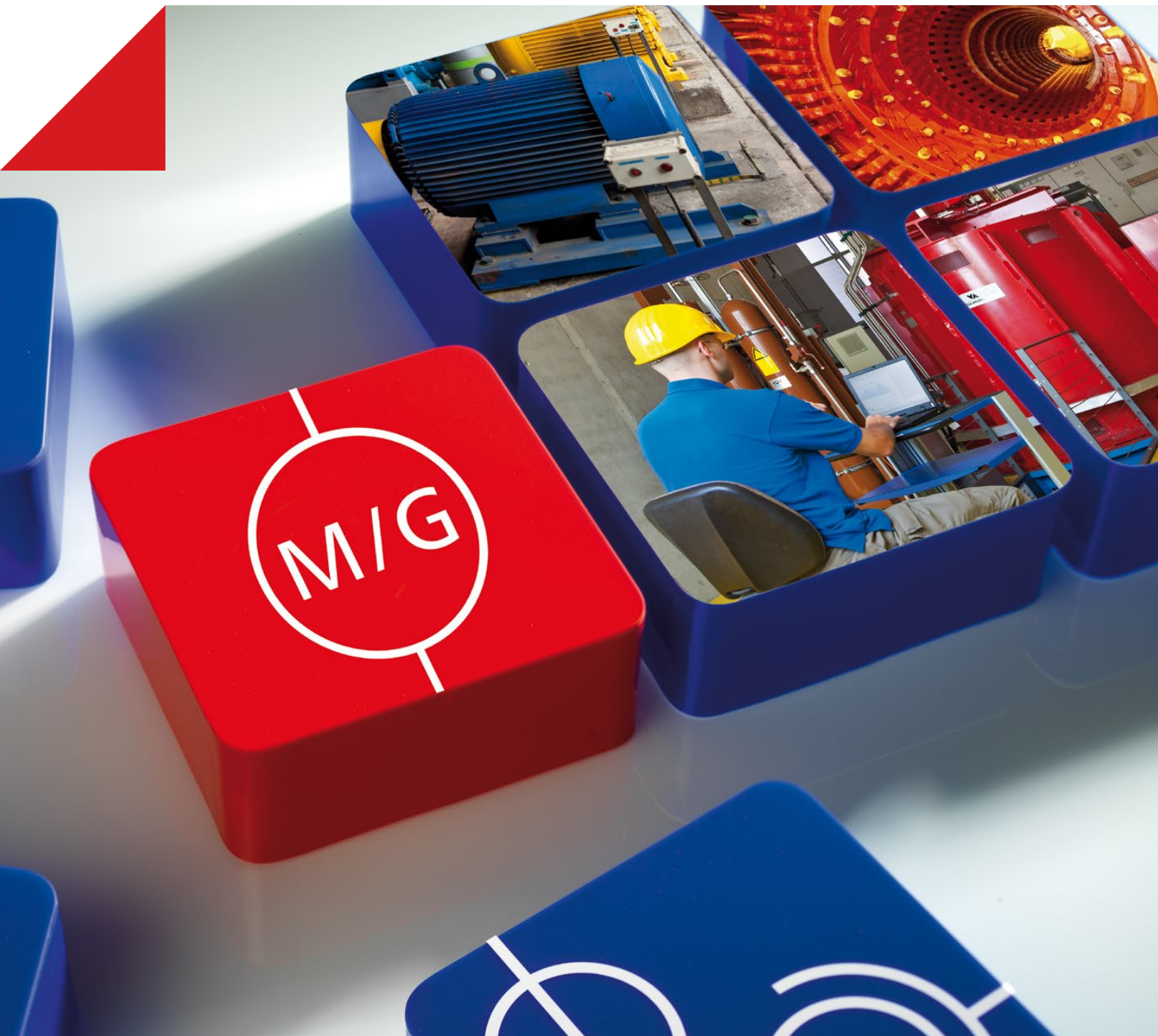




# Diagnoseprüfung und Monitoring rotierender Maschinen



# Analysieren Sie den Zustand Ihrer Maschine für einen zuverlässigen Betrieb

## Reduzierung des Ausfallrisikos bei rotierenden Maschinen

Rotierende Maschinen, wie Motoren und Generatoren, sind wichtige Komponenten in der Energieerzeugung und im industriellen Anwendungsbereich. Es werden daher höchste Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit dieser Komponenten gestellt. Ein vorzeitiger Maschinenausfall kann, aufgrund unerwarteter Betriebsunterbrechungen und möglicher Defekte an den Betriebsmitteln selbst, erhebliche wirtschaftliche Verluste nach sich ziehen. Eine effektive Wartungsplanung ist auf präzise Zustandsinformationen angewiesen. Nur so kann sicher festgestellt werden, wann Komponenten überholt oder ausgetauscht werden müssen.



Während des gesamten Betriebs Ihrer Maschine können unterschiedlichste elektrische Prüfungen vorgenommen werden, um die Zuverlässigkeit der Komponenten zu erhöhen, vorzeitige Ausfälle zu verhindern und eine maximale einwandfreie Betriebsdauer zu realisieren. Offline-Diagnoseprüfungen zeigen Ihnen eine Momentaufnahme des aktuellen Zustands und erfassen potenzielle Schäden. Temporäres und permanent installiertes Online-Monitoring ermöglichen eine kontinuierliche Zustandsbewertung zu normalen Betriebsbedingungen.

## Prüfung und Korrekturmaßnahmen für einen zuverlässigen Betrieb und eine Verlängerung der Nutzungsdauer von Maschinen

- > regelmäßige und kontinuierliche Bewertungen des Zustands mit verschiedenen elektrischen Diagnoseverfahren
- > Umsternen der Maschine
- > Partielle Neubewicklung
- > Austausch beschädigter Bauteile

Voraussichtliche Maschinen-Nutzungsdauer



Normale Nutzungsdauer  
Zuverlässigen Betrieb sicherstellen



Ende der Nutzungsdauer  
Verlängerung der Lebensdauer



# Empfohlene Prüfungen an rotierenden elektrischen Maschinen

## Ausfallvorbeugung durch Detektion von Schwachstellen

Elektrische Diagnosemessungen erlauben verlässliche Aussagen betreffend des Zustandes der Maschine. Elektrische Prüfungen werden üblicherweise durchgeführt, nachdem die Maschine produziert und vor Ort installiert wurde, aber auch während regelmäßigen Instandhaltungen.

Die hier aufgeführten elektrischen Prüfungen sind Diagnoseverfahren, mit denen eine zuverlässige Zustandsbewertung der Isolation und anderer Komponenten in rotierenden Maschinen möglich ist.

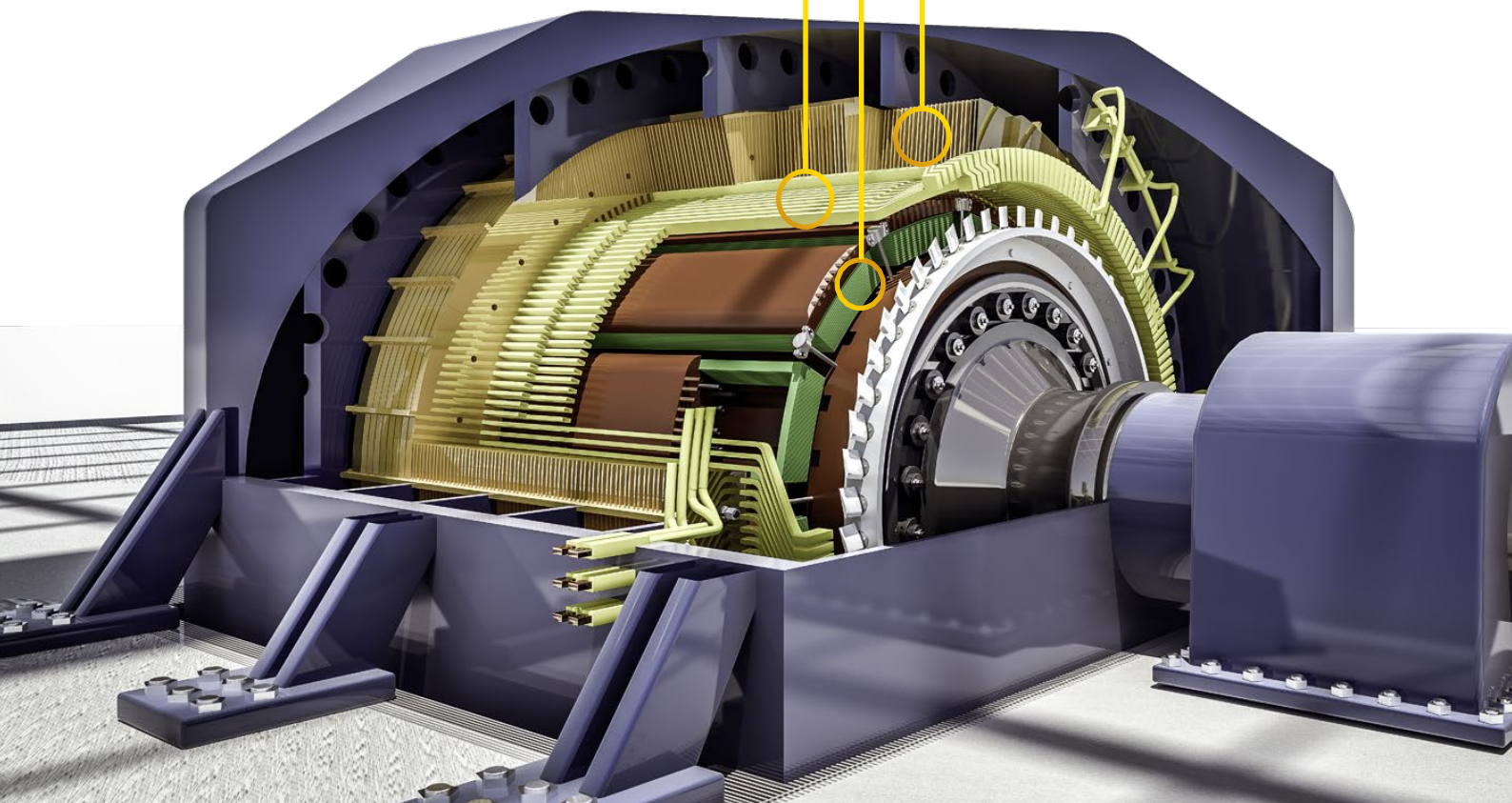
Die Ergebnisse dieser Messungen geben Ihnen Aufschluss darüber, ob und wann eine Instandhaltung der betroffenen Teile sinnvoll ist.

### Geprüfter Maschinenteil

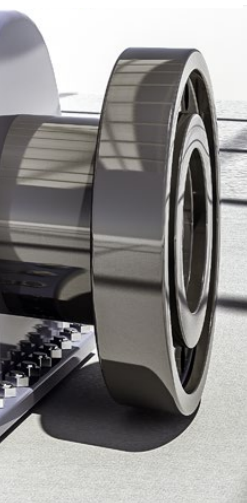
Ständerwicklung

Läuferwicklung

Ständerkern



Was detektiert werden soll	Empfohlene elektrische Prüfungen										
Teilentladungen (TE)	■	■	■								
Verunreinigung	■	■	■		■					■	
Verschleiß der Isolation	■	■	■		■					■	
Stehspannung				■							
Integrität der Isolation				■	■					■	
Verbindungsprobleme						■					
Windungsschlüsse									■		
Windungsschlüsse								■	■		
Kontaktwiderstand							■				
Schlüsse im Blechpaket											■
	Kapazitäts- u. Verlustfaktor (tan δ)-Messungen	Teilentladungsmessung (TE)	Online-TE-Monitoring	Stehspannungsprüfung	Messungen des Isolationswiderstands, des Polarisationsindex und des dielektrischen Absorptionsverhältnisses	DC-Wicklungswiderstandsmessung	Kontaktwiderstandsmessung	Pol-Impedanzmessung	Ermittlung von Windungsschlüssen mit SFRA	Dielektrische Antwortmessung	Streuflussmessung am Blechpaket



# Die ideale Lösung für Ihre individuellen Anforderungen an die Prüfu

## Empfohlene Diagnosewerkzeuge

Wir bieten die passende Prüf- oder Monitoringlösung für gängige Diagnoseverfahren an rotierenden Maschinen. Mit diesen Lösungen können Sie eine detaillierte Zustandsbewertung elektrischer Maschinen durchführen und potenzielle Probleme und Ausfallrisiken schnell identifizieren.

