

# Sichere Trennung durch anforderungsgerechte Isolation

**Mit der Abkündigung der weitverbreiteten KTY-Sensoren als Temperaturfühler in 2015 mussten sich etliche Kunden mit verschiedenen Nachfolgetechnologien beschäftigen. Was sich damals bereits abzeichnete, fand mittlerweile im Markt breite Bestätigung, nämlich Sensoren auf Basis von Pt1000-Messwiderständen werden weitestgehend als KTY-Ersatz festgelegt. Ein Thema konnte damals in seiner kommenden Bedeutung noch nicht so vorhergesehen werden: Die Sichere Trennung.**

Lapidar gesagt darf durch einen Fehler in der elektrischen Maschine oder einem eingebauten Temperatursensor zu keiner Zeit Gefahr für Leib und Leben entstehen.

Dazu gibt es die Normen **DIN EN 61800-5-1** (Elektrische Leistungsantriebe mit einstellbarer Drehzahl) und die **DIN EN 50178** (Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektrischen Betriebsmitteln). Da elektrische Maschinen (besonders Motoren oder Generatoren) üblicherweise Bestandteil von Starkstromanlagen sind, müssen i.d.R. beide Normen beachtet werden.

## Risikoverlagerung via Einbauvorschriften

Das Sicherheitsthema rückte verstärkt in den Focus der Elektromaschinenbauer, weil z.B. ein international führender Antriebshersteller in seinem Systemhandbuch für Umrichter explizit die Forderung vorgibt, dass Fremdmotoren (d.h. Motoren nicht aus seinem eigenen Konzern) Temperaturfühler enthalten müssen, die den Anforderungen der Sicheren Trennung entsprechen. Das heißt, der Motorhersteller muss für eine geeignete elektrische Isolation sorgen, die eine sichere elektrische Trennung gewährleistet. Angeschlossene Temperatursensoren müssen gegenüber der Wicklung gemäß den Vorgaben der Norm sicher elektrisch getrennt sein.

**Damit sichert sich der Umrichterhersteller für mögliche Fehlerfälle ab, und verlagert die Verantwortung als auch die Haftung (Schadensersatzforderungen!) an den Motorhersteller!** Da dieser Konzern

aufgrund seiner globalen Präsenz und Marktposition für viele Kunden eine Referenz darstellt, wird häufig die gleiche Vorgehensweise gewählt, um am Markt kompatibel zu bleiben.

Warum rücken Umrichterantriebe vermehrt in den Focus der Betrachtungen?

- Durch verstärkte Anwendung von Umrichtern infolge einfacher Änderung der Drehzahlen bei Elektro-maschinen
- Weil Umrichter infolge Spannungsspitzen aus steilen PWM-Schaltflanken zu Durchschlägen der Isolation führen können. Daher ist die Isolation so wichtig, wozu nachfolgend im Thema Teilentladung berichtet wird.

Bereits frühzeitig beschäftigte man sich mit den beiden Normen. Ziel war die besonderen Anforderungen auf die Sensoren zu erkennen. Da die überwiegende Anzahl umrichtergespeister Elektromaschinen mit Bemessungsspannungen von max. 690V arbeitet, wurde diese als Grundlage der Untersuchungen festgelegt.

Die Normen nennen im Wesentlichen drei große Anforderungen an die Sensoren:

- Isolationsspannung
- Stoßspannungsprüfung und die
- Teilentladungsmessung (TE)

Die Isolationsspannung aus den Normvorgaben unter Berücksichtigung der Bemessungsspannungen von max. 690V musste erhöht werden, da die weitverbreitete Angabe von 2,5 kV nicht mehr ausreichte.

### Was bedeutet Stoßspannungsprüfung?

Die Elektromaschine wird mit extrem kurzen Hochspannungsimpulsen beaufschlagt, welche zur Erkennung von Schwachstellen in der Isolation von elektrischen Wicklungen oder Windungsschlüssen führen. Der Vorteil dieser Messung gegenüber der vorher genannten Isolationsspannungsprüfung besteht darin, dass auch Fehler und Schwachstellen im Inneren von Wicklungen, Spulen oder Phasen gefunden werden können. Nach Angabe eines namhaften Motorherstellers sind 75% der elektrisch bedingten Motorausfälle wicklungsintern! Die Stoßspannungsprüfung aus den Normen ergab anzuwendende Testspannungen von 10 kV auf die Sensoren!

