gleichstromfreies asymmetrisches Prüfsignal zusammen mit CPOL

Warum COMPANO 100?

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

Magnetisierungskennlinien

Was kann geprüft werden?

- Isolation
- ✓ Wicklungen
- ✓ Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde
- Netzqualität

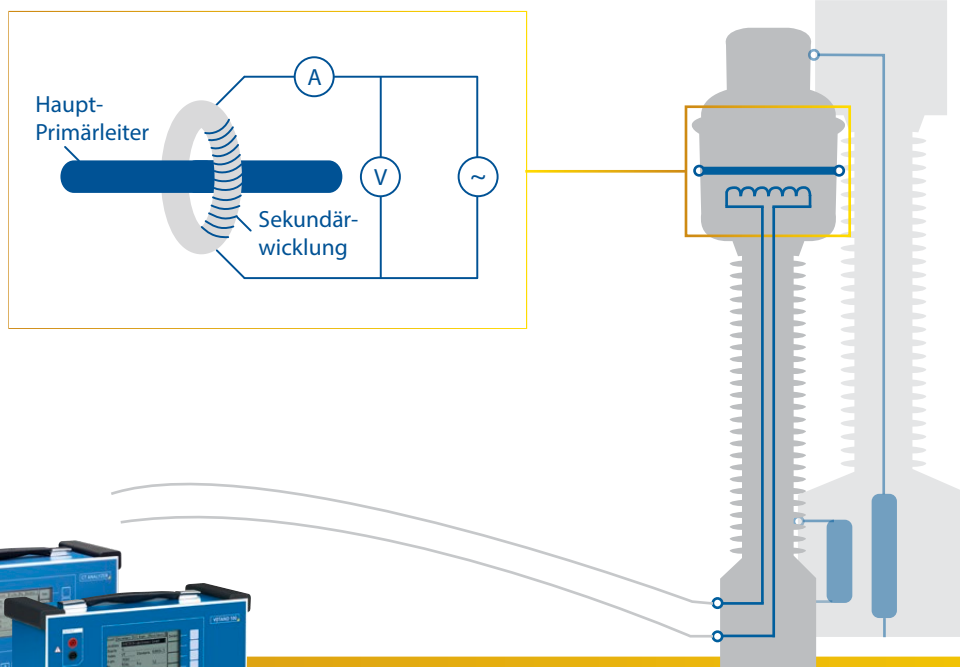
Gründe für eine Messung

Der Magnetisierungsstrom ist für den Messwandlerfehler verantwortlich und bestimmt die Leistungsfähigkeit des Messwandlers. Die Kniepunktspannung ist für die korrekte Funktion des angeschlossenen Schutzgeräts 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 auf kurzgeschlossene Windungen und Kernfehler hin.

Funktionsweise

Das Messen der Magnetisierung erfolgt „indirekt“ auf der 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.



CPX 200

CT Analyzer

VOTANO 100

Wissenswertes ...

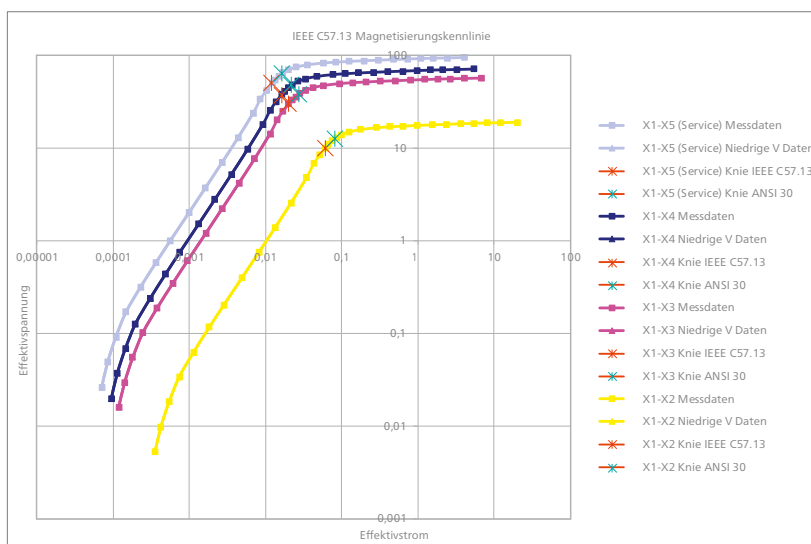
Alle beschriebenen Prüfverfahren führen zu ähnlichen Informationen, auch wenn sich die Prüfarten unterscheiden.

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 Knipunkten 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 CT Analyzer / VOTANO 100 oder CPX 200?

- > Magnetisierungsprüfung mit schwachen und sicheren Signalen
- > Integration der Magnetisierungsmessung in einen umfassenden Prüfablauf für Strom-/ Spannungswandler
- > Messen hoher Knipunkte des Stromwandlers bis 40 kV dank variabler Frequenz
- > Hervorragende Störfestigkeit gegen Störungen durch nahegelegene Stromleitungen
- > Phase-zu-Phase-Vergleich für die detaillierte Analyse



Magnetisierungskurven eines Mehrfachstromwandlers

Wicklungswiderstand

Was kann geprüft werden?

- Isolation
- ✓ Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde
- Netzqualität

Gründe für eine Messung

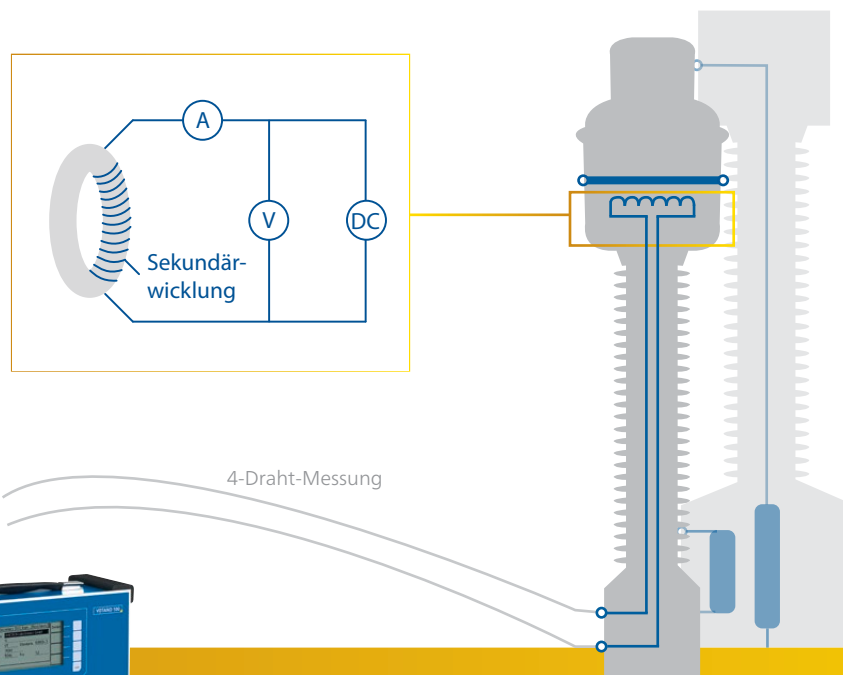
Die Messung wird durchgeführt, um mögliche elektrische Schäden in den Wicklungen oder von Kontaktproblemen zu erkennen. Der Induktionspegel von Stromwandlern ist abhängig vom sekundären Wicklungswiderstand. Der Spannungsabfall entlang des sekundären Wicklungswiderstands zusammen mit der Bürde bestimmt die Induktion. Weicht der sekundäre Wicklungswiderstand infolge von Fertigungs- oder Anschlussfehlern oder durch betriebliche Gegebenheiten von der Spezifikation ab, kann die Induktion zu hoch werden. Dies kann zu Überhitzung oder einem eingeschränkten 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 (normalerweise bei Spannungswandlern). Offene Sekundärwicklungen bei Stromwandlern sind gefährlich und können hohe Spannungen oder Überhitzung verursachen - und einen möglichen Ausfall des Wandlers zur Folge haben.

Funktionsweise

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

Nach der Sättigung des Kerns stellt sich ein stabiler Messstrom ein. Der Wicklungswiderstand errechnet sich dann aus dem Verhältnis von Spannung und Strom.



CPX 200 CT Analyzer VOTANO 100

Wissenswertes

Die Messung hilft beim Prüfen der korrekten Installation von Stromwandlern, die bspw. 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 zulässig 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 CT Analyzer?

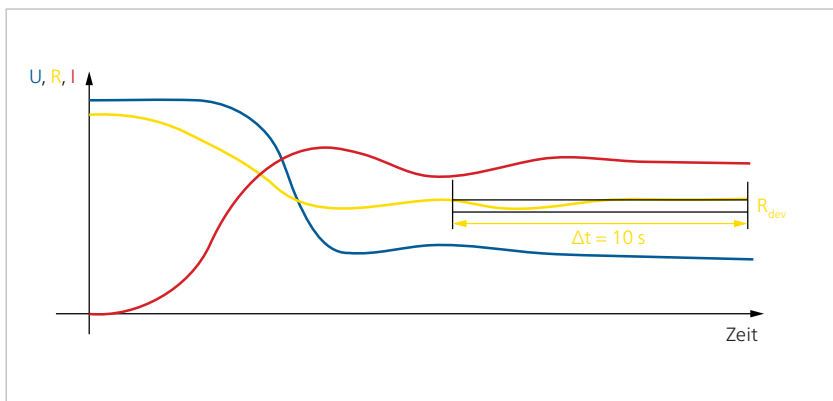
- > Die Messung kann in eine umfassende Prüfung des Stromwandlers mit Genauigkeit, Magnetisierung, ALF usw. integriert werden.
- > Hohe Genauigkeit von typischerweise 0,05 % + 1 m Ω mit einer Auflösung von 1 m Ω
- > Nach Beendigung der Stromwandler-Prüfung wird der Kern entmagnetisiert

Warum VOTANO 100?