Elektrische Prüfung	CPC 100	+ CP TD15 + CP CR600	TANDO 700	MPD 800
Kapazitäts- und Verlustfaktor (tan $\delta$ )-Messungen	■ <sup>2</sup>	■ <sup>2</sup>	■	
Teilentladungsmessung (TE)	■ <sup>1,2</sup>	■ <sup>1,2</sup>		■
Online-TE-Monitoring				
Stehspannungsprüfung	■ <sup>1,2</sup>	■ <sup>1,2</sup>		
Messungen des Isolationswiderstands, des Polarisationsindex und des dielektrischen Absorptionsverhältnisses				
DC-Wicklungswiderstandsmessung	■			
Kontaktwiderstandsmessung	■			
Pol-Impedanzmessung	■			
Ermittlung von Windungsschlüssen mit SFRA				
Dielektrische Antwortmessung				
Streuflussmessung am Blechpaket	■			

<sup>1</sup> Eingesetzt als Hochspannungsquelle  
<sup>2</sup> Auch mit CPC 80 und CP TD1 möglich

Universelles Prüfgerät für die elektrische Diagnose von HS-Betriebsmitteln



Dielektrisches Prüfgerät mit Kompensationsdrossel



Hoch präzise Messungen der Kapazität und des Verlustfaktors für einen Einsatz in Prüflaboren




Universelles System zur Messung und Analyse von Teilentladungen (TE)



# ng von Maschinen

MONTESTO 200	MONGEMO	DIRANA	FRANEO 800
■	■		
■	■		
		■	
			■
		■	

Tragbares Online-Teilentladungsmess- und temporäres Monitoring-System



Permanent installiertes System für das kontinuierliche Online-TE-Monitoring von Generatoren und Motoren



Prüfgerät für die dielektrische Antwortmessung in HS-Betriebsmitteln



Frequenzgang-Analysegerät



# Kapazitäts- und Verlustfaktor ( $\tan \delta$ )-Messungen

## Was kann geprüft werden?

- ✓ Ständerwicklung
- Läuferwicklung

## Gründe für eine Messung

Messungen der Kapazität (C) und des Verlustfaktors (VF/ $\tan \delta$ ) werden durchgeführt, um den Zustand der Maschinenisolation festzustellen. Ein sicherer Betrieb ist auf eine fehlerfreie Isolation angewiesen.

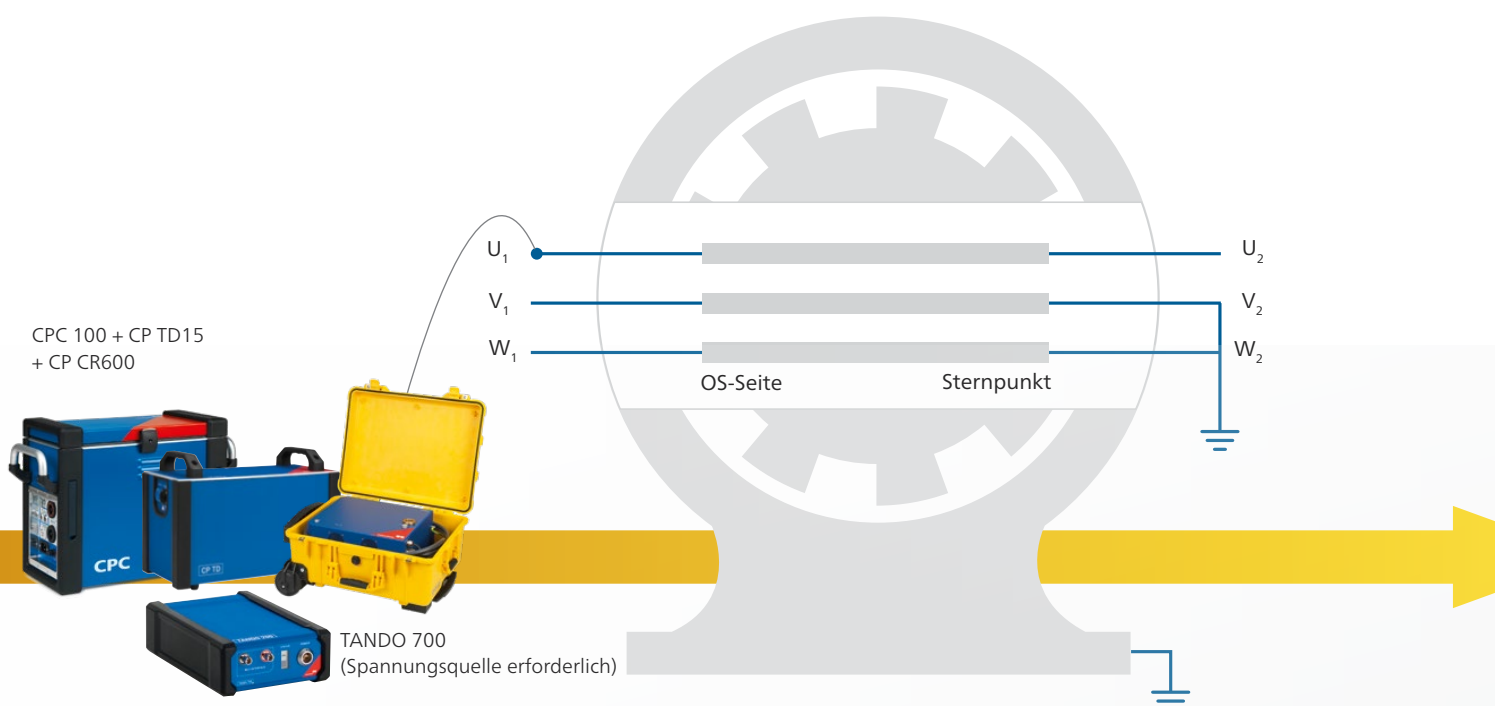
Änderungen der Kapazität oder des Verlustfaktors im Laufe der Zeit sind oftmals ein Anzeichen für Teilentladungen (TE) oder einen Verschleiß der Isolation. Die Trenddaten helfen bei der Bestimmung, wie schnell die Alterung der Isolation voranschreitet, und bei der Identifizierung kritischer Änderungen, die eine weitere Inspektion erfordern können.

## Funktionsweise

Das Messgerät mit integrierter Hochspannungsquelle wird an die Klemmen der Maschine angeschlossen. Wenn der Stenpunkt zugänglich ist, können die Phasen einzeln gegen Erde gemessen werden. Wenn dies nicht der Fall ist, erfolgt die Messung gleichzeitig für die gesamte Wicklung. Es können auch Messungen zwischen Phasen durchgeführt werden, um die Kapazität des Wickelkopfs zu prüfen.

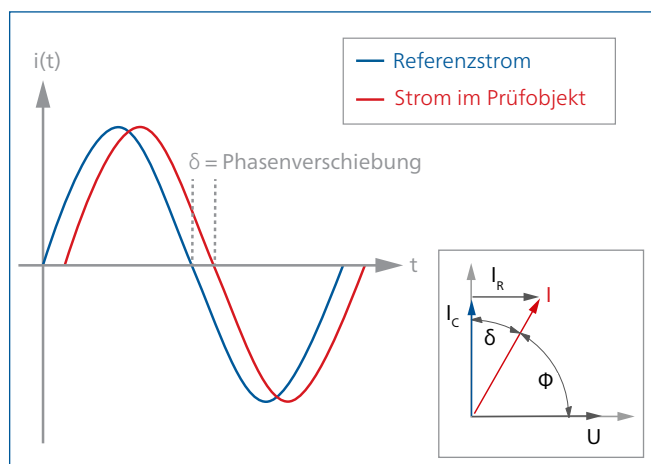
Der Verlustfaktor wird normalerweise in einem festgelegten Spannungsbereich gemessen. Dieser Bereich wird in Stufen eingeteilt, wobei bei jeder Stufe der VF/ $\tan \delta$  aufgenommen wird. Ein typischer Startwert und Stufenschritt ist 0,2 Un. Es können auch andere Schritte und Startwerte wie 0,1 Un gewählt werden. Das Ergebnis wird entweder zwischen den Phasen oder mit früheren Messungen verglichen.

Die Messungen der Kapazität und des Verlust-/Leistungsfaktors werden in internationalen Normen wie IEEE 286-2000 und IEC 60034-27-3 geregelt.

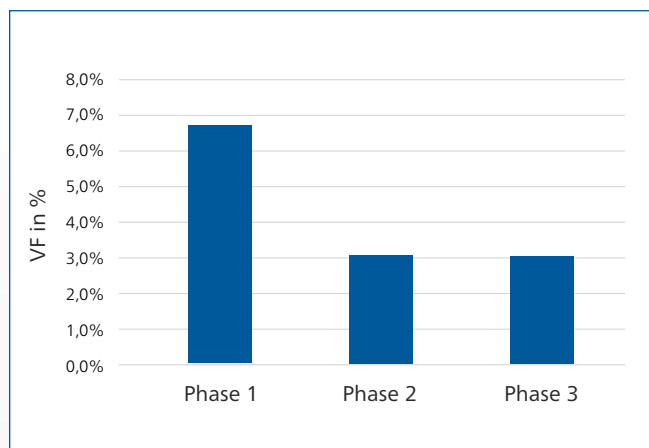


### Wissenswertes ...

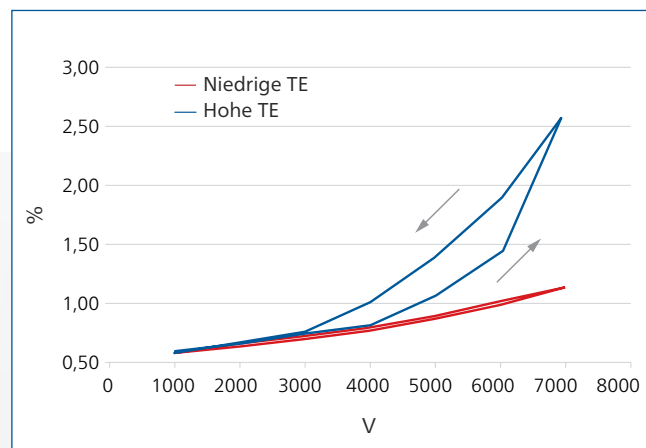
- > Ein schrittweiser Anstieg des  $\text{VF}/\tan \delta$  in der Kurve während der Prüframpe kann auf eine anhaltende TE-Aktivität hinweisen. In solch einem Fall wird eine TE-Messung empfohlen, um die Art und den Ort des Schadens zu bestimmen.
- > OMICRON empfiehlt das Prüfen mit einer Aufwärts- und Abwärtsrampe um Aussagen über die TE-Aktivität tätigen zu können (Einsetz- und Aussetzspannung).
- > Die  $\text{VF}/\tan \delta$ -Werte können mit den Angaben des Herstellers oder mit früheren Prüfungen verglichen werden, um die Änderungen im Isolationszustand zu bestimmen.
- > Eventuelle Fehlstellen können auch durch Sichtprüfung ermittelt werden.



Dielektrische Verluste verursachen eine Phasenverschiebung.



$\text{VF}/\tan \delta$  mit einer Schwachstelle in Phase 1, verglichen mit guten Ergebnissen von Phase 2 und 3.



Die blaue Linie steht für die Maschine mit hoher TE-Aktivität (große Hysterese). Die rote Linie steht für eine neue Maschine mit niedriger TE-Aktivität.

### Warum CPC 100 + CP TD15 + CP CR600?

- > Tragbare Hochspannungsprüfquelle mit C- und  $\text{VF}/\tan \delta$ -Messfunktion bis 15 kV und 6 A
- > Resonanzkreis (CP CR600 und Prüfkapazität) für die Prüfung bei Nennfrequenz
- > Schnelle Messungen durch automatisierte Prüfabläufe und Protokollerstellung
- > Detaillierte Analyse durch automatisierte Messung von mehreren Prüfpunkten in einem bestimmten Spannungs- und Frequenzbereich

### Warum TANDO 700?

- > Hoch präzise Messungen für Prüflabore
- > Maximale Sicherheit durch vollständige galvanische Trennung zwischen Erfassungsgeräten und PC
- > Messung geerdeter und ungeerdeter Prüfobjekte auch bei Hochspannungspotenzial
- > Breiter Eingangsmessbereich von 5  $\mu\text{A}$  bis 1 A; mit externen Shunts bis zu 28 A
- > Individuell anpassbare Protokolle mit wählbaren Messparametern und -trends

# Teilentladungsmessung

## Was kann geprüft werden?

- ✓ Ständerwicklung
- Läuferwicklung

## Gründe für eine Messung

Teilentladungen (TE) treten in der Isolation rotierender Maschinen auf, wenn die lokale Beanspruchung durch das elektrische Feld die elektrische Spannungsfestigkeit übersteigt. Sie verursachen eine schrittweise Erosion des Isolationsmaterials, die zu einem Ausfall führen kann.

Im Gegensatz zu anderen dielektrischen Prüfungen erlaubt das differentielle Verfahren der TE-Messungen eine Diversifizierung von Schwachstellen in der Isolation.