Beide Spannungsprüfung-Anforderungen können theoretisch durch die Verstärkung der üblichen Schrumpfschlauchisolation auf dem Sensor realisiert werden. Die Lösung wäre entweder dickere Wandstärken der Schrumpfschläuche oder Erhöhung der Anzahl der Schrumpfschläuche. So trivial diese Aussage klingt, die Praxis ist komplizierter:

- Eine Erhöhung der Wandstärken der Schrumpfschläuche erfordert einerseits höhere Schrumpftemperaturen, die u.U. den eingebauten Sensor bei Überschreitung von Grenzwerten schädigen können. Außerdem verursachen dickere Wandstärken erhöhte Steifigkeiten der Sensorköpfe, die zu Problemen am Einbauort der Sensoren führen können (der Sensor ist nicht mehr flexibel genug, um z.B. Biegeradien an den Wicklungen kleinerer Maschinen einzuhalten).
- Eine mehrlagige Isolation über dem Sensor ist positiv für die Messung der notwendigen Isolationsspannung, jedoch nachteilig für die Teilentladungsmessung (TE).

### Was bedeutet Teilentladung?

Vereinfacht ist dies eine Aussage zur Güte der Isolation über die Zeit. Teilentladungen sind lokale elektrische Entladungen, die an Inhomogenitäten, Verschmutzungen und Fehlstellen in der Isolation entstehen.

Da die elektrische Entladung (anfänglich) nicht die komplette Isolationsstrecke durchschlägt, spricht man von Teilentladung. Bekanntestes Beispiel dafür ist das Knistern an Hochspannungsleitungen.

Permanent entstehende Teilentladungen führen je nach örtlicher Gegebenheit innerhalb eines absehbaren Zeitraums zur Zerstörung der meisten polymeren Isoliermaterialien. Hierbei wird das Isoliermaterial durch die eingebrachte Energie (z.B. Ionisation) zunehmend geschwächt; es bildet sich ein leitfähiger Pfad mit nachfolgendem Durchschlag. Die Folge: In den meisten Fällen Totalausfall. Die Teilentladungseffektivität beschreibt also prinzipiell die Beständigkeit des Isolierstoffs gegenüber Stressbelastung durch (Wechsel-)Spannungen.

Zusätzlich zur oben beschriebenen äußeren Teilentladung gibt es auch eine innere Teilentladung an festen Isolatoren. Anders als Gase oder Flüssigkeiten haben feste Isolierstoffe nicht die Möglichkeit einer Selbstheilung. Das heißt, Schädigungen durch Koronaentladungen schreiten immer weiter voran, und Abbauprodukte reduzieren die TE-Beständigkeit immer weiter. Daher ist die TE-Messung eine gute Möglichkeit zur Beurteilung des Zustandes des Isoliermaterials.

Inhomogenitäten an Isolierstoffen sind neben Spitzen und Kanten auch deutliche Unterschiede der relativen Dielektrizitätszahl von Isolatoren, wie z.B. Lackisolation auf Cu-Draht zu Luft und aufgebrachtem Isolierklebeband. Der Sprung in der Dielektrizitätskonstante führt zur Ladungsträgeranhäufung und bei ausreichender Spannung zu einem Teildurchschlag. Diese Problematik gilt insbesondere bei mehreren aufeinander gefügten Schichten an Isolierstoffen (z.B. Schrumpfschläuche), wo die zusätzlichen Grenzschichten zu erhöhten TE-Messwerten und reduzierter Dauerbeständigkeit führen (vgl. vorher im Beitrag: zusätzliche Schrumpfschläuche erhöhen die Isolationsspannung).

Daher ist eine geschickte Auswahl geeigneter Materialien in der Konstruktion des Sensors essentiell wichtig, um letztlich geringe TE-Messwerte zu erzielen!