- > Zusammen mit der vorgeschriebenen externen Anschluss- und Umschaltbox VBO2 kann die Prüfung aus einem sicheren Bereich durchgeführt werden, ohne dass lange Prüfkabel, mit denen die Messung beeinflusst wird, benötigt werden
- > Integrierter Prüfablauf für Spannungswandler
- > Nach Beendigung der Spannungswandler-Prüfung wird der Kern entmagnetisiert

Warum CPX 200?

- > Integrierte Entmagnetisierung
- > Extreme Störfestigkeit gegenüber äußeren Störquellen
- > Hohe Messgenauigkeit (0,05 %)
- > Gleicher Aufbau wie für Magnetisierungs- und Übersetzungsspannungsprüfungen, keine Umverdrahtung notwendig



Wicklungswiderstandsprofil im Zeitverlauf

Was kann geprüft werden?

- Isolation
- Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- ✓ Bürde
- Netzqualität

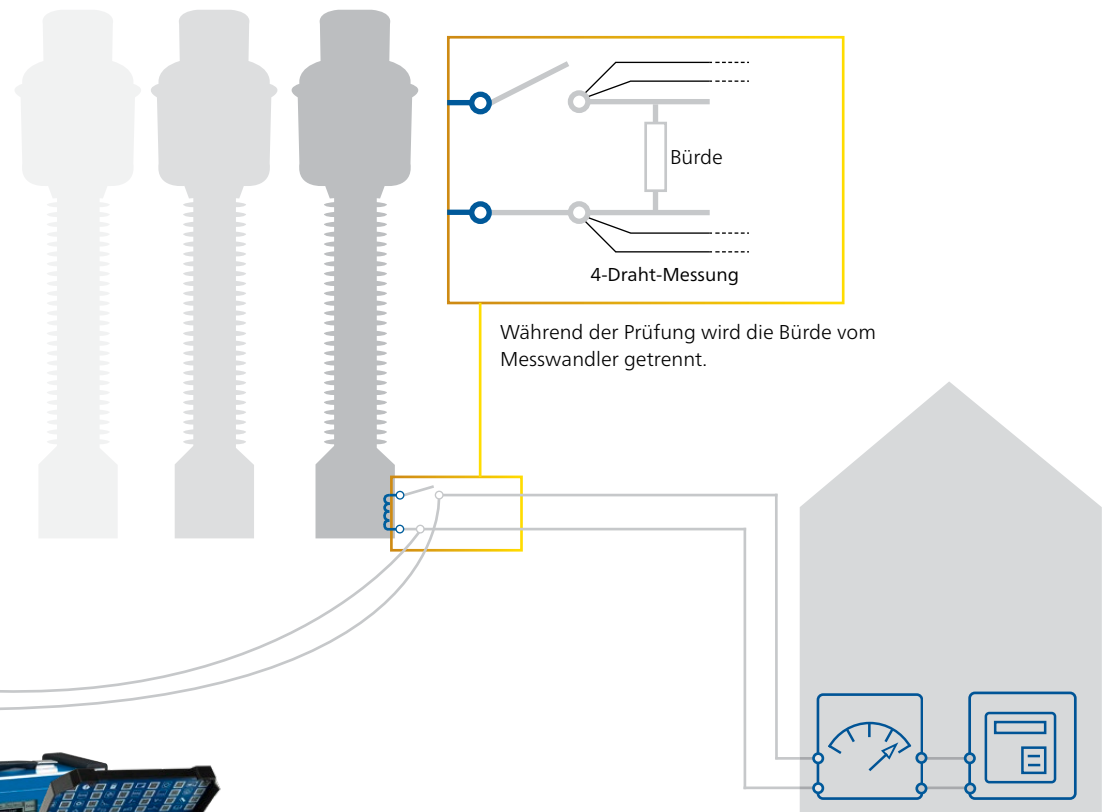
Gründe für eine Messung

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 bzw. 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 des 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 Leistungsdaten 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 CT Analyzer / VOTANO 100?

- > Messung der Bürde kann in den Ablauf der gesamten Messwandlerprüfung, einschließlich aller wichtigen Standardparameter, integriert werden
- > Neuberechnung/Simulation der Messwandlergenauigkeit für andere Bürden und Primärströme/-spannungen möglich
- > Bestehende Messdaten können jederzeit in das Messgerät geladen werden

Warum CPX 200?

- > Bürden-Prüfunterstützung für einzelne und kombinierte Prüfungen
- > Hohe Messgenauigkeit (0,05 %)

Warum COMPANO 100?

- > Kombination von Verdrahtungsprüfungen mit Bürdenmessungen
- > Ideal für Vor-Ort-Prüfungen dank des geringen Gewichts und Batteriebetriebs

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		25	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		25	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		25	-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		25	0.302	-0.235	-1.340	-1.335	-1.300

Einfluss der Bürde auf die Spannungswandler-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

Einfluss der Bürde auf die Stromwandler-Genauigkeit

Teilentladungsanalyse

Was kann geprüft werden?

- ✓ Isolation
- Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde
- Netzqualität

Gründe für eine Messung

Teilentladungen (TE) können die Isolation von Messwandlern beschädigen. TE können durch Hohlräume oder Lufteinschlüsse in harzprägnierten Messwandlern oder aufgrund lokaler Hot-Spots, scharfkantiger Oberflächen oder eindringender Feuchte (unabhängig von der Art der Isolation) verursacht werden. Darüber hinaus können Fehler im Design zu einer hohen lokalen Feldstärke und damit zu TE-Aktivität führen. Dies kann zu Fehlern im Messwandler und damit zu kostspieligen Ausfällen führen.

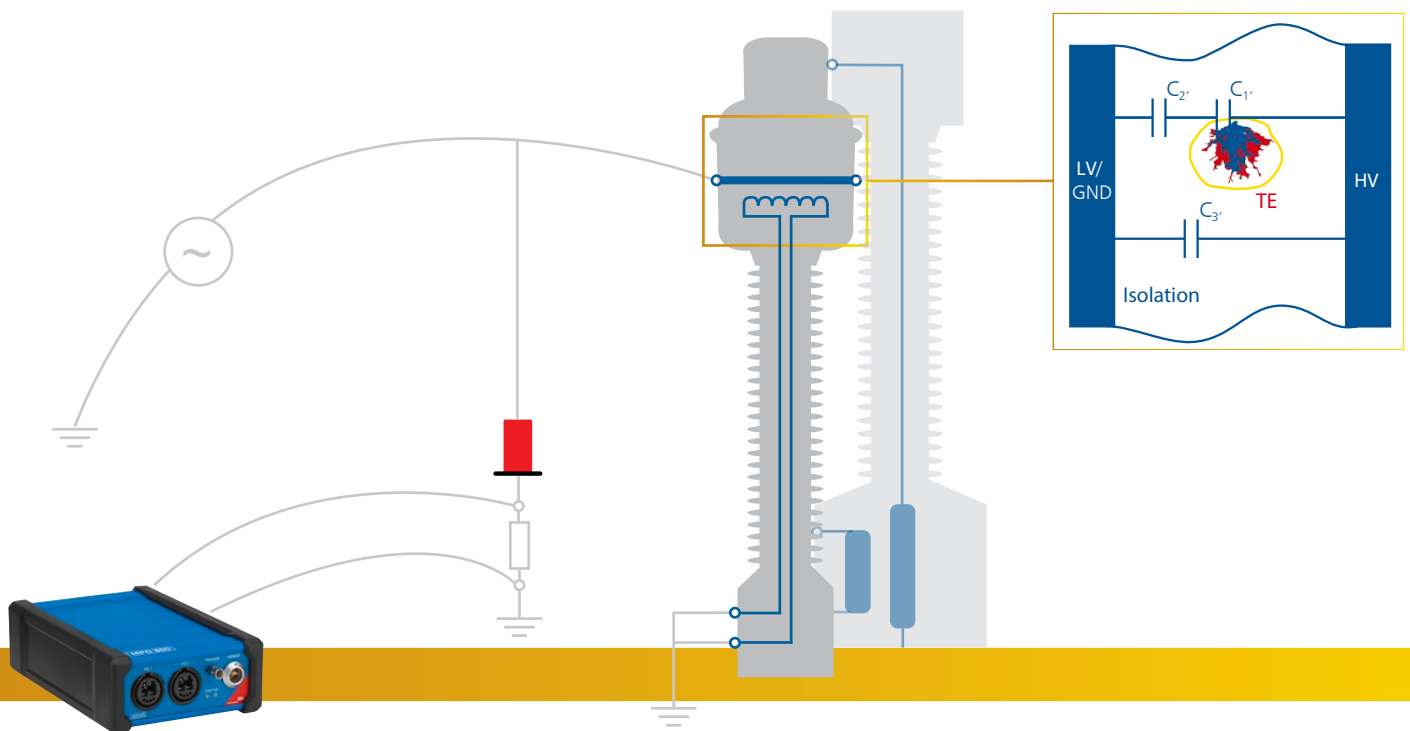
TE kann auch entstehen, wenn das Isoliermaterial zwischen verschiedenen Spannungspotentialen gealtert, verschmutzt oder fehlerhaft ist.