TE in rotierenden Maschinen (z. B. Nutraumladungen oder Wickelkopfentladungen) verursachen eindeutige Muster. Durch die Analyse des Musters können die eigentlichen Ursachen ermittelt werden, z. B. Verunreinigung, Lücken, Risse, Alterung oder ein allgemeiner Verschleiß unterschiedlicher Komponenten der Isolation.

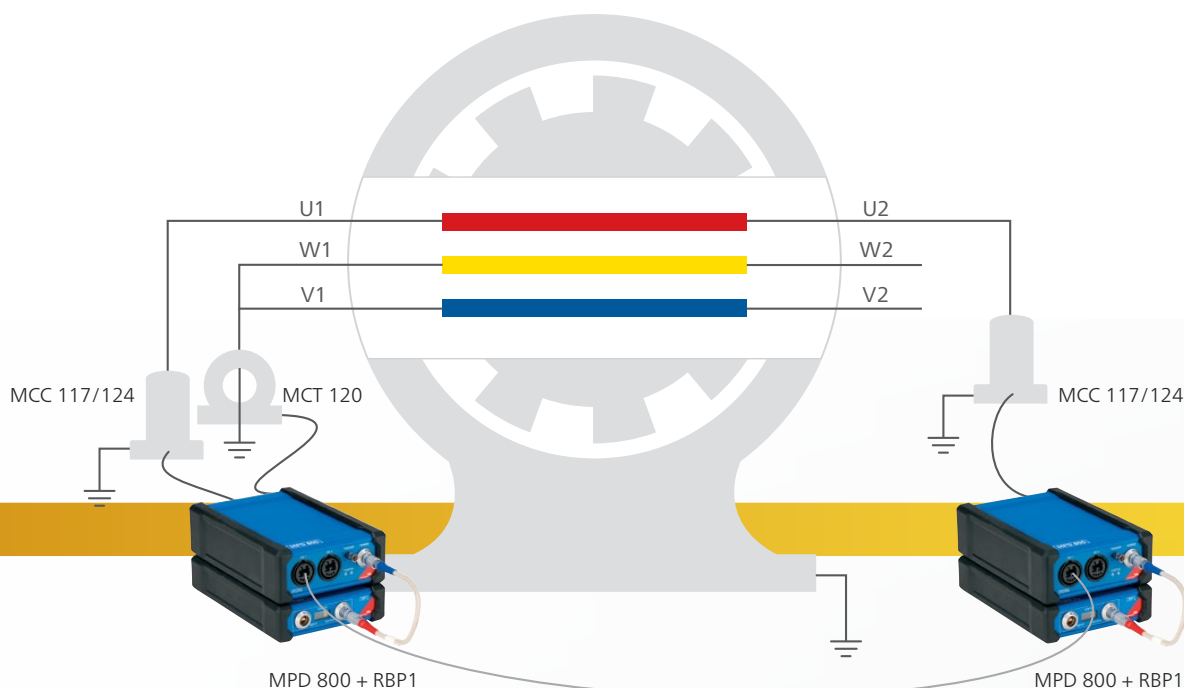
## Funktionsweise

Offline-TE-Messungen werden durchgeführt, wenn die Maschine außer Betrieb genommen und mit einer Hochspannungsquelle erregt wird. An die Klemmen der Maschine wird ein Koppelkondensator angeschlossen, der wiederum mit dem TE-Messgerät verbunden ist.

Es kann eine Einphasenmessung durchgeführt werden, wenn der Sternpunkt zugänglich ist. Andernfalls können Sie die TE-Aktivität in einer bestimmten Phase mit einer Drei-Kanalmessung in Kombination mit Verfahren zur Separierung von Störungen ermitteln.

Mit mehreren Messungen über einen Zeitbereich kann eine Trendkurve des Isolierzustands erstellt werden. Dies ist der effektivste Weg, um einen Fehler frühzeitig zu erkennen.

Die Art und Weise der Durchführung von TE-Messungen an rotierenden Maschinen wird in einer Reihe einschlägiger internationaler Normen wie z. B. IEC 60034-27 geregelt.



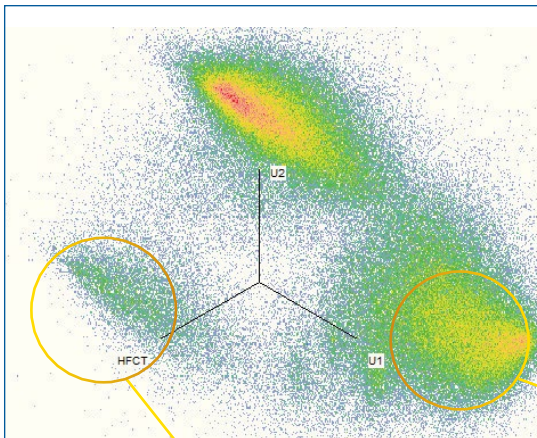
## Wissenswertes ...

- > Eine kombinierte Messung am Sternpunkt (sofern zugänglich) und an den Klemmen ermöglicht eine detailliertere Analyse.
- > Niedrige Filterfrequenzmessungen ermöglichen eine höhere Abdeckung der Wicklungen.
- > Digitale frequenzselektive TE-Messgeräte sind robust gegenüber äußeren Störquellen und verfügen über fortgeschrittene Diagnosefunktionen.
- > Fortgeschrittene Diagnosewerkzeuge, wie z. B. 3PAR (Drei-Phasen-Amplituden-Relations-Diagramm) und 3FREQ (synchrone Mehrfrequenzmessungen), werden eingesetzt, um Störsignale und mehrfache TE-Quellen für eine zuverlässigere Auswertung zu trennen.
- > OMICRON empfiehlt die Nutzung eines Hochfrequenz-Stromwandlers (HFCT) in den geerdeten, nicht gemessenen Phasen, um gekoppelte Signale zu messen und die 3PAR-Option zu aktivieren.

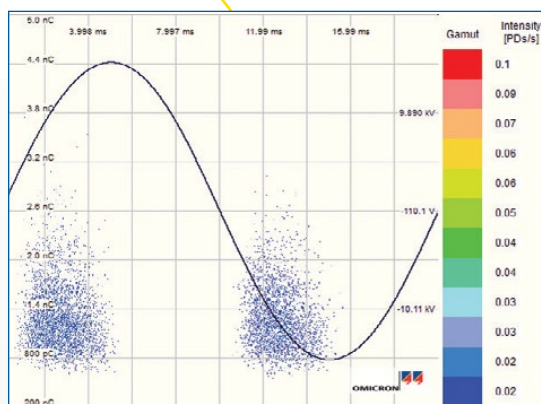
## Warum MPD 800?

- > IEC-konforme TE-Messungen an Ständerwicklungen
- > Galvanische Trennung über Glasfaserkabel garantiert sicheren Betrieb
- > Synchrone mehrkanalige TE-Messung und Gating-Funktionen
- > Aufzeichnung und Wiedergabe von TE-Datensätzen für die spätere Analyse
- > Leistungsstarke Verfahren zur Störungsunterdrückung und zur Separierung von Quellen für eine zuverlässige TE-Analyse
- > Anpassbare Software ermöglicht Anwendern:innen, nur die TE-Analysetools auszuwählen, die sie benötigen

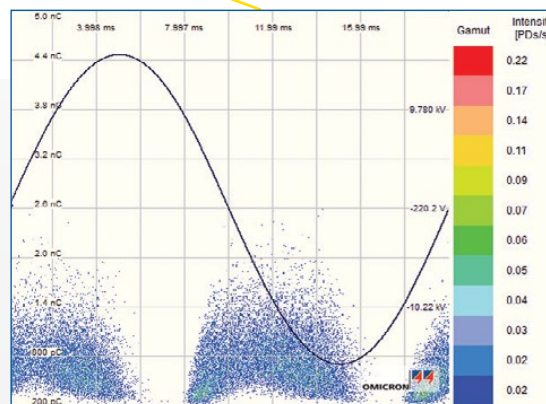
## Separierung von Störungen mit 3PAR



3PAR



TE-Quelle 1



TE-Quelle 2

# Online-Teilentladungs-Monitoring

## Was kann geprüft werden?

- ✓ Ständerwicklung
- Läuferwicklung

## Gründe für eine Messung

Im Gegensatz zu routinemäßigen Offline-Diagnoseprüfungen können Anlagenbetreiber mittels Online-Monitoring von Teilentladungen (TE) den Isolationszustand von Motoren und Generatoren im laufenden Betrieb kontinuierlich überwachen.

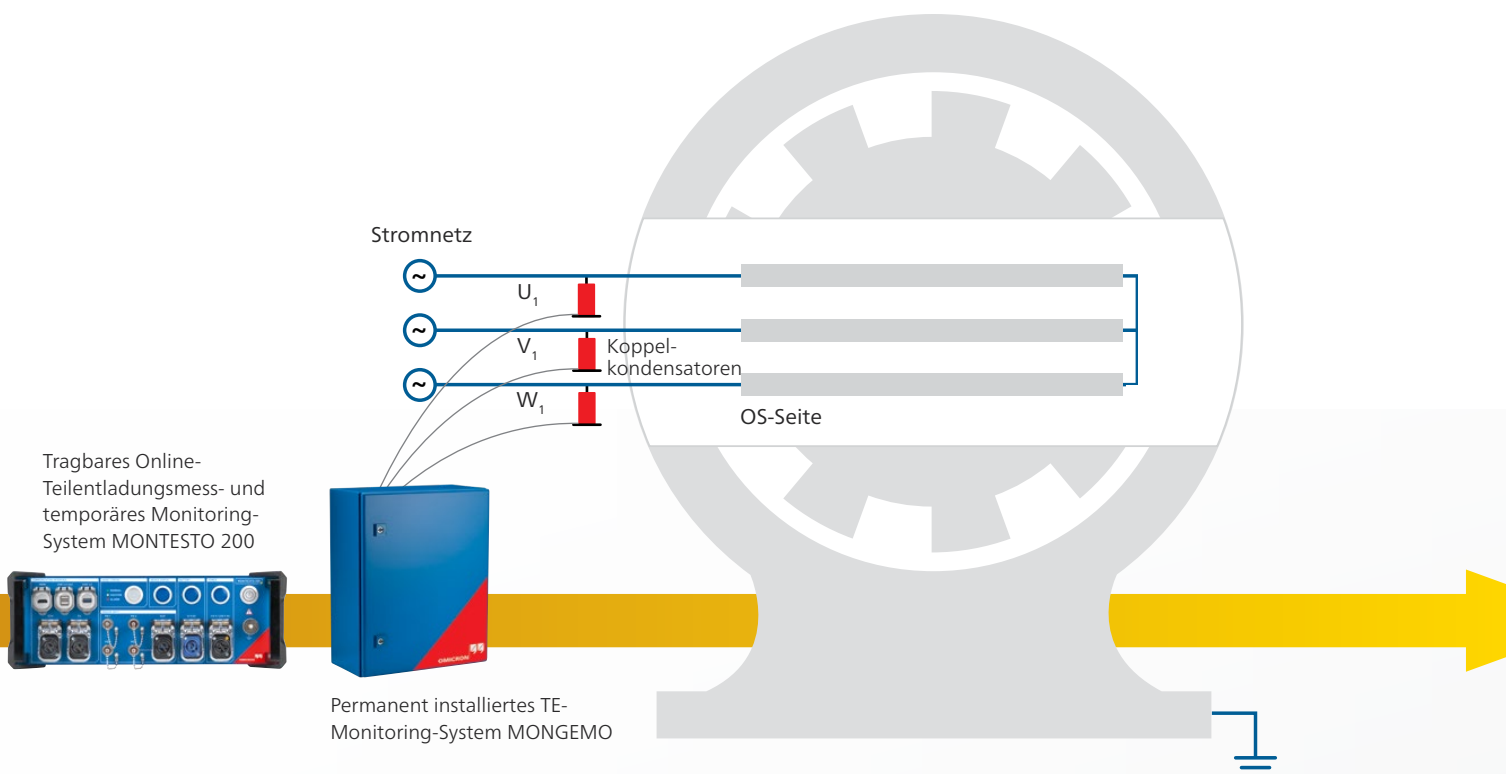
Das temporäre TE-Monitoring wird eingesetzt, um Änderungen der TE-Aktivität in regelmäßigen Abständen zu beobachten, während das permanent installierte TE-Monitoring die TE-Aktivität kontinuierlich während der gesamten Nutzungsdauer einer Maschine auswertet. Auf der Grundlage der erfassten Daten können die Bediener der Maschine entscheiden, ob und wann Stillstandszeiten geplant und Instandhaltungen ausgeführt werden sollen.

## Funktionsweise

Koppelkondensatoren werden an jede Phase der Klemmen angeschlossen, wenn die Maschine außer Betrieb ist. Anschließend wird ein Datenerfassungsgerät an die Koppelkondensatoren angeschlossen. Über ein Glasfaserkabel wird ein mobiler Arbeitsplatz oder ein zentraler Computer an das Erfassungsgerät angeschlossen, um das System einzurichten und auf die Verwaltung und die Daten mit der Software zuzugreifen.