### Praktische Durchführung der TE-Messungen

Es gibt mehrere Meßmethoden zur Erfassung der Teilentladungserscheinung. Im Sensorbereich am häufigsten eingesetzt wird eine automatisierte Prüfkammer, in der ein Messkreis bestehend aus Hochspannungstrafo, einer Stützkapazität, dem Prüfling (z.B. Sensor) und einem Messgerät für den Spannungsabfall beinhaltet sind.

Bei der Messung wird eine Teilentladung am Prüfling (die sogenannte Prüfkapazität) durch die Stützkapazität nachgeladen, der hierbei fließende Strom wird als Spannungsabfall gemessen. Die Einheit der Teilentladung wird üblicherweise in Coloumb (C) „scheinbare Ladung“ angegeben. Eine weitverbreitete Faustregel besagt, dass TE-Werte von unter 10 pC auf keine schädlichen Auswirkungen auf die Dauerbeständigkeit des Isolierstoffsystems hinweisen. Die Auflösungsgrenze von modernen Messsystemen liegt bei z.Zt. etwa 5 pC. Wir besitzen bereits seit mehreren Jahren eine solche PC-gestützte Prüfeinrichtung und kann Untersuchungen an Sensoren inklusive Anschlussleitungen im eigenen Haus durchführen. Zu diesem Thema ist die Kompetenz im Hause EPHY-MESS groß. Erst kürzlich hielt ein F&E Mitarbeiter Vorträge bei den Fachverbänden ZVEI, EWIS sowie AMA und arbeitete an der Erstellung einer Fachbrochure mit.

Elektromaschinen, die aufgrund ihrer Baugröße nicht in solchen Prüfkammern gemessen werden können, misst man üblicherweise mit einem Weitbereichsempfänger (VHF, UHF). Erfasst wird die durch Teilentladung ausgesandte elektromagnetische Störstrahlung. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass zu prüfende Maschinen auch mittels Baker-Methode getestet werden können, wo ein sehr kurzer aber energiereicher Impuls in die Maschine eingespeist wird. Aus der resultierenden Sprungantwort können ebenfalls Informationen über den Zustand des Isoliersystems interpretiert werden. Zusätzlich sind teilweise auch akustische (Knistern) oder optische Messungen (UV-Strahlung) zur Detektion von Teilentladungen möglich.

Resultierend aus den Anforderungen der Normen mit notwendigen Prüfmethode, als auch eigenen Erfahrungen zur Auswahl entsprechender Materialkombinationen konnte EPHY-MESS folgende Temperatursensoren nach Sichere Trennung realisieren:

- KTY 84-130
- Pt100-Sensoren mit Einzelleitenanschluss,
- Pt1000-Sensoren mit Einzelleitenanschluss,
- Doppel-Pt1000 (2 separate Sensoren) mit einer speziellen gemeinsamen Schlauchleitung

Die entsprechenden Spezifikationen Sichere Trennung (SIT) ist in den Datenblättern ausgewiesen. Dies wird besonders erwähnt, da Marktbegleiter teilweise nur mündliche Zusagen machen, diese aber schriftlich nicht bestätigen (können).

Infolge der Spezifikation bei gleichzeitiger Bereitschaft kundenspezifische Längen von Anschlussleitungen zu realisieren, hat insbesondere der Pt1000-Sensor (z.B. mit der Artikelnummer 906280116000001) mittlerweile eine große Marktakzeptanz gewonnen. Die durch steigende Fertigungsmengen sinkenden Preise werden in 2018 für diese Sensorvariante ihr übriges für das weitere Design-Intun.