Die TE-Messung ist ein zuverlässiges und nicht-invasives Verfahren, das zur Diagnose des Isolationszustands eines Messwandlers eingesetzt wird. Sie kann für die Diagnose im Labor (im Rahmen der Werkabnahme) 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 Prüfungsanordnungen 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 wird typischerweise in pC gemessen. Moderne Störungsunterdrückungsverfahren werden allgemein in störungsbehafteten Umgebungen eingesetzt, um Störeinflüsse zu minimieren.



MPD 800

Wissenswertes

TE ist eine lokale elektrische Entladung, die eine feste oder flüssige Isolation 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 werden und zum Entladepegel ins Verhältnis gesetzt werden.

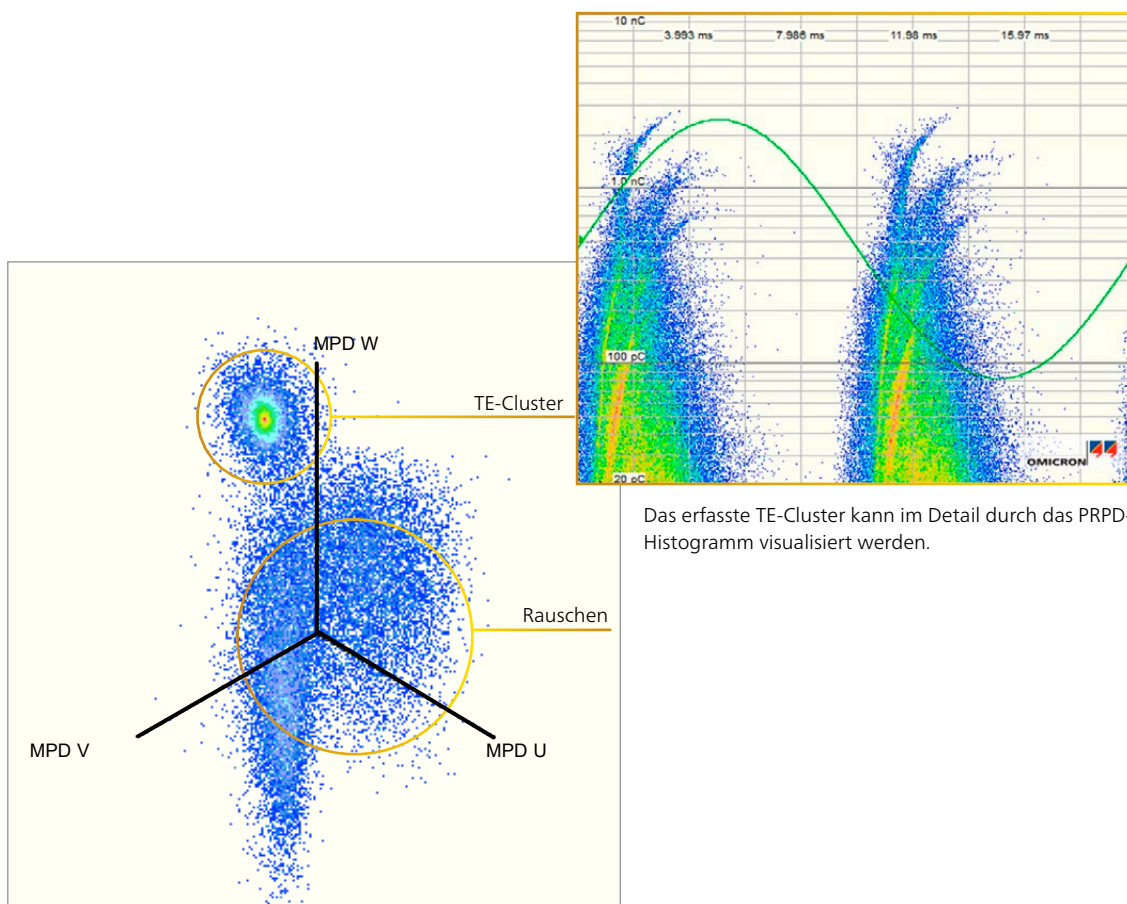
Über eine Auswertung des Musters können interne und externe Teilentladungen sowie Oberflächenentladungen oder Leerlaufgleichspannungen voneinander getrennt werden.

Die multispektrale 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 hohen Interferenzen 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 Störunterdrückung und Gating-Verfahren für eine optimale Genauigkeit trotz Störeinflüssen
- > Anpassbare Software ermöglicht Benutzer:innen, 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?

- ✓ Isolation
- Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde
- Netzqualität

Gründe für eine Messung

Die Analyse der dielektrischen Antwort, auch bekannt als dielektrische (Frequenz-) Antwortmessung, wird für die Bewertung des Feuchtegehalts der Zellulose-Isolation von induktiven, öl-papier-isolierten Messwandlern und damit von deren generellen Zustand eingesetzt.

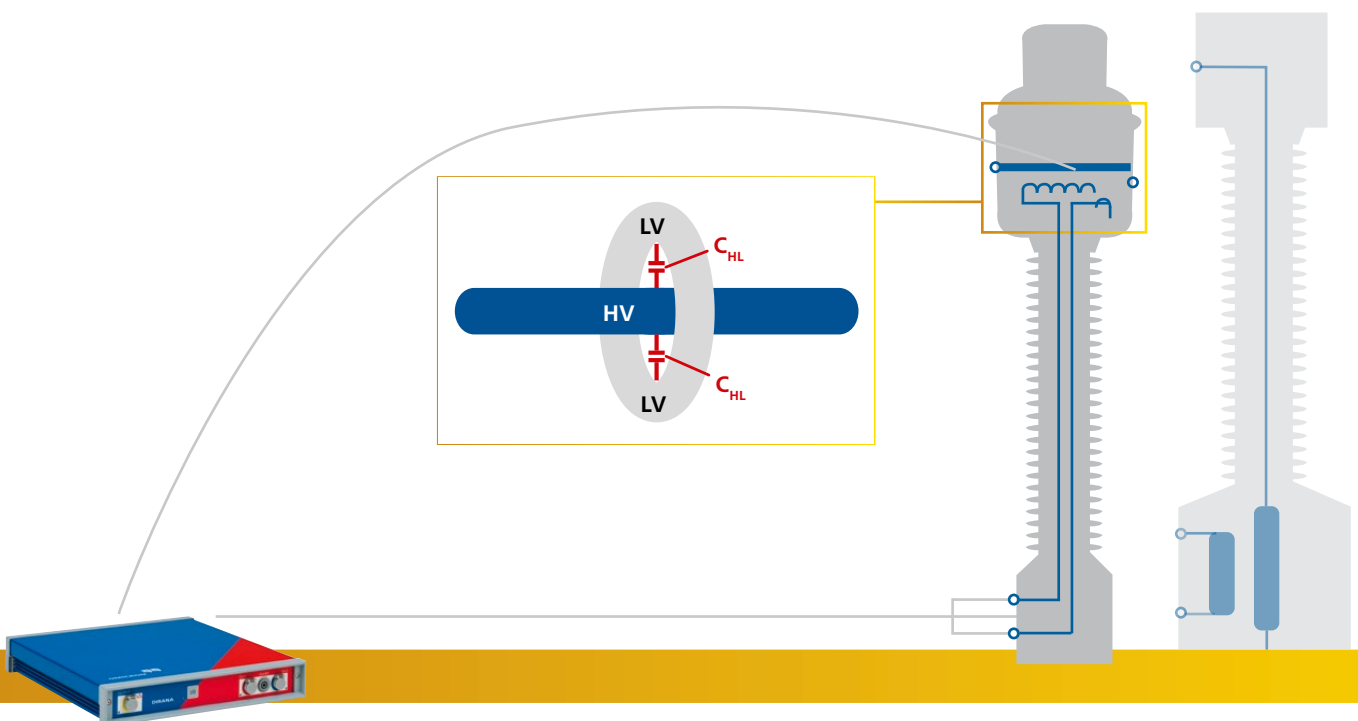
Grund für die Feuchte in Messwandlern mit Öl-Papierisolation sind entweder eine unzureichende Trocknung während der Herstellung oder undichte Stellen. Feuchte führt zu einer reduzierten Durchschlagsfestigkeit und größeren Verlusten.

Ein hoher Feuchtegehalt in öl-papier-isolierten Messwandlern kann Fehler verursachen, die zur vollständigen Zerstörung des Messwandlers führen können. Aus diesem Grund ist der Feuchtegehalt in der Isolation ein wichtiger Faktor für die Zustandsbewertung.

Funktionsweise

Die Hauptisolation von Stromwandlern ist für Messungen direkt zugänglich. Bei Spannungswandlern gestaltet sich ein direkter Zugang zur kompletten Hauptisolation schwierig, da sie die Summe der Isolationen 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 Isolation wird über einen breiten Frequenzbereich gemessen. Der resultierende Kurvenverlauf bietet Informationen über den Isolationszustand.



DIRANA

Wissenswertes ...