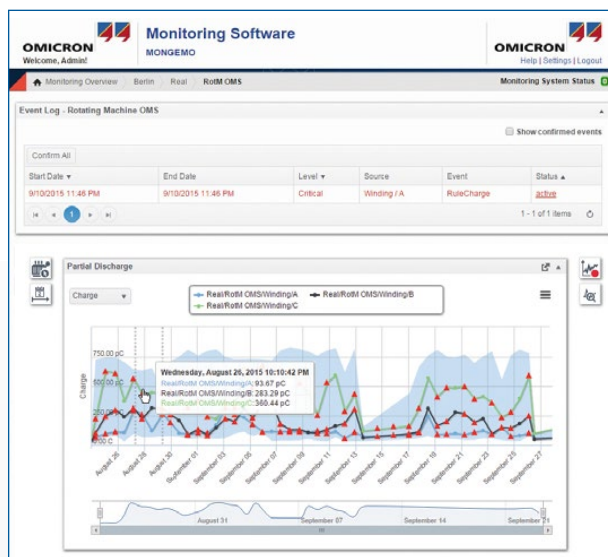
Die in jeder Phase gemessenen TE-Werte werden kontinuierlich mit benutzerdefinierten Schwellwerten verglichen. Warnungen und Alarme werden ausgegeben, wenn diese Schwellwerte überschritten werden.

In der internationalen Norm IEC 60034-27-2 ist geregelt, wie TE an rotierenden Maschinen überwacht werden.



## Wissenswertes ...

- > Durch das Online-TE-Monitoring ist die Isolation keinen höheren Spannungsbelastungen ausgesetzt als im Normalbetrieb.
- > Für die regelmäßige TE-Prüfung und das kontinuierliches TE-Monitoring wird empfohlen, die Koppelkondensatoren permanent zu installieren, um bei jeder Prüfung eine Außerbetriebnahme der Maschine zu vermeiden. Mit einem Klemmenkasten verfügt man über nützliche Plug-and-Play-Verbindungen zu den Datenerfassungsgeräten.
- > Fortgeschrittene Diagnosewerkzeuge, wie z. B. 3PARD (Drei-Phasen-Amplituden-Relations-Diagramm), werden eingesetzt, um Störsignale und mehrfache TE-Quellen für eine zuverlässige Auswertung zu trennen.
- > Für ältere Maschinen mit erhöhten TE-Werten wird ein permanent installiertes kontinuierliches TE-Monitoringsystem empfohlen, um den Isolationszustand konstant prüfen zu können.



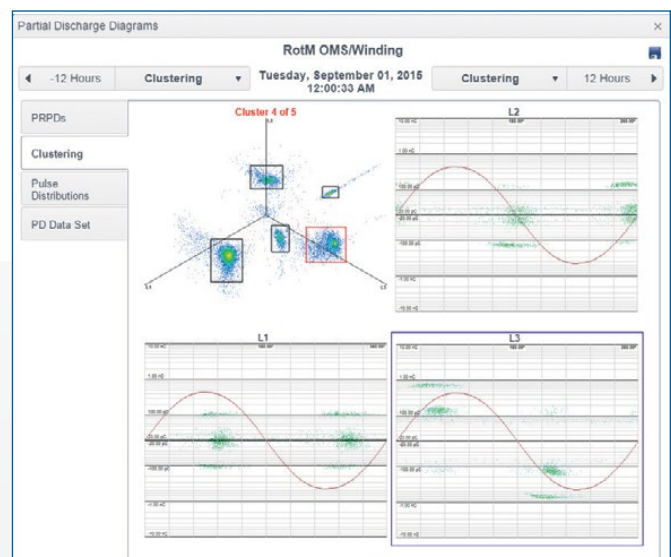
Für jede Phase werden Echtzeitdaten und historische Daten angezeigt.

## Warum MONTESTO 200?

- > Zwei-in-Eins-Lösung für die Online-TE-Messung und temporäres Monitoring
- > Einfach zu transportieren
- > Für den Innen- und Außenbereich konzipiert
- > Integrierter Computer für die kontinuierliche Datenerfassung und -archivierung
- > Webbasierte Schnittstelle für einen Fernzugriff auf die Daten
- > Automatisierte Software-Funktionen für eine einfache TE-Datenanalyse und Berichterstellung

## Warum MONGEMO?

- > Permanent installiertes Online-TE-Monitoring für einen langfristigen Einsatz an einzelnen bzw. mehreren Maschinen
- > Synchrone mehrkanalige TE-Datenerfassung für eine umfassende TE-Beurteilung
- > Leistungsstarke Störsignalunterdrückung und automatisierte Cluster-Separierung für eine komfortable TE-Analyse
- > Aufzeichnung von TE-Rohdaten in festgelegten Intervallen für detaillierte Experten-Analysen
- > Nahtlose Integration in Monitoring- und SCADA-Systeme von Drittanbietern



Leistungsstarke Separierungsverfahren für Störungen und mehrere TE-Quellen für eine zuverlässige und einfache Analyse und Ermittlung von Schäden.

# Stehspannungsprüfung

## Was kann geprüft werden?

- ✓ Ständerwicklung
- Läuferwicklung

## Gründe für eine Messung

Für einen zuverlässigen Betrieb kann die Stehspannungsprüfung verwendet werden, um einzelne Schwachstellen in der Isolation von Motoren und Generatoren zu ermitteln.

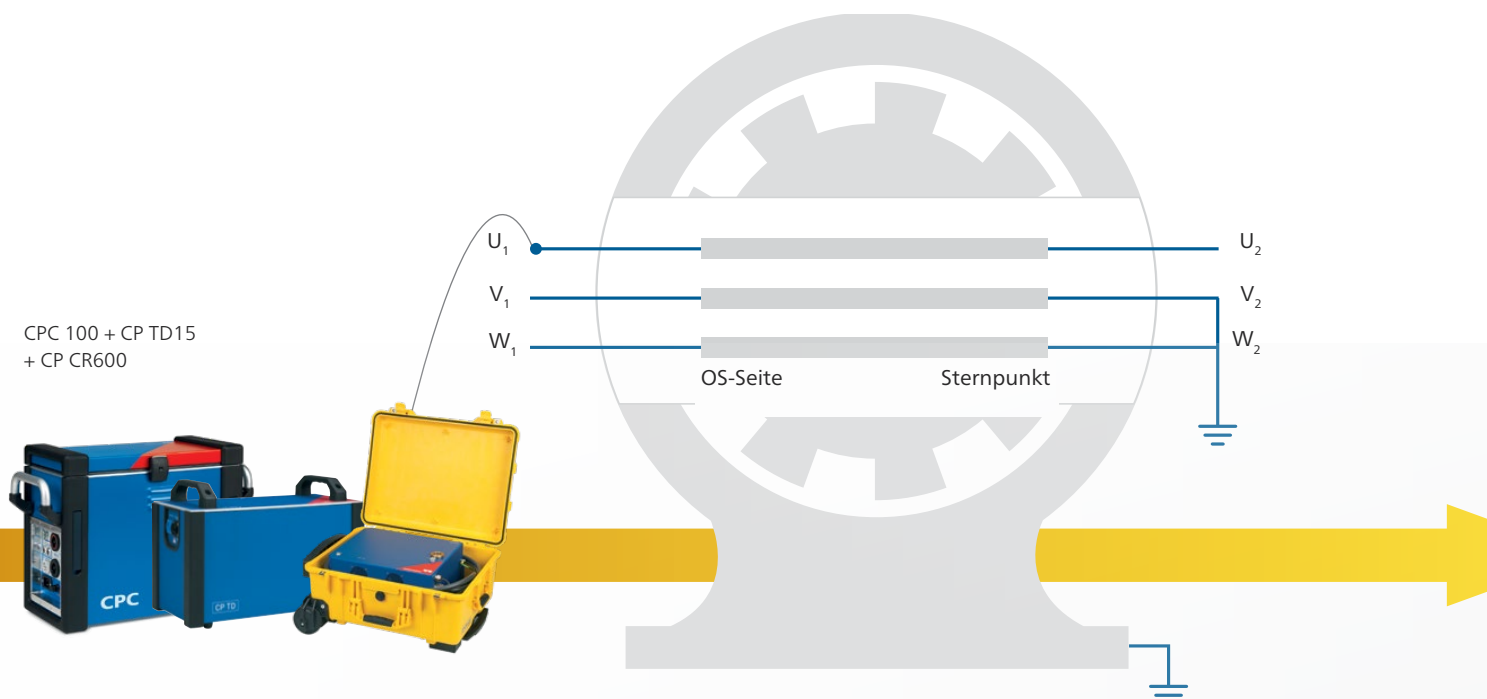
Die Stehspannungsprüfung fällt entweder POSITIV oder NEGATIV aus. Wobei eine nichtbestandene Prüfung einem Durchschlag entspricht.

## Funktionsweise

Eine Wechselspannung wird in Rampenform angelegt oder schrittweise erhöht, um die Wicklungen mit einem Potential zu erregen, welches höher als jenes im Normalbetrieb ist.

Die Wicklungsisolation besteht die Prüfung, wenn sie einem bestimmten Überspannungswert standhält, ohne auszufallen.

Die Stehspannungsprüfung wird durch die Norm IEC 60034-1 geregelt. Gemäß der Norm wird die Prüfung ausschließlich an neuen Maschinen mit voller Prüfspannung durchgeführt. Für laufende Maschinen erfolgt die Prüfung mit reduzierten Spannungswerten.

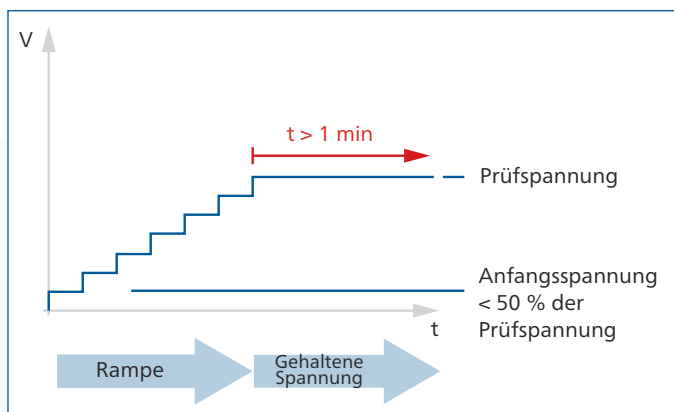


### Wissenswertes ...

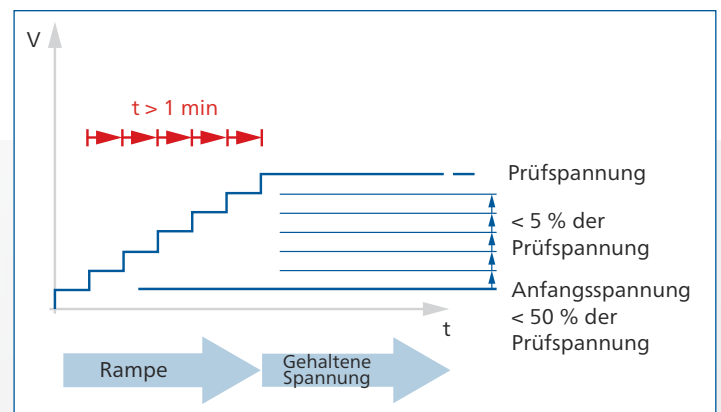
- > Steht keine geeignete AC-Quelle für die Prüfung bei Nennfrequenz zur Verfügung, kann auch eine Gleichstromquelle für die Prüfung eingesetzt werden. Laut Norm muss die Amplitude der veränderten Spannungsform angepasst werden.
- > Die Potentialverteilung im Wickelkopf und der Ausfallsmechanismus ändern sich bei hoher DC-Spannung im Vergleich zur Belastung mit Wechselspannung.
- > Die Spannung wird automatisch stufenweise erhöht. Die entsprechenden Werte finden sich in der Norm.
- > Es hat sich bewährt, zuerst den Polarisationsindex (PI) zu prüfen, um zu ermitteln, ob bereits größere Kriechwege vorliegen.

### Warum CPC 100 + CP TD15 + CP CR600?

- > Detaillierte Analyse durch automatisierte Messung von mehreren Prüfpunkten in einem bestimmten Spannungs- und Frequenzbereich
- > Maximale Prüfspannung von 15 kV
- > Schnelle Messungen durch automatisierte Prüfabläufe und Protokollerstellung
- > Modulares und mobiles System – maximales Komponentengewicht von 48 kg
- > Tragbare Hochspannungsquelle für die Prüfung bei Nennfrequenz



Die Spannung wird über eine Rampenfunktion oder schrittweise bis zur gewünschten Prüfspannung erhöht. Anschließend wird die Prüfspannung mindestens eine Minute lang gehalten.