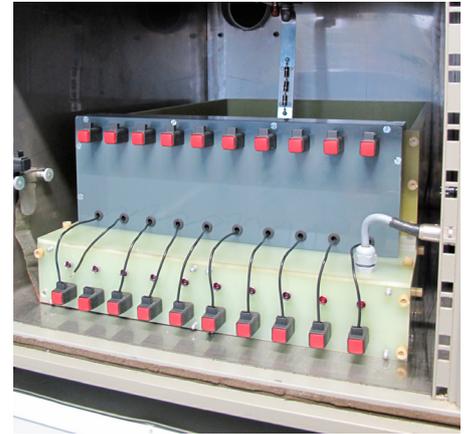


### **Motorenhersteller auf sicherer Seite bei einfacher Logistik**

Für Kunden, die diese Pt1000-SIT als Standardsensoren vorsehen, vereinfacht sich auch die Logistik bei Beschaffung und Lagerhaltung, da nur noch ein Temperatursensor erforderlich wird. Überwiegend ist den Motorherstellern nicht bekannt, ob durch den Kunden der Motor an einem Umrichter betrieben wird oder nicht.

Anstelle von normalerweise 2 verschiedenen Artikelnummern kann mit einem solchen Sensor die breite Vielfalt an Anforderungen abgedeckt werden, ohne auch den Sicherheitsaspekt (vgl. Schadensersatzforderungen im Fehlerfall) zu vernachlässigen.

Fazit: Bei steigenden Lebensdauernanforderungen an Elektromaschinen (z.B. 20 bis 25 Jahre bei Windkraftanlagen) wird es immer wichtiger den Isolationsaufbau kritisch zu prüfen, um einen dauerhaften Einsatz zu gewährleisten. Entsprechende Sensoren können hierzu ihren Beitrag leisten!  
Geme konzipiert auch für Ihre Applikationen einen passenden Sensor nach Sicherer Trennung!



# Technisches Datenblatt (TD)

Artikelnummer	19-00009 PT-1000SIT
Nettogewicht	7.6 g/Stück

<b>Bezeichnung</b>		
Bezeichnung:	Kabelwiderstandsthermometer	
Typ:	M-OK	
Beschreibung:	DSH	
<b>Sensordaten</b>		
Anzahl der Sensoren:	1	Stück
Sensor Material:	Pt	
Widerstandswert:	1000	Ω
Anschlussart:	2 Leiterschaltung	
Toleranz:	Klasse B ±0.3°C bei 0°C gem. DIN EN 60751	
<b>Elektrische Werte</b>		
Empfohlener Messstrom:	0.1 bis 0.3	mA
Durchschlagfestigkeit:	3.8 kV AC. 50 Hz / 1min.	
<b>Temperatur</b>		
Messbereich min.:	-55	°C
Messbereich max.:	+190	°C
<b>Sensorgehäuse</b>		
Material:	PTFE	
Länge:	50	mm
Längentoleranz:	±3	mm
max. Durchmesser:	max.	
Durchmesser:	4.5	mm
Sichere Trennung (SIT):	ja	
<b>Anschlussleitung</b>		
Anschlussleitung fest angeschlossen:	ja	
Version:	Einzellitzen	
Anzahl der Leitungen:	2	Stück
Anzahl der Adern:	1	Stück
Material:	Cu	
Veredelung:	vernickelt	
Isolierung:	PTFE	
AWG-Typ:	AWG 24/7	
Außendurchmesser:	1.7	mm
Farbcode der Adern:	RD/WH	
Länge:	600	mm
Litzenende:	verzinkt	
Abisolationslänge:	15	mm
<b>Schirm</b>		
Schirm vorhanden:	nein	
<b>Bemerkung</b>		
<p>Beim Einbau ist darauf zu achten, dass keine Beschädigung von Kabel und Isolation erfolgt. Die Zuleitung muss zugentlastet verlegt werden. Mechanische Belastungen auf den Sensor sind zu vermeiden. Kabellänge entspricht Sensorspitze bis Kabelende  Der Sensor ist geeignet für umrichter gespeiste Maschinen bis 1000 V Systemspannung zugelassen gem. DIN EN 61800-5-1 und DIN EN 50178 („Sichere Trennung“).  Höhenkorrektur für Stoßspannungsprüfung in Höhe von 2000 m ü.NN. gem. Überspannungskategorie III</p>		
<b>Sonderspezifikation</b>		
Sonderausführung	Zuleitung: UL-Style-1659	