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

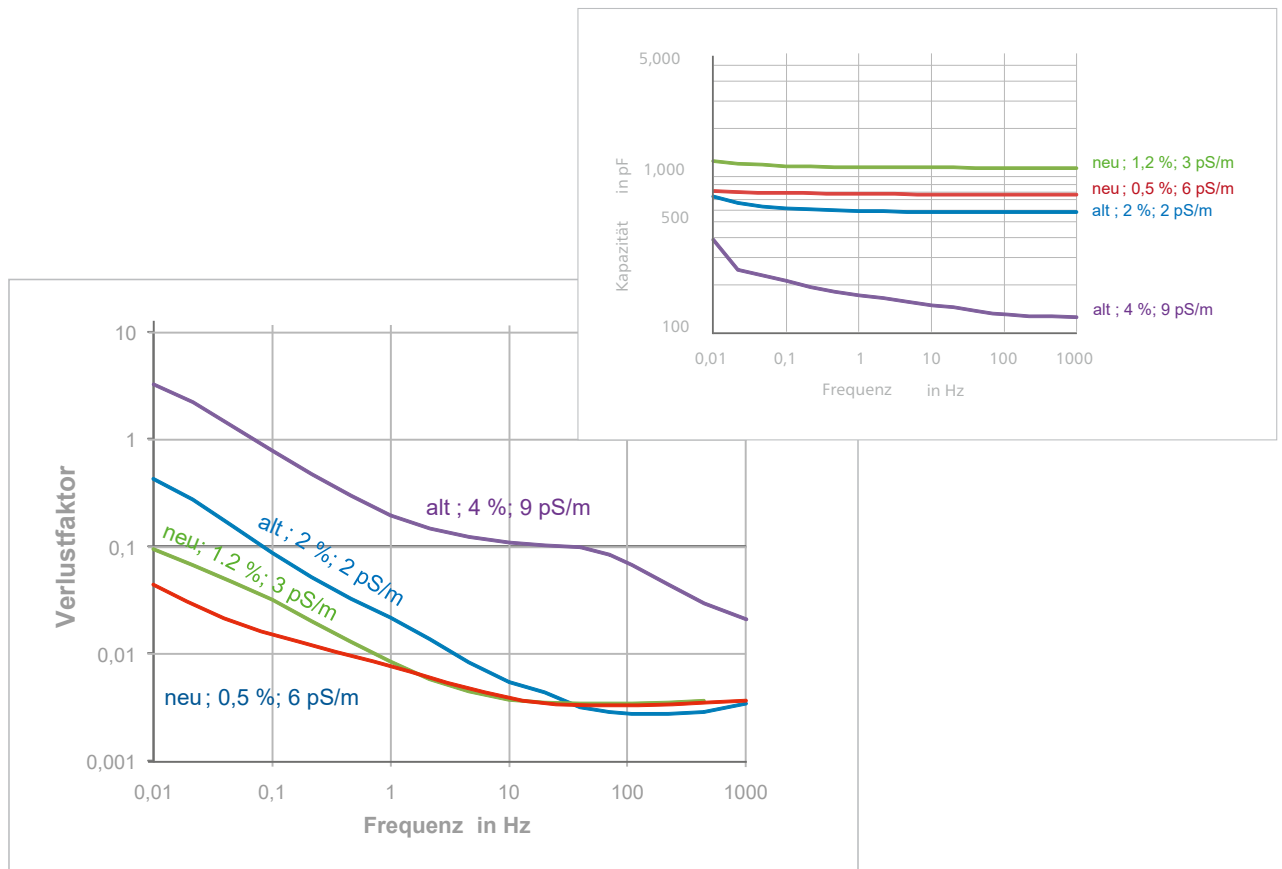
Der Feuchtegehalt wird unmittelbar in der Zellulose bestimmt und nicht von der Feuchte im Öl abgeleitet. Aus diesem Grund kann das Verfahren bei allen Temperaturen angewendet werden. Es muss nicht gewartet werden, bis sich ein Gleichgewicht der Feuchte zwischen Papier und Öl einstellt.

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 Isolation 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

Kapazität und Verlustfaktor

Was kann geprüft werden?

- ✓ Isolation
 - Wicklungen
 - Kern
- ✓ Kapazitiver Spannungsteiler
 - Kompensationsdrossel
 - Gesamter elektromagnetischer Kreis
 - Bürde
 - Netzqualität

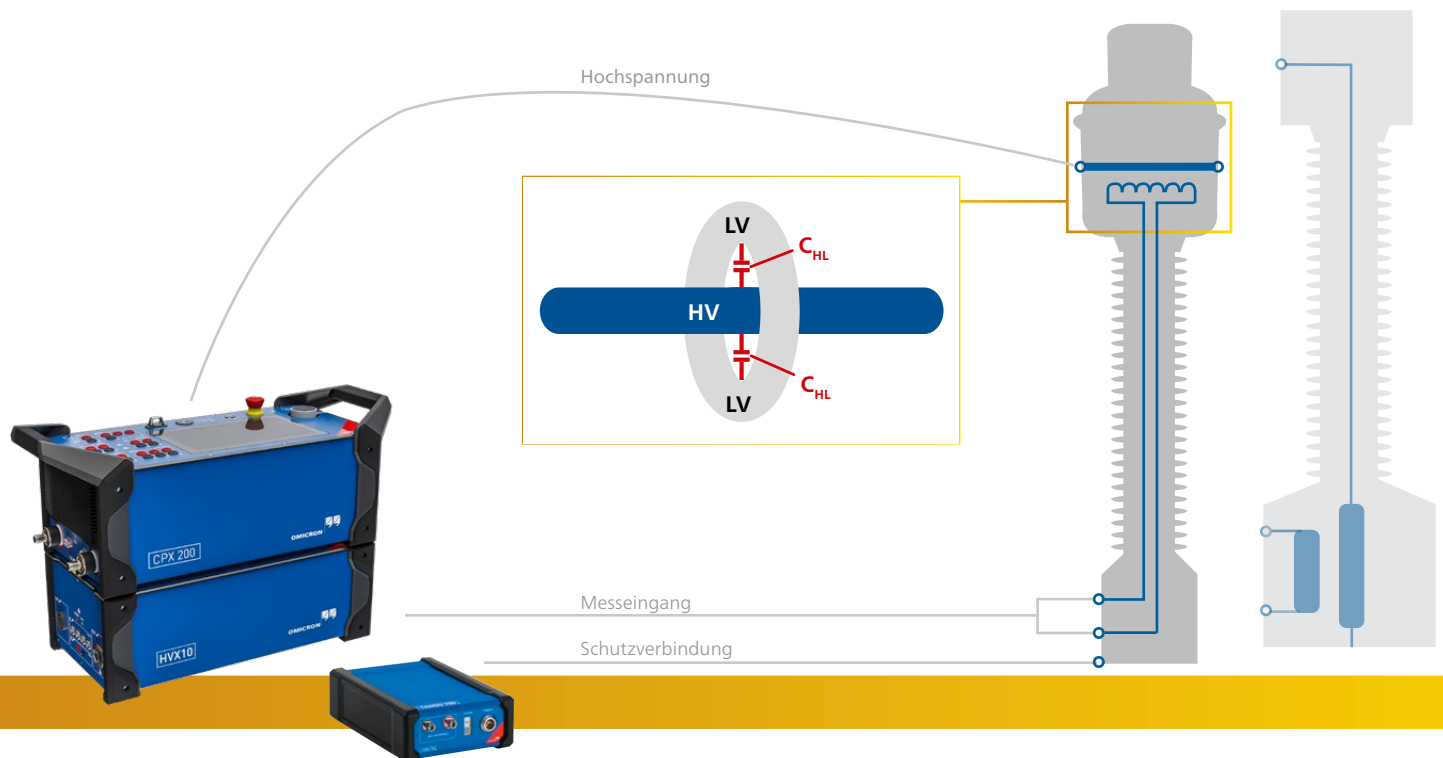
Gründe für eine Messung

Messungen des Verlustfaktors werden durchgeführt, um den Isolationszustand von Messwandlern zu untersuchen. Dieser spielt für den zuverlässigen Betrieb der Messwandler eine wichtige Rolle.

Eindringende Feuchte verursacht eine Reduzierung der dielektrischen Verluste, die über Verlustfaktormessungen quantitativ bestimmt werden können. Über Messungen am kapazitiven Teiler eines kapazitiven Spannungswandlers lassen sich Kurzschlüsse in den kapazitiven Schichten feststellen. Eine der häufigsten Ursachen für Messwandler-Ausfälle sind Fehler in der Isolation.

Funktionsweise

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



CPX 200 + HVX10

TANDO 700
(Spannungsquelle erforderlich)

Wissenswertes ...

Für eine Bewertung der Messergebnisse ist es von Vorteil, die Werte mit früheren Ergebnissen, mit den Ergebnissen der gleichartiger Wandler 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 Isolation kurzgeschlossen ist und die dielektrische Belastung auf der übrigen Isolation 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 in einem breiteren Frequenzbereich können diese Auswirkungen in einem früheren Stadium erkannt werden, wodurch eine längere Reaktionszeit zur Planung von Gegenmaßnahmen möglich ist.

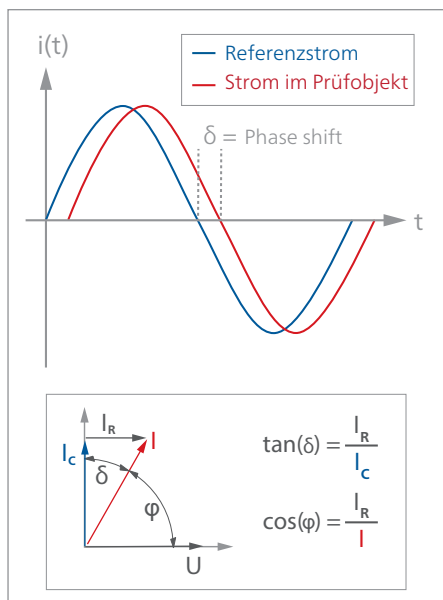
Wird ein hoher VF festgestellt, kann eine dielektrische Antwortmessung als ergänzendes Diagnoseverfahren herangezogen werden. Durch die Messung in einem breiten Frequenzbereich lässt sich beurteilen, ob der hohe VF durch Feuchte verursacht wird.