Wenn die Spannung schrittweise erhöht wird, empfiehlt die IEC-Norm, dass die Schritte kleiner als 5 % der Prüfspannung sein müssen.

# Messungen des Isolationswiderstands, des Polarisationsindex und des dielektrischen Absorptionsverhältnisses

## Was kann geprüft werden?

- ✓ Ständerwicklung
- Läuferwicklung

## Gründe für eine Messung

Messungen des Isolationswiderstands (IR), des Polarisationsindex (PI) und des dielektrischen Absorptionsverhältnisses (DAR) eignen sich, um die Wicklungen der Maschine auf Verunreinigungen, Feuchtigkeit nach längeren Stillstandszeiten, sowie auf Schwachstellen in der Isolation zu prüfen. Damit gewährleistet die Messung einen sicheren Betrieb der Maschine.

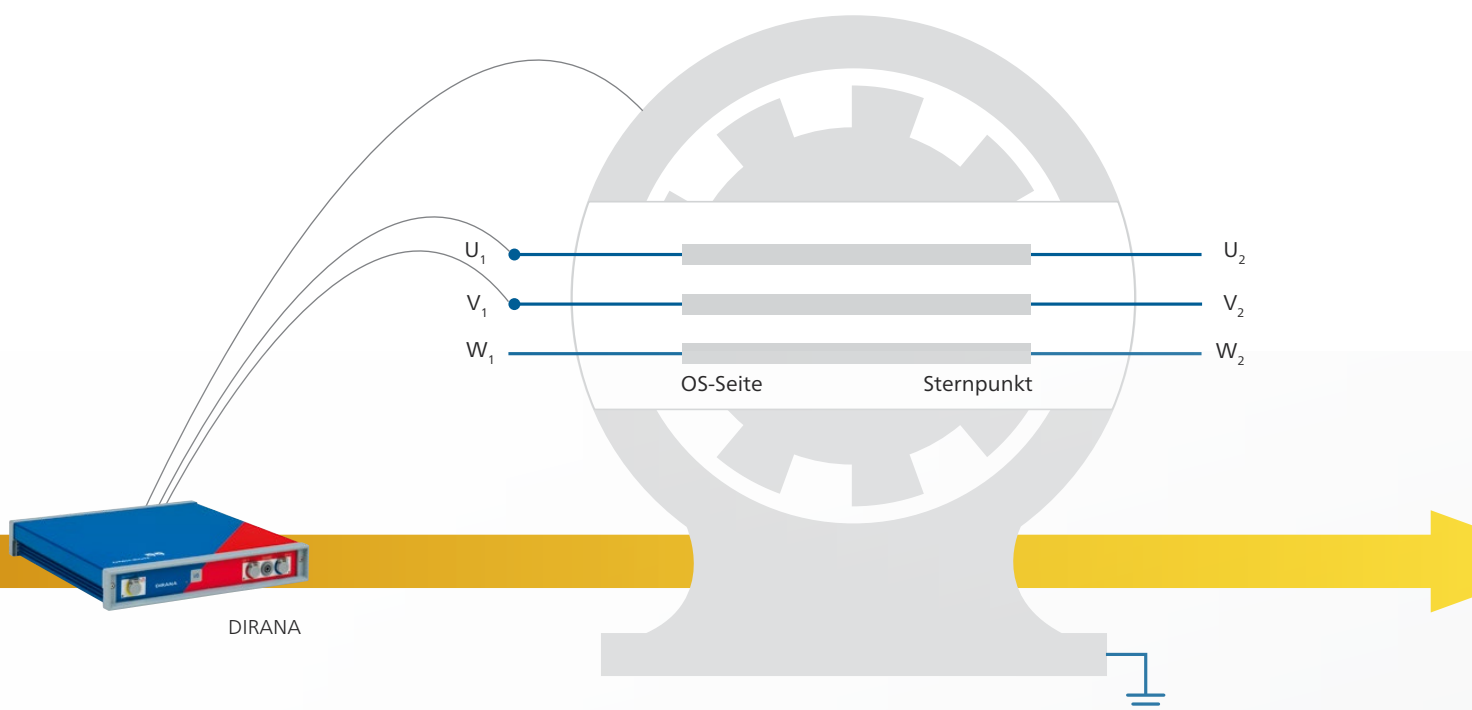
## Funktionsweise

Für die Messung des Isolationswiderstands wird eine konstante Gleichspannung zwischen Phase und Erde angelegt.

Für die Bestimmung des PI wird die Widerstands-Messung 10 Minuten durchgeführt. Der PI ist das Verhältnis zwischen dem Widerstandswert nach 10 Minuten und dem Widerstandswert nach einer Minute. Das DAR ist ebenfalls das Verhältnis zweier Widerstandswerte zu bestimmten Zeitpunkten. In diesem Zusammenhang wird oft der Wert über 60 Sekunden im Verhältnis zum Wert über 30 Sekunden herangezogen.

Verglichen mit anderen Phasen oder früheren Messungen zeigen niedrige IR- und PI-Werte (oder DAR-Werte) mögliche Schwachstellen in der Isolation.

In der Norm IEEE Nr. 43-2000 ist festgelegt, wie diese Messungen durchgeführt werden sollten und welche Grenzwerte für die Bewertung der Ergebnisse gelten.

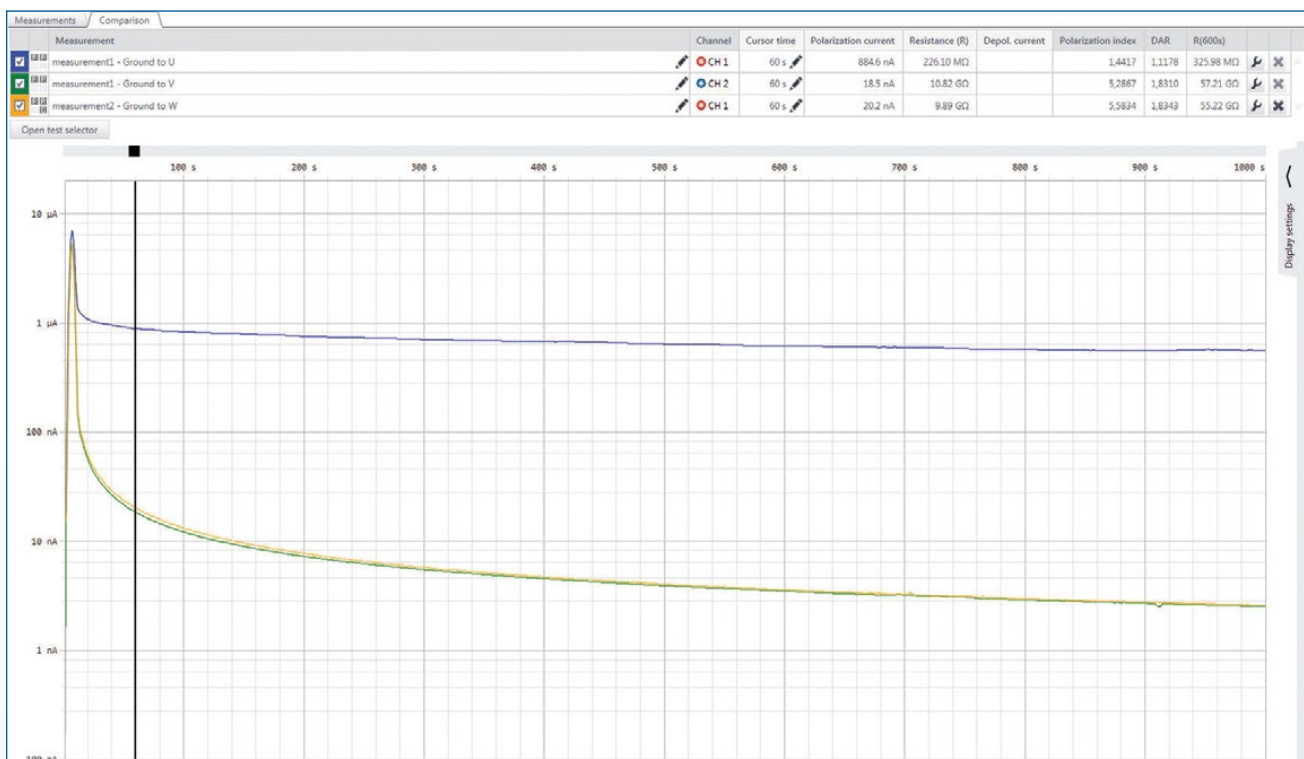


## Wissenswertes ...

- > Es handelt sich um eine integrale Messung, die eine allgemeine Aussage zum Isolationszustand der Maschine macht, aber keinen Ersatz für AC-Prüfungen mit hohem Potential darstellt (d. h. C, VF/tan  $\delta$  oder TE-Messung).
- > Eine Vorpolarisierung infolge früherer DC-Messungen kann die Ergebnisse beeinflussen. Um dies zu vermeiden, sollte ein geeignetes Zeitintervall (mindestens genauso lange wie die Messung selbst) zwischen Folgeprüfungen eingehalten werden.
- > Durch eine Messung der dielektrischen Antwort (DIRANA) werden auch IR, PI und DAR bestimmt.

## Warum DIRANA?

- > Automatische Messung der dielektrischen Eigenschaften, des Isolationswiderstands (IR) und des Polarisationsindex (PI)
- > Gleichzeitige Messungen an zwei Phasen
- > Anschlusspläne unterstützen Sie dabei, optimale Messkonfigurationen zu wählen und zeigen Ihnen den korrekten Ablauf der Messung
- > Eine Prüfung der Vorpolarisierung garantiert zuverlässige Messungen
- > Hohe Genauigkeit und Sicherheit durch niedrige Prüfspannungen



Isolationswiderstands-Messung mit einer Störung in Phase U.

# DC-Widerstandsmessungen

## Was kann geprüft werden?

- ✓ Ständerwicklung
- ✓ Läuferwicklung

## Gründe für eine Messung

Bei DC-Wicklungswiderstandsmessungen werden mögliche Kontaktfehler in den Ständer- und Läuferwicklungen rotierender Maschinen identifiziert.

Verbindungsprobleme können zwischen einzelnen Spulen oder Stäben der Wicklung oder an den Polverbindern des Läufers auftreten. Sie verursachen lokale Hot-Spots, die letztendlich zu einer Beschädigung der Maschine führen können.

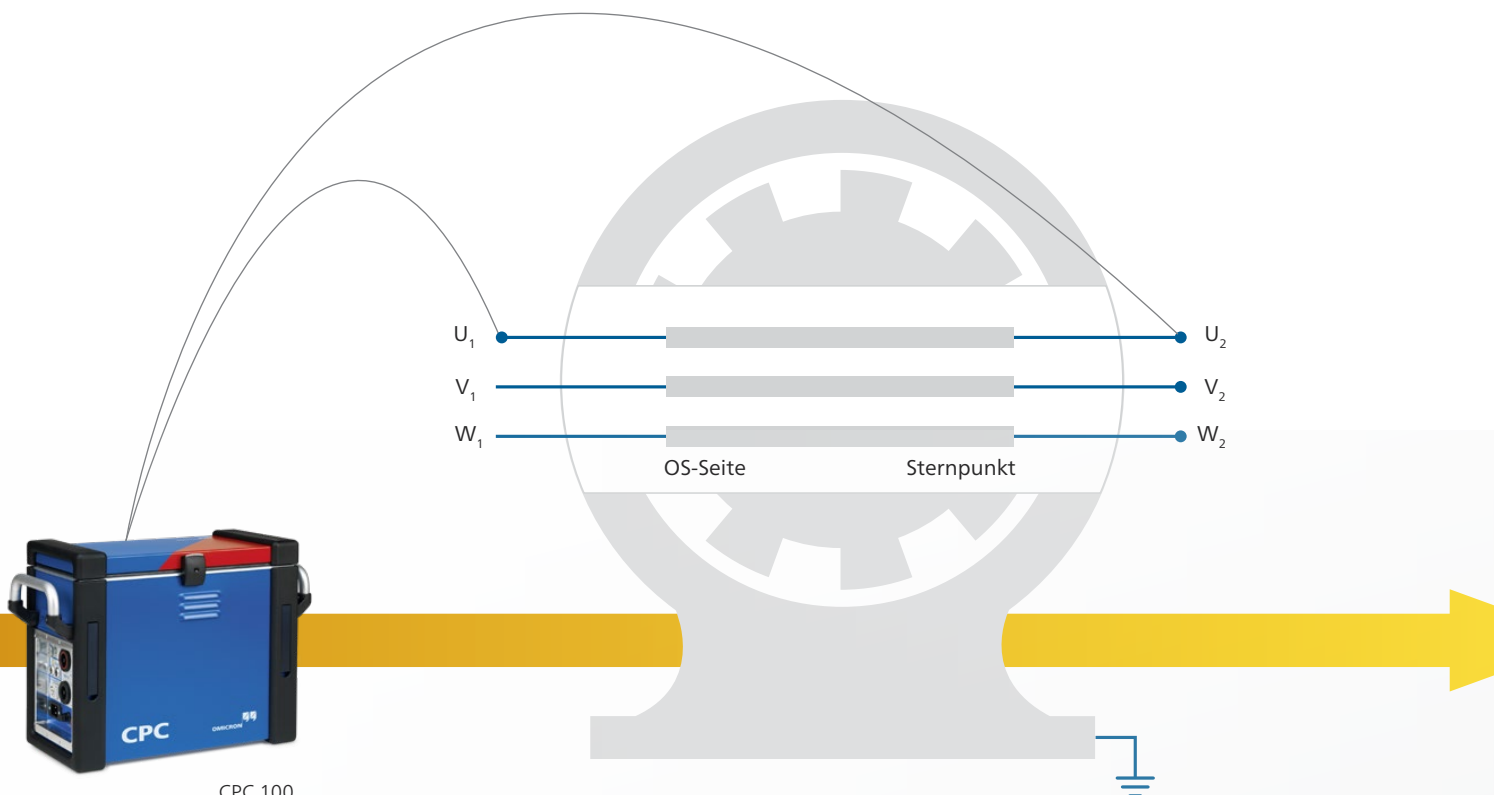
Üblicherweise ist die Ursache auf defekte Lötstellen zurückzuführen, die mit dem Betrieb schwächer werden, oder lockere Verbindungen sowie oxidierte oder beschädigte Oberflächen an Maschinen-Polverbindern.

## Funktionsweise

Für eine Messung des DC-Widerstands wird das Messgerät mit den Anschlüssen der Maschine verbunden. Spannung und Strom werden für jede Phase gleichzeitig gemessen und der Widerstand berechnet.

Die Daten erlauben einen Vergleich zwischen den Phasen oder zu früheren Messungen. Eine Schwankung deutet auf ein potenzielles Kontaktproblem hin.

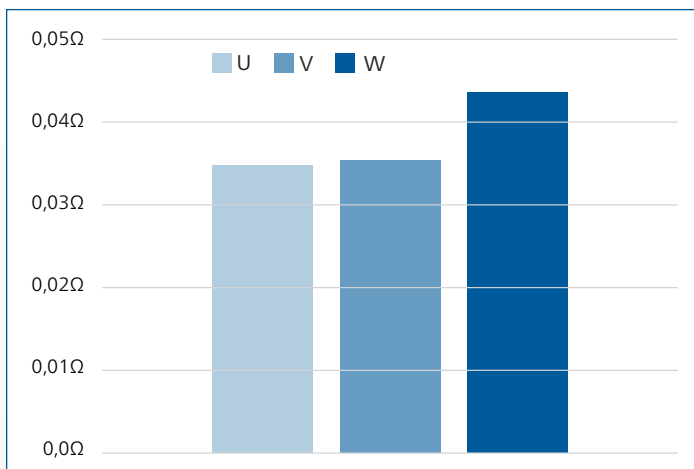
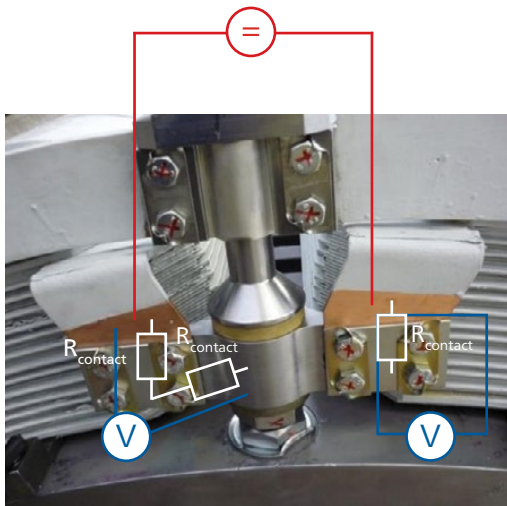
Für die Messung des Kontaktwiderstands an Polverbindern wird beispielsweise ein hoher Gleichstrom zwischen den Kontakten eingespeist. Auch in diesem Fall wird die Messung mit anderen Messungen oder Daten aus der Vergangenheit verglichen.



CPC 100

## Wissenswertes ...

- > Eine Vierleiter-Messung führt zu den zuverlässigsten Ergebnissen und reduziert den Einfluss der Prüfanordnung auf ein Minimum.
- > Da die Messung eine vergleichende Methode ist, müssen die Widerstandswerte temperaturkorrigiert werden, um die Ergebnisse vergleichen zu können.
- > Es können Kontrollen mit einer Thermografiekamera durchgeführt werden, um die Ergebnisse zu bestätigen. An die Anschlüsse der Wicklung wird dann Hochstrom angelegt, um Hot Spots identifizieren zu können.



Messung des Wicklungswiderstands bei 100 A (Phase W mit defekter Lötstelle).

## Warum CPC 100?

- > Multifunktionales Gerät, geeignet für die meisten elektrischen Standardprüfungen an rotierenden elektrischen Maschinen
- > Bis zu 400 A DC und 5 kVA für Widerstandsmessungen bis hin zum Mikroohmbereich.
- > Einfacher Transport (nur 29 kg) für eine Prüfung vor Ort
- > Prüfvorlagen, automatisch generierte Prüfabläufe und Prüfprotokolle



Reparatur der defekten Lötstelle

# Pol-Impedanzmessung

## Was kann geprüft werden?

- Ständerwicklung
- ✓ Läuferwicklung

## Gründe für eine Messung

Durch die mechanische Beanspruchung in den Läufer-Wicklungen kommt es zu Windungsschlüssen (Kurzschlüsse), die zu einem magnetischen Ungleichgewicht führen können. Dies verursacht verstärkte Wellenvibrationen und somit eine erhöhte Beanspruchung und mögliche Beschädigung der Lager.

Ähnlich zur SFRA-Messung (Sweep Frequency Response Analysis) wird die Pol-Impedanzmessung an einzelnen Polen der Läuferwicklung durchgeführt, um Windungsschlüsse zu ermitteln.

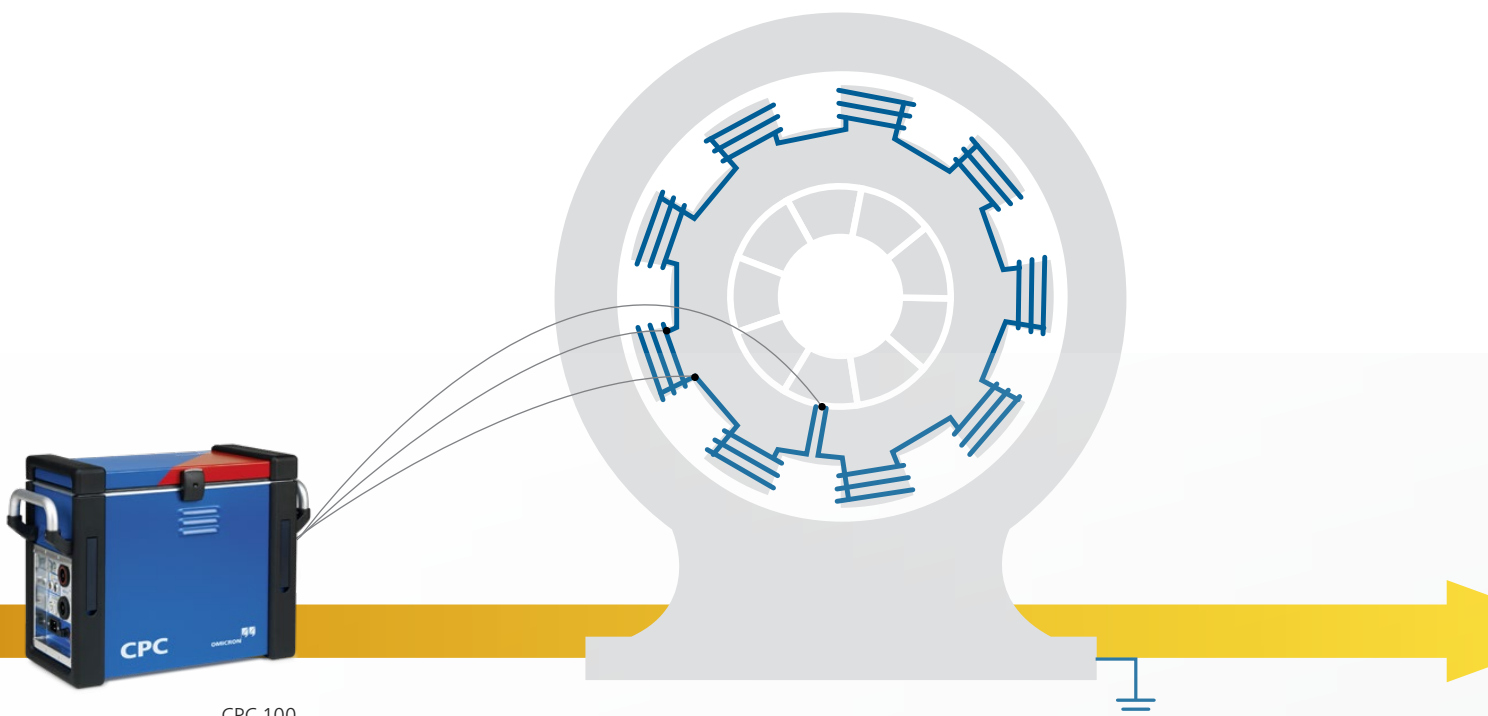
Hierbei handelt es sich um eine einfache Vergleichsprüfung, die während der Werkabnahmeprüfung, Routinekontrollen während der Instandhaltung oder bei Werksüberholungen der Pol-Wicklung durchgeführt wird.

## Funktionsweise

Eine Pol-Impedanzmessung wird durchgeführt, wenn die rotierende Maschine still steht. In die Schleifringe wird ein Wechselstrom gespeist, um die Pol-Wicklungen zu erregen.

Durch eine Messung des Spannungsabfalls jedes Pols zwischen den Polverbindern der Pol-Wicklung kann die Impedanz bestimmt werden. Ein Vergleich der Messergebnisse untereinander oder ein Vergleich mit früheren Messungen zeigt potenzielle Windungsschlüsse der Pol-Wicklung auf.

Ein Pol mit Windungschluss zeigt einen wesentlich niedrigeren Spannungsabfall (oder niedrigere Impedanz) als der Durchschnittswert fehlerfreier Pole.



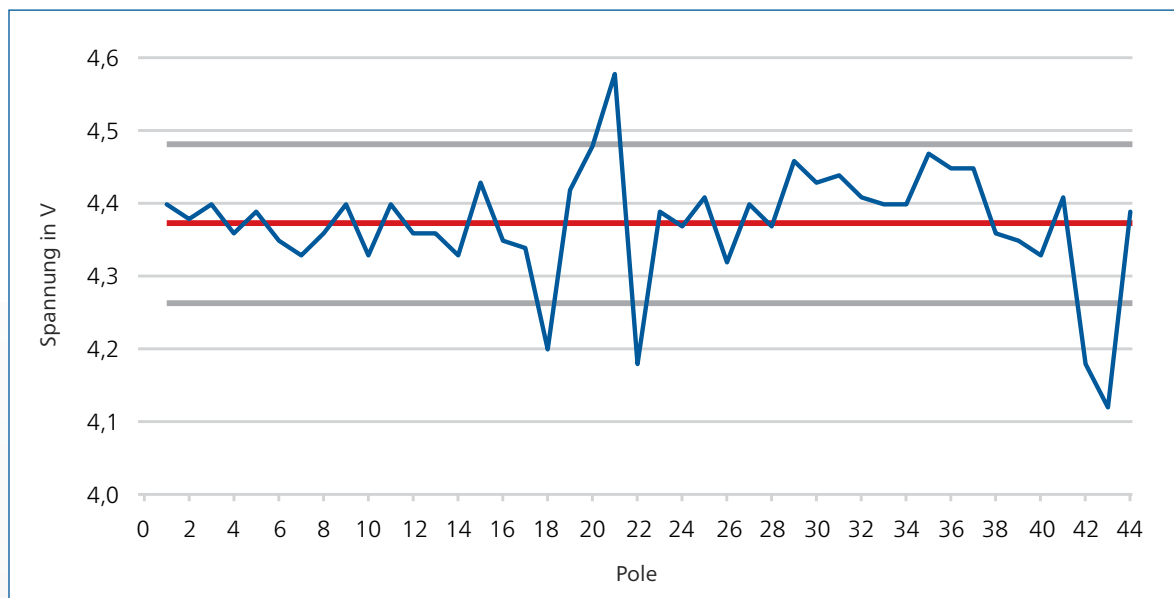
CPC 100

## Wissenswertes ...

- > Die Impedanzen jedes Pols sollten miteinander verglichen werden. Darüber hinaus ist ein Vergleich mit früheren Messungen möglich. OMICRON empfiehlt bei einer Abweichung von  $\pm 2,5\%$  vom Durchschnittswert den entsprechenden Pol zu untersuchen.
- > Die Werte können sich insbesondere für ausgebaute Läufer aufgrund ihrer Position ändern. Dies gilt auch für Maschinen, bei denen der obere Teil des Ständers entfernt wurde.
- > Potenzielle Windungsschlüsse aufgrund von Fliehkräften können nicht ermittelt werden, weil die Läufer-Wicklung während der Prüfung still steht.