Warum CPX 200 + HVX10?

- > Hohe Messgenauigkeit
- > Breite Prüffrequenz (1 ... 600 Hz)
- > Gleicher Aufbau wie für Isolationswiderstandsprüfungen, keine Umverdrahtung erforderlich
- > Kombiniertes Gewicht kleiner als 30 kg

Warum TANDO 700?

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



Die dielektrischen Verluste führen zu einer Phasenverschiebung

Isolationswiderstand

Was kann geprüft werden?

- ✓ Isolation
- Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde
- Netzqualität

Gründe für eine Messung

Das Messen des Isolationswiderstands hilft dabei, mögliche Schwachstellen in der Isolation von Messwandlern zu erkennen, die durch eintretende Feuchte, Alterung und mechanische Belastungen des Betriebsmittels auftreten können. Schäden in der Isolation können zu elektrischen Durchschlägen, dem Ausfall von Betriebsmitteln und teuren Ausfallzeiten führen.

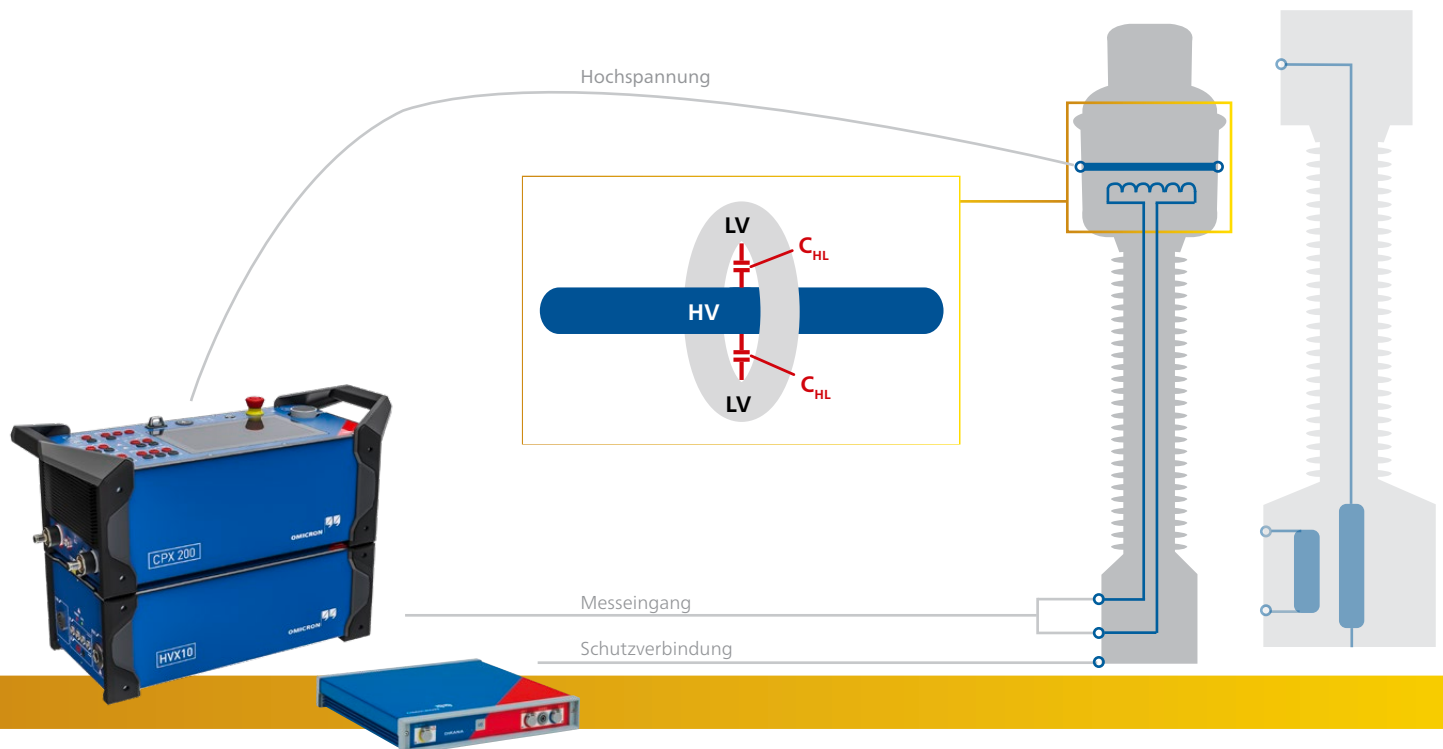
Regelmäßige Isolationswiderstandsmessungen tragen dazu bei, größere Störungen zu vermeiden, unerwartete Betriebsunterbrechungen zu reduzieren und die Lebensdauer des Betriebsmittels zu verlängern.

Funktionsweise

Der Isolationswiderstand wird durch Anlegen einer Gleichspannung von 500 bis 1000 V für 60 Sekunden zwischen den Wicklungen-zur-Erde und zwischen einzelnen Wicklungen bestimmt.

Bei Messwandlern werden die Primär- und Sekundäranschlüsse kurzgeschlossen und die Sekundärwicklung wird geerdet. Eine DC-Prüfspannung wird an die Primärwicklung angelegt - unter Verwendung desselben Prüfaufbaus wie für Verlustfaktor- und Kapazitätsprüfungen.

Spannungswandler werden mittels Sekundäreinspeisung mit geerdetem Primär-Neutralleiter geprüft. Mit Hilfe des HVX10 kann der Isolationswiderstand zwischen der eingespeisten Sekundärwicklung und bis zu vier zusätzlichen Sekundärwicklungen und der geerdeten Primärwicklung mit nur einem Aufbau gemessen werden.



Wissenswertes

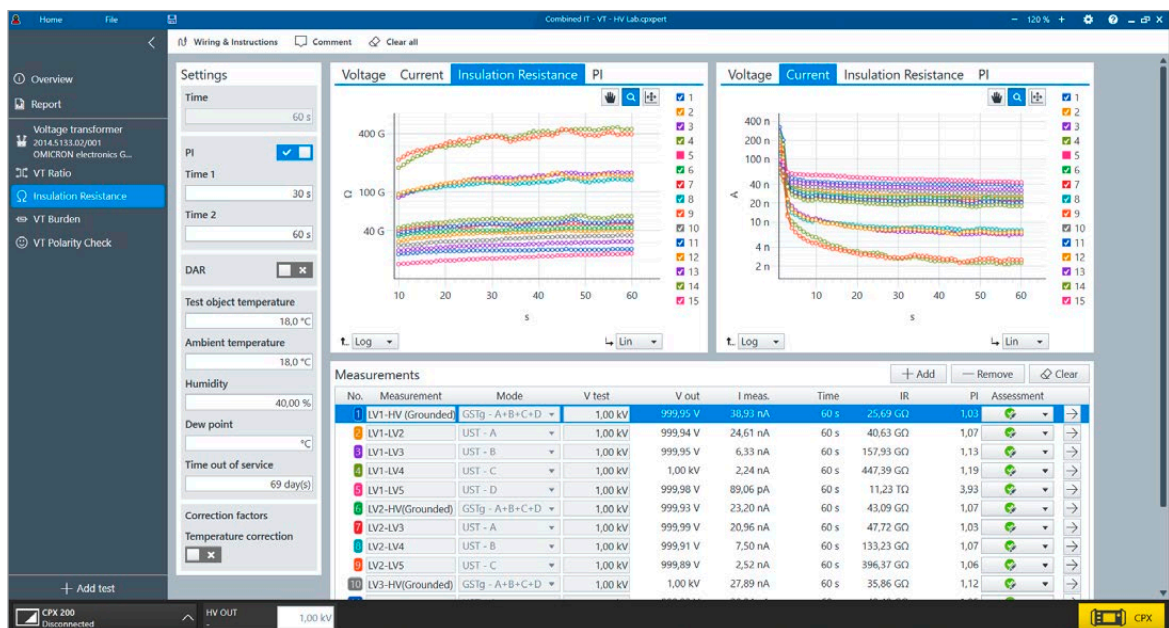
Manche Messwandler verfügen über eine Schirmelektrode, die die Genauigkeit des Isolationswiderstands verbessert, indem Streukapazitäten und Oberflächen-Leckströme reduziert werden. Falls vorhanden ist eine direkte Prüfung zwischen Primär- und Sekundärwicklung nicht möglich. Vielmehr werden die Messungen zwischen den Wicklungen und der Schirmelektrode durchgeführt.

Kann die Schirmelektrode nicht getrennt werden, wird die Prüfspannung an eine nichtgeerdete Wicklung angelegt und die Messung wird zwischen dieser Wicklung und der geerdeten Schirmelektrode durchgeführt. Stellen Sie sicher, dass die Spannung innerhalb des angegebenen Maximalwerts für den Wandler bleibt, um mögliche Schäden zu vermeiden.

Kann die Schirmelektrode von Stromwandlern getrennt werden, wird die Prüfspannung (innerhalb der angegebenen Grenzwerte) an eine Primärwicklung angelegt, die von der Erdung getrennt ist. Messen Sie zwischen der Primärwicklung und der nichtgeerdeten Schirmelektrode.