## Warum CPC 100?

- > Multifunktionales Gerät, geeignet für die meisten elektrischen Standardprüfungen an rotierenden elektrischen Maschinen
- > Einfacher Transport (nur 29 kg) für eine Prüfung vor Ort
- > Prüfvorlagen, automatisch generierte Prüfabläufe und Prüfprotokolle



Die rote Linie gibt den Durchschnittswert an. Nicht alle Messwerte liegen im akzeptablen Bereich von  $\pm 2,5\%$  des Mittelwerts. Das könnte ein Hinweis auf Windungsschlüsse sein.

# Ermittlung von Windungsschlüssen mit SFRA

## Was kann geprüft werden?

- ✓ Ständerwicklung
- ✓ Läuferwicklung

## Gründe für eine Messung

Die SFRA-Messung (Sweep Frequency Response Analysis) wird durchgeführt, um Windungsschlüsse zu ermitteln, die durch mechanische Beanspruchung in den Pol-Wicklungen der Maschinen verursacht wurden. Sie kann auch für die Ermittlung von Windungsschlüssen in den Ständerwicklungen eingesetzt werden.

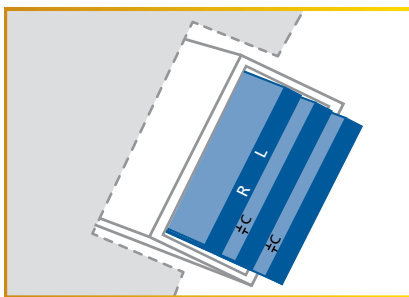
Die Messung wird während Werksabnahmeprüfungen oder Routineprüfungen bei der Instandhaltung durchgeführt.

## Funktionsweise

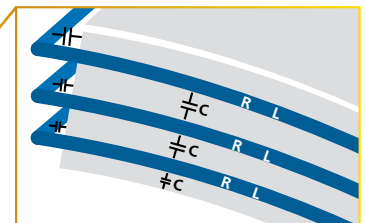
Die Wicklungen im Ständer und Läufer sind ein komplexes elektrisches Netzwerk mit einer charakteristischen Frequenzantwort. Eine Fehlstelle in den Wicklungen führt zu einer Änderung des Netzwerkes und der betreffenden Frequenzantwort. Durch eine Messung dieser Frequenzantwort kann die Fehlstelle ermittelt werden.

An den Eingang der Wicklung wird ein Sinussignal angelegt, welches ein breites Frequenzspektrum durchläuft. Es werden die Amplitude und die Phasenverschiebung des Ausgangssignals gemessen.

Die Frequenzantwort wird bestimmt, indem die Amplitude und Phase der Eingangs- und Ausgangssignale verglichen wird. Die Werte unterscheiden sich zu früheren Messungen, wenn z.B. Windungsschlüsse das Verhalten der Frequenzantwort ändern. Ein Vergleich von baugleichen Wicklungen (Polwicklungen) ist ebenfalls zulässig.



Die SFRA-Messung ermöglicht eine Ermittlung von Windungsschlüssen in Ständerwicklungen.



Darüber hinaus ermöglicht die SFRA-Messung eine zuverlässige Diagnose der Läufer-Wicklung für rotierende Maschinen.



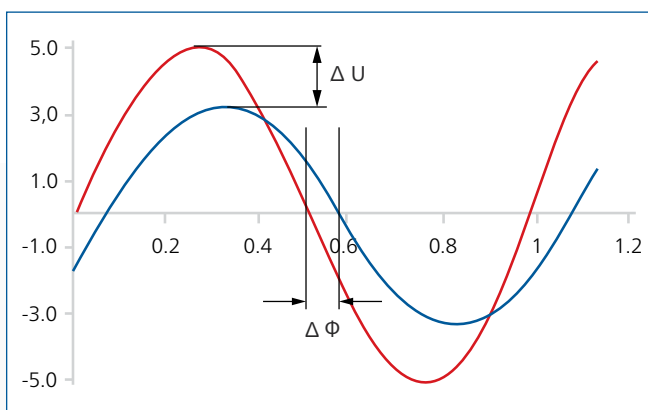
FRANEO 800

## Wissenswertes ...

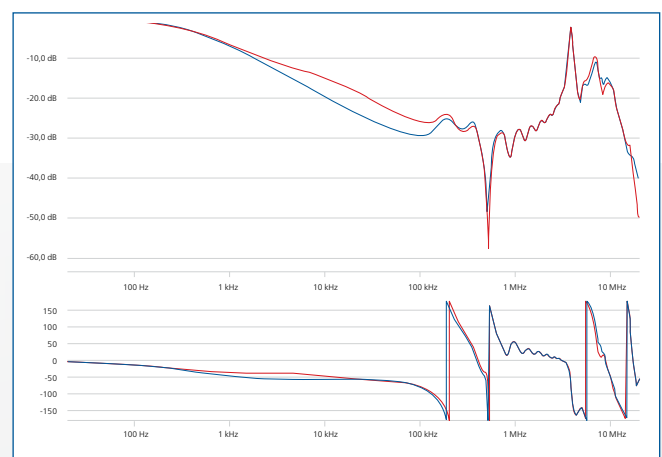
- > SFRA wurde entwickelt, um mechanische Verformungen von Transformatorwicklungen zu ermitteln. Sie kann auch für die Detektion von Windungsschlüssen in den Wicklungen rotierender Maschinen eingesetzt werden.
- > Bei einer Stoßspannungsprüfung kann eine Einspeisung von beiden Seiten der Wicklung notwendig sein. Dies ist bei der SFRA-Messung nicht der Fall.
- > Für Messungen an Polen: Da es sich hier um eine Vergleichsmessung handelt, kann es sein, dass sich die Werte je nach Position des gemessenen Pols unterscheiden.

## Warum FRANEO 800?

- > Höchster Dynamikbereich in der SFRA-Prüfindustrie (> 150 dB)
- > Höhere Präzision ( $\pm 0,5$  dB bis zu -100 dB)
- > Hohe Empfindlichkeit für zuverlässige Ergebnisse mit maximaler Sicherheit bei niedrigen Spannungswerten
- > Anpassbare Ausgangsspannung
- > Softwareunterstützung für automatische Ergebnisanalysen, Vergleiche und anpassbare Berichte



Messprinzip



Die blaue Linie steht für den fehlerfreien Pol und die rote Linie zeigt einen Pol mit Windungsschluss, d. h. eine Windung ist gebrückt.

# Dielektrische Antwortmessung

## Was kann geprüft werden?

- ✓ Ständerwicklung
- Läuferwicklung

## Gründe für eine Messung

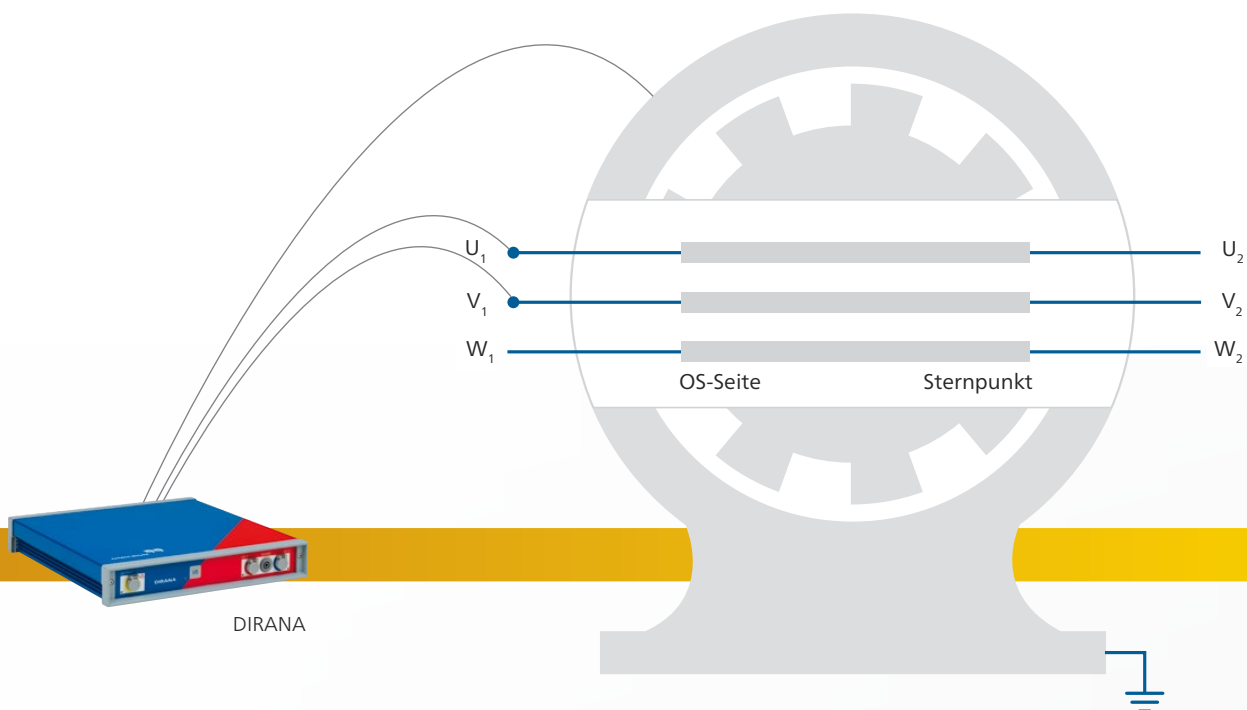
Die dielektrische Antwortmessung rotierender Maschinen prüft den Zustand der Maschinenisolation z. B. auf Verunreinigungen, Verschleiß und Integrität der Isolation. Sie ermittelt auch den Feuchtigkeitsgehalt nach einem langen Maschinenstillstand.

## Funktionsweise

Mit der dielektrischen Antwortmessung werden die dielektrischen Eigenschaften einer Isolation in einem sehr breiten Frequenzbereich bestimmt ( $\mu\text{Hz}$  bis  $\text{kHz}$ ). Dadurch ist die Analyse sehr empfindlich und kann eine Reihe von Isolationsfehlern ermitteln.

Eine Phase-Erde Messung erlaubt das simultane Messen von zwei Phasen bei Einspeisung über Erde.

Die Messung kann mit absoluten Werten wie z.B. Kapazität oder Verlustfaktor ( $\text{VF}/\tan \delta$ ) u. ä. ausgewertet werden oder durch einen Vergleich der dielektrischen Antwort unterschiedlicher Phasen.

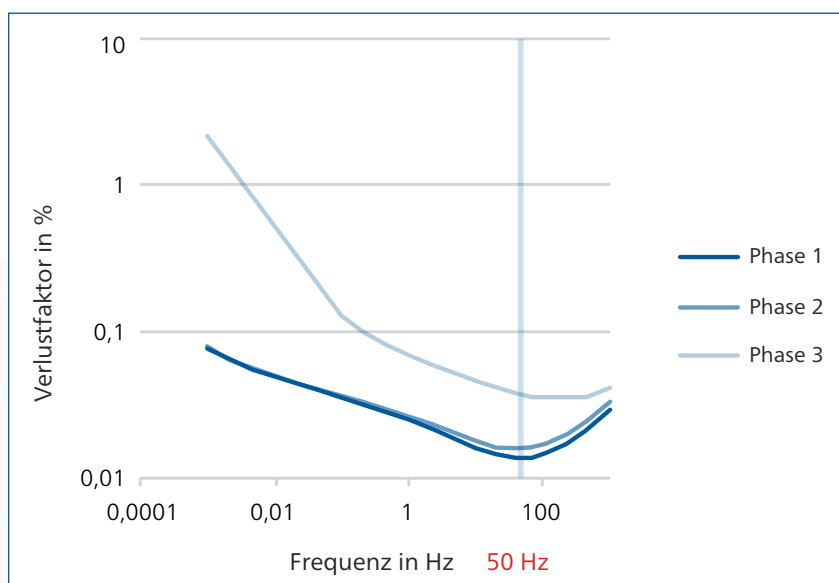


## Wissenswertes ...

- > Die dielektrische Antwortmessung wird mit relativ niedrigen Spannungen durchgeführt. Dadurch kann die Dielektrische Antwortmessung nicht die Hochspannungsprüfung durch Wechselspannung ersetzen. Sie kann z.B. Schäden infolge von TE ermitteln, aber sie ist nicht in der Lage, die eigentlichen TE zu messen.
- > Kriechwege sind einfacher bei niedrigeren Frequenzen zu ermitteln. Aus diesem Grund ist der Ausschlag der Dielektrischen Antwortmessung signifikanter als Messungen bei Netzfrequenz.
- > Mit der Messung der dielektrischen Eigenschaften werden auch der Polarisationsindex (PI) und der Isolationswiderstand (IR) bestimmt.
- > Vor der Messung wird empfohlen, die Isolation auf eine Vorpolarisierung zu prüfen, da dies die Messergebnisse beeinflussen könnte. Eine Vorpolarisierung kann durch frühere DC-Prüfungen (wie Isolationswiderstand usw.) oder frühere PDC-Messungen an anderen Phasen verursacht werden.

## Warum DIRANA?

- > Dielektrische Eigenschaften werden in einem breiten Frequenzbereich gemessen
- > Automatische Messung der dielektrischen Eigenschaften, des Isolationswiderstands und der Polarisationszahl
- > Gleichzeitige Messungen an zwei Phasen
- > Anschlusspläne unterstützen Sie dabei, optimale Messkonfigurationen zu wählen und zeigen Ihnen den korrekten Ablauf der Messung.
- > Eine Prüfung der Vorpolarisierung garantiert zuverlässige Messungen
- > Hohe Genauigkeit und Sicherheit durch niedrige Prüfspannungen



Dielektrische Antwortmessung einer Fehlstelle in Phase 3.

# Streuflussmessung am Blechpaket

## Was kann geprüft werden?

- Ständerwicklung
- Läuferwicklung
- ✓ Ständerkern

## Gründe für eine Messung

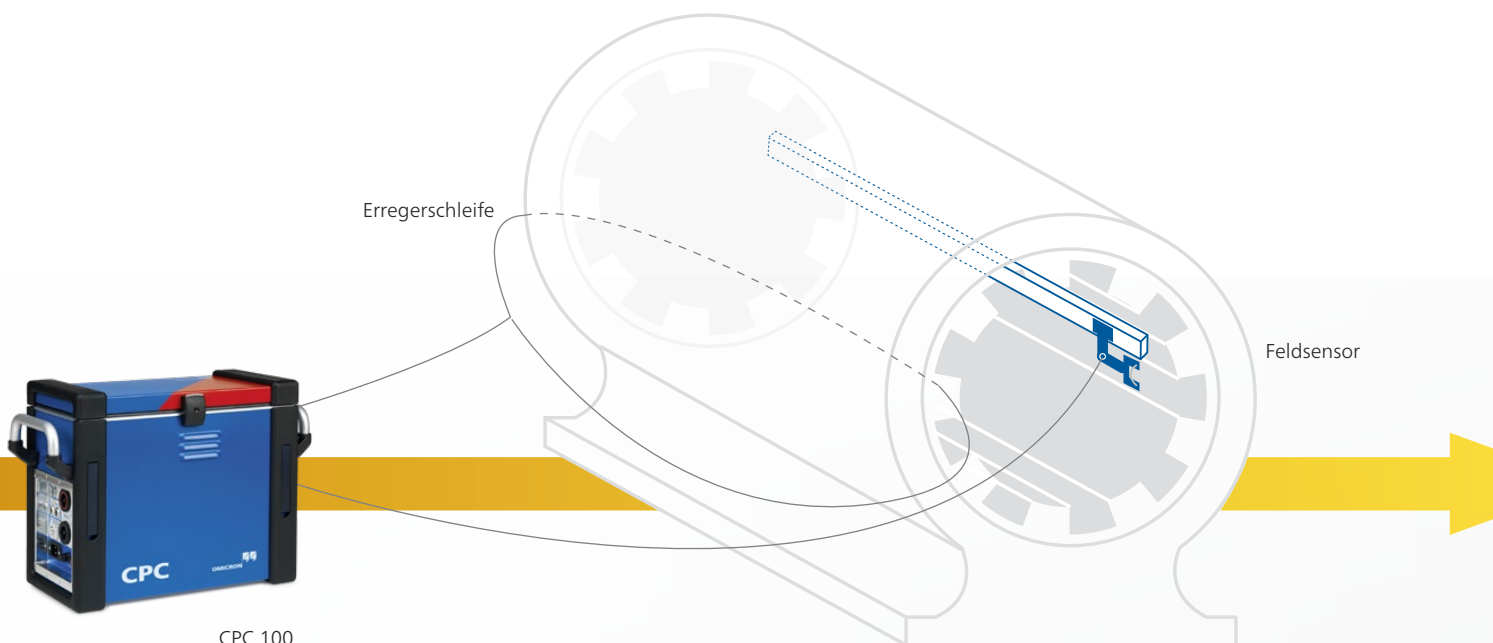
Ständerkerne sind aus dünnen geschichteten Blechsegmenten zusammengesetzt, die untereinander mit einer Lackschicht isoliert sind, um Verluste zu minimieren. Bei Kurzschlüssen der Kernbleche kommt es zur Ausbildung von Wirbelströmen, welche lokale Hot-Spots verursachen. Diese können zu einer partiellen Kernschmelze in der Maschine führen.

Bei der Streuflussmessung am Blechpaket wird der Ständerkern auf Fehler zwischen den Blechen untersucht, die beim Maschinenbetrieb zu Wärmeentwicklung und Schäden führen können.

## Funktionsweise

Die Streuflussmessung am Blechpaket wird offline während größeren Stillständen für die Instandhaltung durchgeführt. Für die Durchführung dieser Prüfung wird der Läufer gezogen. Der Kern wird mit einem kleinen Prozentanteil des Nennflusses erregt und der Streufluss auf der Oberfläche wird mit Hilfe eines Sensors entlang der Nut gemessen.

Da Fehlstellen im Blechpaket Änderungen im magnetischen Kreis des Kerns verursachen, können diese durch einen Anstieg des Streuflusses in Amplitude und/oder Phase erfasst und lokalisiert werden.



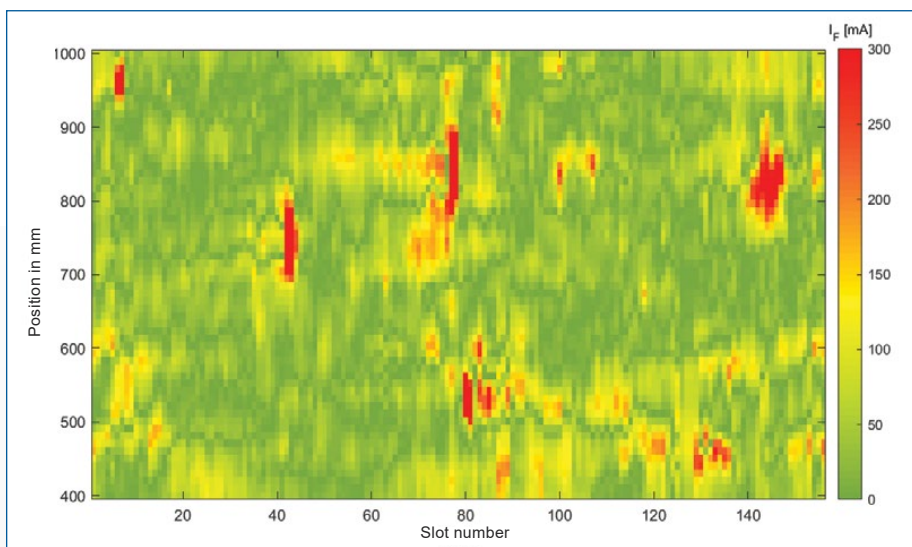
CPC 100

### Wissenswertes ...

- > Diese Prüfung wird empfohlen, um den Kern nach vorangegangenen Problemen zu prüfen, bzw. als Routineprüfung, um die Integrität der Isolation zwischen den Kernblechen zu bewerten.
- > Im Vergleich zu konventionellen Methoden mit Nennfluss, benötigt man für diese Prüfung nur sehr wenig Energie, weshalb die Prüfung einfacher durchzuführen ist.
- > Mit der Streuflussmessung am Blechpaket können potenzielle Windungsschlüsse an der Nutwand oder am Nutgrund identifiziert werden.
- > Eine Referenzmessung des induzierten Flusses während der Prüfung ermöglicht die Reproduzierbarkeit für weitere Messungen.

### Warum CPC 100?

- > Halbautomatisches Scannen der Ständerkernoberfläche
- > Eine gemeinsame Lösung für Erregung und Messung
- > Frequenzvariable Einspeisung von 15 bis 400 Hz
- > Anwendungsfreundlicher Arbeitsablauf dank Primary Test Manager Software (PTM)
- > Automatisierte Berichterstellung mit Ergebnissen, Diagrammen und Heatmap
- > Einfach verlängerbares Erregerkabel für spezifische Messanforderungen
- > Universelles Prüfsystem für zusätzliche Prüfbedarfe



Eine Heatmap mit anpassbaren Grenzwerten bietet einen visuellen Überblick über Hotspots im Ständer.

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

## Qualität

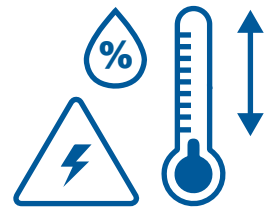
Wir möchten, dass Sie sich stets auf unsere Prüflösungen verlassen können. Aus diesem Grund entwickeln wir unsere Produkte mit Erfahrung, Leidenschaft und Sorgfalt und setzen kontinuierlich neue Standards in unserer Branche.



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



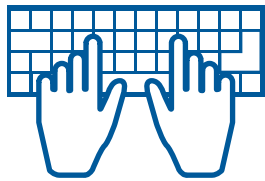
Einhaltung internationaler Normen

## Innovation

Innovatives Denken und Handeln sind tief in unserer DNA verwurzelt. Unser umfassendes Produktpflege-Konzept garantiert, dass sich Ihre Investition auch langfristig auszahlt – z. B. durch kostenlose Software-Updates.

Mehr als

200



Entwickler:innen halten unsere Lösungen up-to-date

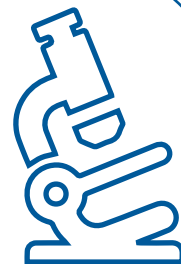
Ich brauche...



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

Mehr als

15%



unseres Jahresumsatzes investieren wir in Forschung und Entwicklung

Bis zu

70%



Zeitersparnis durch Prüfvorlagen und Automatisierung

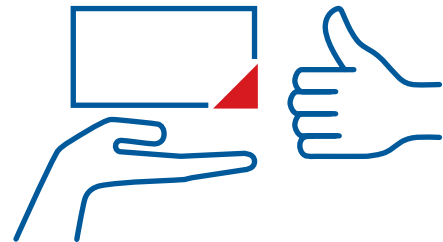
Wir schaffen Nutzen für unserer Kund:innen durch ...

## Support

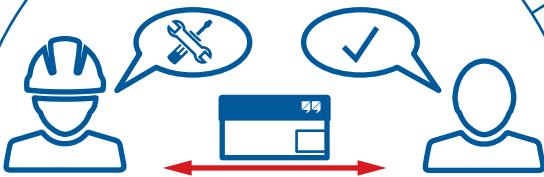
Wenn schnelle Hilfe gefragt ist, stehen wir Ihnen stets zur Seite. Unsere hochqualifizierten Techniker:innen sind rund um die Uhr für Sie erreichbar. Darüber hinaus helfen wir Ihnen, Ausfallzeiten zu minimieren, indem wir Ihnen Testgeräte von einem unserer Servicezentren ausleihen.



Professioneller  
technischer Support  
rund um die Uhr



Leihgeräte helfen,  
Ausfallzeiten zu  
reduzieren



Kostengünstige und  
unkomplizierte Reparatur  
und Kalibrierung



25

Niederlassungen  
weltweit für Kontakt und  
Unterstützung vor Ort

## Wissen

Wir stehen in einem ständigen Dialog mit Anwender:innen und Expert:innen. Durch einen kostenlosen Zugang zu Application Notes und Fachartikeln können Kund:innen von unserem Fachwissen profitieren. Zusätzlich bietet die OMICRON Academy ein breites Spektrum an Schulungen und Webinaren an.



Von OMICRON ausgerichtete  
Tagungen, Seminare und  
Konferenzen

Mehr als

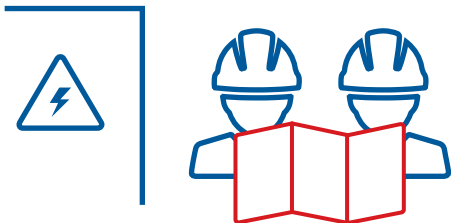
300



Academy-Trainings und  
zahlreiche Praxis-Schulungen  
pro Jahr



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.