Warum CPX 200 + HVX10?

- > Gleicher Prüfaufbau wie für die Kapazitäts- und Verlustfaktormessungen
- > Kurvenaufzeichnung für die detaillierte Analyse
- > Automatische Berechnung von PI und DAR
- > Konfigurierbare Messdauer (z. B. 60 s, 600 s)
- > Messung von bis zu vier Durchführungen ohne Umverdrahtung



Isolationswiderstandsprüfungen von Messwandlern mit der CPXpert Software

Genauigkeitsgrenzfaktor (ALF) und Klemmenspannung (V_b)

Was kann geprüft werden?

- Isolation
- ✓ Wicklungen
- ✓ Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- ✓ Bürde
- Netzqualität

Gründe für eine Messung

Die Genauigkeit von Stromwandlern variiert bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen aufgrund der Nichtlinearität des Magnetkerns. Mit abnehmender Induktivität des Kerns aufgrund der Sättigung werden Messabweichungen 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.

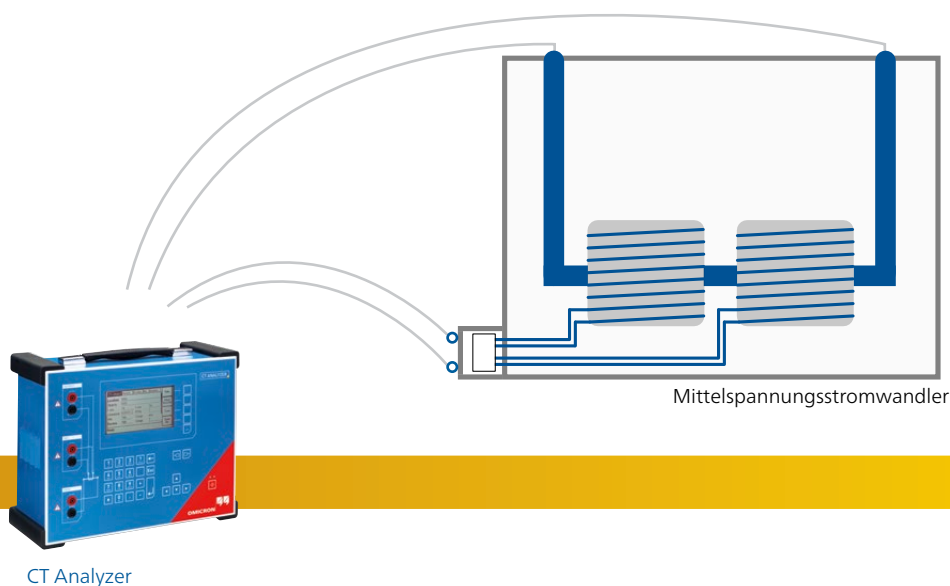
Der ALF kann als Betriebsstrom bezogen auf den Nennstrom definiert werden, bei dem die Genauigkeit weiterhin innerhalb der festgelegten Grenzwerte liegt. Die Klemmenspannung V_b entspricht der Spannung entlang der Standardbürde bei 20-fachem Bemessungsstrom, ohne 10 % der Gesamtmessabweichung zu überschreiten.

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 Messabweichung unter 10 % liegt.

Beim direkten Verfahren wird ein Sinusstrom 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

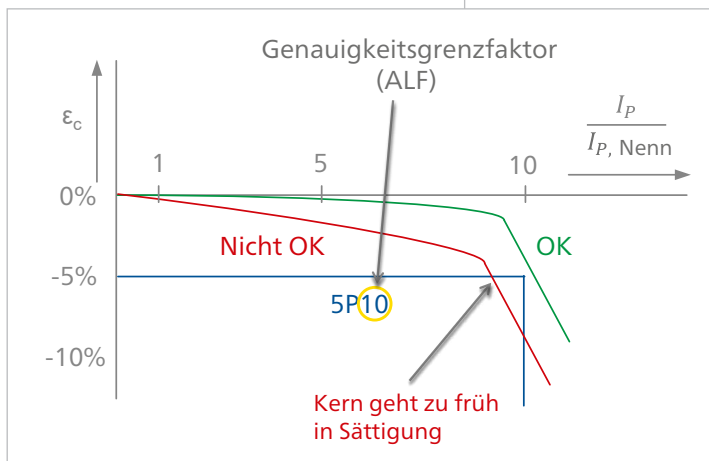
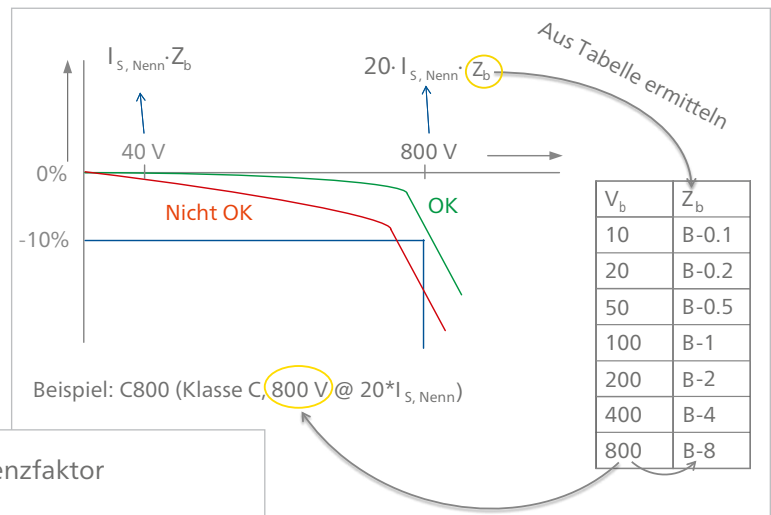
Der Parameter IPL ist der Bemessungs-Begrenzungsstrom bei einem Wandler für Messzwecke und der Genauigkeits-Begrenzungsstrom bei einem Wandler für Schutzzwecke. Das Verhältnis des Stroms I_{PL} zum primären Bemessungsstrom I_{PR} ist für Stromwandler zu Schutzzwecken als Genauigkeitsgrenzfaktor (ALF) für Stromwandler 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 hoch ist, also z. B. 480 V beträgt, wird der Stromwandler als C 400 Stromwandler eingestuft.

Warum CT Analyzer?

- > Ableiten des ALF mit dem direkten Verfahren möglich (gemäß IEC 60044-1 und IEC 61869-2)
- > Messung ist Teil der umfassenden Stromwandlerprüfung mit Niederspannung
- > Indirektes und direktes Bestimmen des ALF möglich
- > Klemmenspannung kann validiert 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

Remanenz

Was kann geprüft werden?

- Isolation
- Wicklungen
- ✓ Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde
- Netzqualität

Gründe für eine Messung

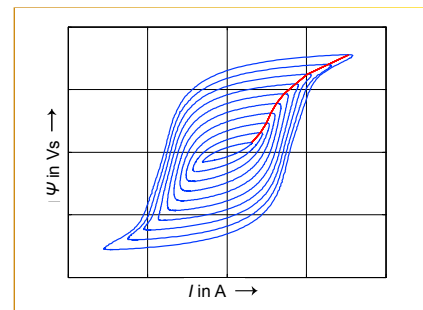
Die Messung erkennt eine verbleibende Magnetisierung des magnetischen Kerns aufgrund von Fehlerströmen, DC-Komponenten während des Schaltvorgangs, DC-Messungen oder Blitzschlag.

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.

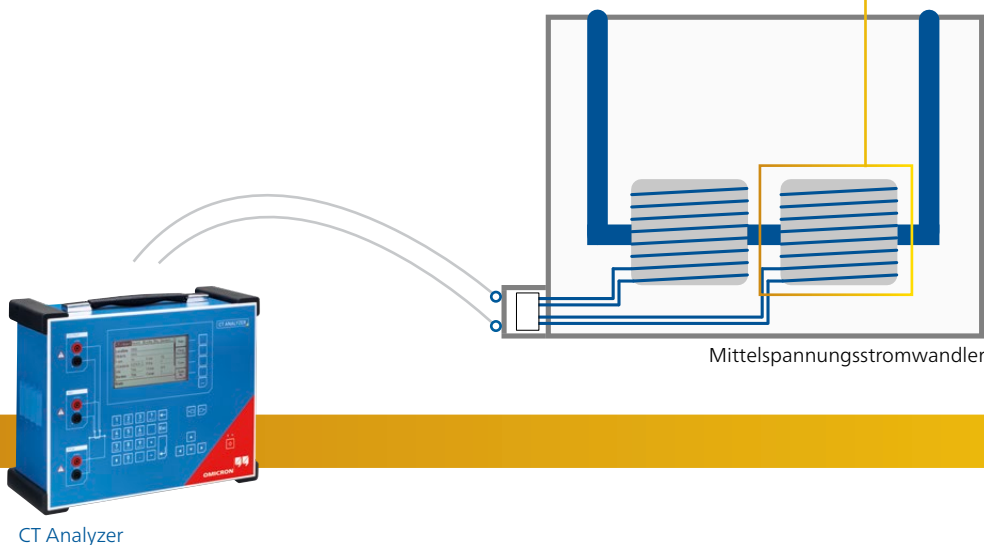
Die Messungen und Analyse der Remanenz und des Restmagnetismus sollten durchgeführt werden, bevor ein Stromwandler in Betrieb genommen wird, um die korrekte Funktionsweise sicherzustellen, oder nachdem ein Stromwandler DC-Strömen ausgesetzt war und nach einer Messung des Wicklungswiderstands mit DC.

Funktionsweise

Das softwarebasierte Tool bestimmt den Restmagnetismus 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.



Der Stromwandlerkern wird durch die Hysteresekurve beschrieben



Wissenswertes ...

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

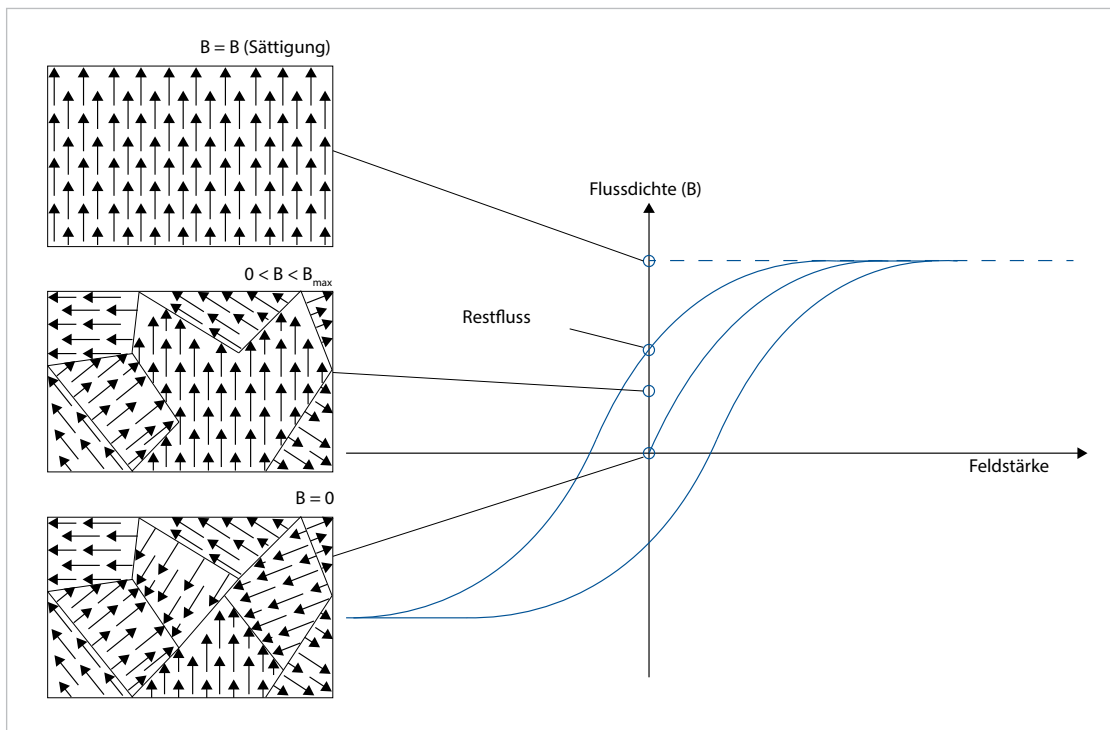
Allerdings unterbricht ein nicht selektives Auslösen der Schutzsysteme, d. h. wenn kein Fehler oder Fehlauflösung im betreffenden Schutzbereich vorliegt, den regulären Netzbetrieb und hat negative Auswirkungen auf die Verfügbarkeit und Selektivität.

Es ist wichtig, zu wissen, ob im Stromwandlerkern 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 Stromwandlerkerne entweder überdimensioniert oder mit Luftspalten ausgestattet werden. Mit Luftspalten wird die Hysteresekurve flacher und die Kernsättigung setzt bei höheren magnetischen Feldstärken ein. Die Remanenz kann so reduziert werden. Je größer die Luftspalten, desto kleiner die Remanenz. Anstelle von nur einem Luftspalt können auch mehrere Luftspalten über den Umfang des Kerns verteilt sein.

Warum CT Analyzer?

- > Genaues Messen der Remanenzfaktoren und des Restmagnetismus
- > Bestimmen des Remanenzfaktors K_r und Restflusses in einem automatisierten Prüfzyklus
- > Entmagnetisieren des Stromwandlerkerns nach der Messung, um Restmagnetismus im Stromwandler auszuschließen
- > Ergebnisse innerhalb von Sekunden



Magnetisierungs-/Hysteresekurve entspricht den internen Magnetisierungsprozessen des magnetischen Kerns

Transiente Stromwandler-Parameter

Was kann geprüft werden?

- Isolation
- Wicklungen
- ✓ Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- ✓ Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde
- Netzqualität

Gründe für eine Messung

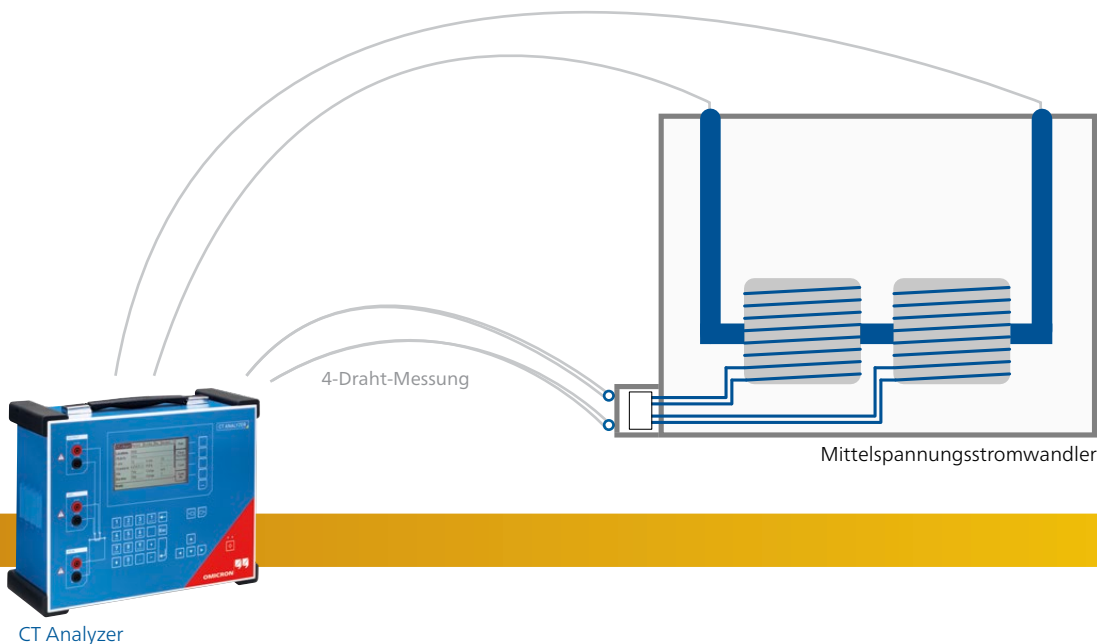
Stromwandler werden unter symmetrischen Wechselstrombedingungen betrieben, sind jedoch im Betrieb umgebungsbedingt oder während Wartungsarbeiten auch Gleichstromkomponenten ausgesetzt. Bei transienten Einflüssen, etwa bei Kurzschluss oder Umschaltungen, sind Stromwandler einer exponentiell abklingenden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

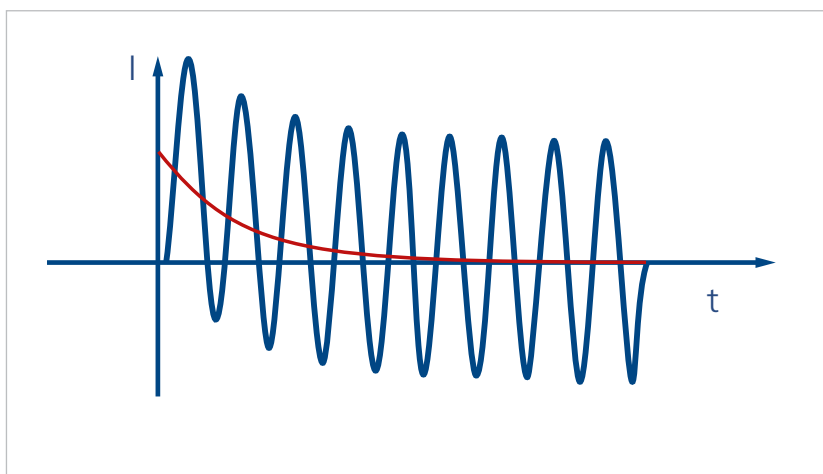
Die IEC-Norm definiert unterschiedliche Schutzklassen für Stromwandler. Die Klassen TPX, TPY und TPZ haben besondere Anforderungen an das transiente Übertragungsverhalten. Bei einem Fehler darf eine DC-Komponente das korrekte Verhalten des Stromwandlers für diese Klassen während unterschiedlicher Betriebszyklen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

Diese Kriterien können durch eine Überdimensionierung des Stromwandler-Kerns, eine Verwendung von Material mit einer geringen Remanenzinduktion oder über Luftspalten 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 Falle von transienten Fehlern wird bereits in einem sehr frühen Stadium der Herstellung festgestellt
- > Informationsbasierte 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)

Breitbandiges Übersetzungsverhältnis und Phasenfehler

Was kann geprüft werden?

- Isolation
- Wicklungen
- Kern
- Kapazitiver Spannungsteiler
- Kompensationsdrossel
- Gesamter elektromagnetischer Kreis
- Bürde
- ✓ Netzqualität

Gründe für eine Messung

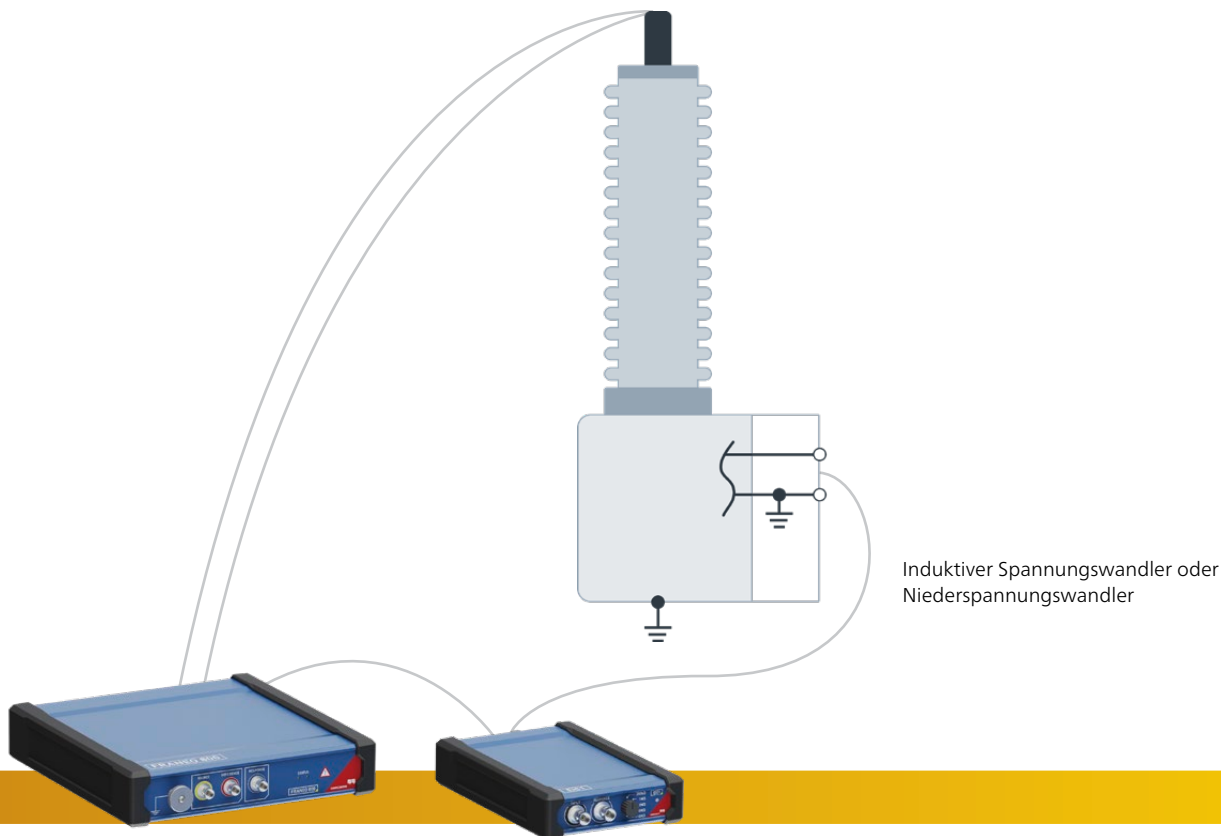
Messwandler sind dafür verantwortlich, hohe Spannungen und Ströme auf messbare Werte herunterzutransformieren. Ihre Genauigkeit beeinflusst direkt die Zuverlässigkeit der Messkette für die Netzqualität. Die Netzqualität ist wichtig für die Zuverlässigkeit des Systems, weil sie zeigt, wie genau Spannung und Strom idealen Wellenformen entsprechen. Eine schlechte Netzqualität kann zu Ausfällen von Betriebsmitteln, zu Energieverlusten und Versorgungsausfällen führen.

Traditionelle Genauigkeitsbemessungsdaten konzentrieren sich auf das Verhalten bei Nennfrequenz, aber viele Störungen der Netzqualität entstehen bei höheren Frequenzen im Harmonischenbereich. Das Messen des breitbandigen Übersetzungsverhältnisses und des Phasenfehlers im gesamten Frequenzbereich maximiert die Verfügbarkeit des Betriebsmittels und die Zuverlässigkeit des Netzes.

Funktionsweise

Ein hochpräzises Prüfsystem ist erforderlich, um einen breiten Frequenzbereich (bis zu 500kHz) einzuspeisen und den Ausgang mit minimaler Messunsicherheit zu analysieren. Zusätzlich zu der Hochfrequenz-Prüfspannungsquelle umfasst das System einen Impedanzumformer, der auf die Bemessungsbürde des Prüfobjekts ausgelegt ist.

Er misst Amplituden- und Phasenfehler präzise über das gesamte Frequenzspektrum hinweg und bietet eine umfassende Bewertung der Leistungsfähigkeit eines Messwandlers unter realistischen Netzbedingungen.



Wissenswertes

Die IEC-Norm 61869-1 Fassung 2.0 definiert Klassen für die breitbandige Genauigkeit für Messwandler für PQ-Anwendungen. Diese Klassen beziehen sich auf die Umwandlung von höherfrequenten sinusförmigen Wellenformen sowie von verzerrten Strom- und Spannungsharmonischen.

Mit der Software können Benutzer:innen die Prüfergebnisse visualisieren und mit den vorgegebenen Grenzwerten der jeweiligen Genauigkeitsklassen vergleichen.

Breitbandige Genauigkeitsmessungen werden üblicherweise in Laborumgebungen oder spezialisierten Prüfinstituten durchgeführt. Sie werden während der Designphase von Messwandlern, Typprüfungen, Inbetriebnahmeprüfungen und Verifizierungsszenarien vor Ort durchgeführt.

Warum FRANEO 800 + EIC1?

- > Messung des breitbandigen Übersetzungsverhältnisses und der Phasenfehler von Messwandlern für Netzqualitätsanwendungen
- > Spezielle Software, ausgerichtet auf einen einfachen Arbeitsablauf beim Prüfen
- > Der als Zubehör erhältliche elektronische Impedanzwandler EIC1 ermöglicht das einfache Anpassen der Bürdenimpedanz



Unsere FRANEO 800 PQLyzer-Software bietet optimale Unterstützung bei der Messung der Übertragungskennlinien von Messwandlern mit konfigurierbaren Sweep-Einstellungen, Anschlussbildern und Prüfberichten.

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

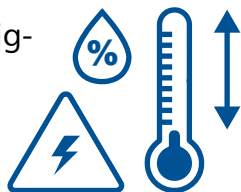
Qualität

Vertrauen Sie höchsten Arbeitsschutz- und Sicherheitsstandards



Maximale Zuverlässigkeit durch bis zu

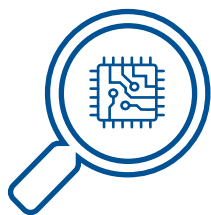
72



Stunden Burn-in-Tests vor Auslieferung

100%

Routineprüfungen aller Prüfgerätekompontenten



ISO 9001
TÜV & EMAS
ISO 14001
OHSAS 18001



Einhaltung internationaler Normen

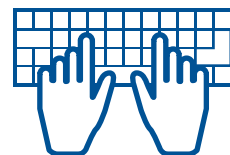
Innovation



... 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

80%

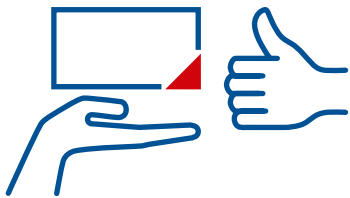


Zeitersparnis durch Prüfvorlagen und Automatisierung

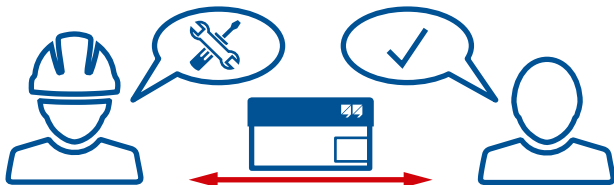
— Support —

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

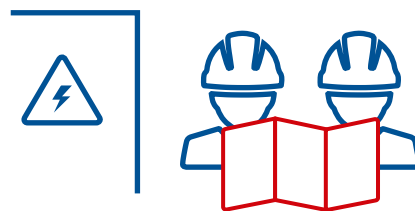


Academy-Trainings und zahlreiche Praxis-Schulungen pro Jahr

Von OMICRON ausgerichtete Tagungen, Seminare und Konferenzen



auf tausende Fachbeiträge und Application Notes



Umfassende Kompetenz in der Beratung, Prüfung und Diagnostik

OMICRON ist ein internationales Unternehmen, das mit Leidenschaft an wegweisenden Ideen arbeitet, 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. Kund:innen rund um die Welt verlassen sich auf die Genauigkeit, Geschwindigkeit und Qualität unserer zuverlässigen, bedienfreundlichen Lösungen für die elektrische Prüfung von Mittel- und Hochspannungsausrüstung, Schutzsystemen, digitalen Schaltanlagen und Cyber Security.

Wir sind seit 1984 in der elektrischen Energietechnik tätig und verfügen über fundierte, langjährige Erfahrung in der Branche. Ein engagiertes Team aus über 1 300 Mitarbeiter:innen an 23 Standorten unterstützt unsere Kund:innen in mehr als 170 Ländern. Unser technischer Support kümmert sich 24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche um Sie.



Emotions are energy. Our energy moves.

Erfahren Sie mehr über uns! Scannen Sie den QR-Code, um unsere Veranstaltungen, Schulungen und Produkte zu entdecken. Bleiben Sie mit uns verbunden und folgen Sie uns auf Social Media.