

Messwiderstände und deren normative Darstellung in IEC und ASTM

Äpfel mit Birnen vergleichen?

In der elektrischen Temperaturmesstechnik der Prozessindustrie werden zwei prinzipielle Arten von Messwiderständen verwendet, drahtgewickelte und Schichtmesswiderstände. Deren unterschiedliches Verhalten spiegelt sich in den Bestimmungen der europäischen Norm IEC 60751 (DIN EN 60751) wider. Die amerikanische ASTM E1137/E1137M hingegen behandelt beide Messwiderstandsarten gleich. Für den Anwender ist das verwirrend. Auf welcher Grundlage soll er entscheiden?

Bild 1: Die Entwicklung der Schichtwiderstände war ein Grund für die Aktualisierung der IEC 60751



Die IEC 60751 lässt keinen Interpretationsspielraum zu. Sie listet die Genauigkeitsklassen mit deren Temperaturbereichen getrennt nach Art des Messwiderstands auf. Die in der Norm aufgeführten Grundwerte, die Formeln der zulässigen Grenzabweichungen und die Prüfanforderungen gelten für beide Arten. Derart detaillierte Aussagen trifft das Regelwerk seit 2008. Die ursprüngliche Norm EN 43760 von 1954 und deren Nachfolger von der IEC 751 bis hin zur DIN EN 60751 von 1996 entstanden auf der Basis von Erfahrungen mit drahtgewickelten Messwiderständen. Bis zur Neufassung der Norm fußten Temperaturbereiche und Klassengenauigkeiten ausschließlich auf dem Verhalten gewickelter Platindrähte, die – eingebettet in Keramik oder Glas – ihren Widerstandswert in Abhängigkeit der Temperatur verändern.

Autor



Joachim Brückner
Produktmanager Elektrische
Temperaturmesstechnik,
Wika Alexander Wiegand

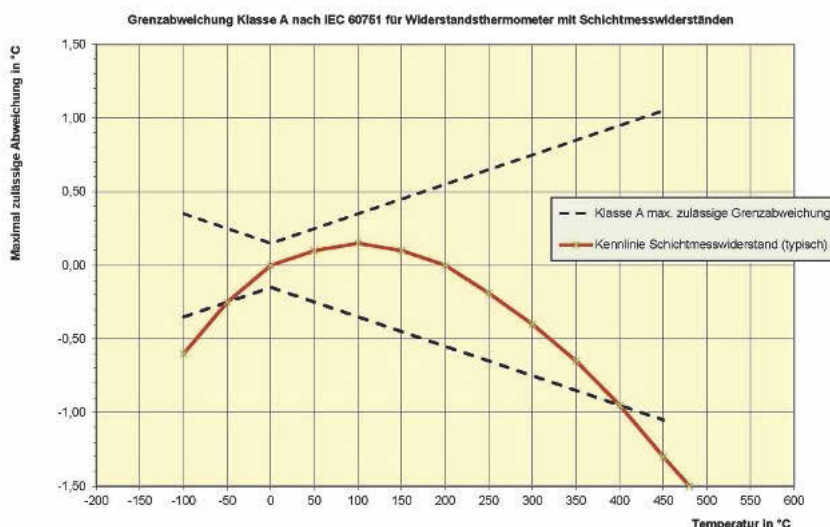


Bild 2: Kennlinie eines Standard-Schichtwiderstandes

Die wichtigsten Angaben, als Formel und Tabelle hinterlegt, waren sehr übersichtlich. Sie umfassten die durch Polynome errechneten Grundwerte von -200 bis +850 °C sowie zwei Genauigkeitsklassen (A und B) und die ihnen zugeordneten Temperaturbereiche -200 bis +650 °C (Klasse A) und -200 bis +850 °C (Klasse B). Im Laufe der Zeit erweiterte sich die Kenntnis über die physikalischen Effekte, die im Platin des Sensors bei höheren Temperaturen über längere Zeiträume auftreten. Das führte zur Notwendigkeit, die Norm an das der Realität entsprechende Driftverhalten der Messwiderstände anzupassen. Ein weiterer gebotener Grund für die Überarbeitung war die Entwicklung der Schichtmesswiderstände (Bild 1), auch Dünnschicht-, Dünnschicht- und Flachmesswiderstände oder kurz Chips genannt, und deren rasante Marktdurchdringung.

Schichtwiderstände genauer betrachtet

Diese Sensorart war in den Vorläuferausgaben der IEC 60751:2008 (DIN EN 60751:2009) nicht explizit erwähnt. Anwender waren daher verunsichert, ob die Norm auch auf die neuen, kostengünstigen und sehr vibrationsfesten Messwiderstände zutrifft. Vor allem die Angabe der Temperaturbereiche suggerierte, dass Schichtmesswiderstände in den gleichen Temperaturgrenzen mit den gleichen Genauigkeiten wie drahtgewickelte Messwiderstände einsetzbar wären. Bedingt durch Dehnungs- und Schrumpfungseffekte sowie durch die Diffusion von Fremdatomen in die dünne Platinschicht verhalten sie sich aber anders. Die Folge ist eine Kennlinie, die den Normbereich der zulässigen Messabweichungen bei niedrigen und hohen Temperaturen früher verlässt, als das bei drahtgewickelten Messwiderständen der Fall ist (Bild 2). Dieses Verhalten ist

Klasse	Gültigkeitsbereich		Grenzabweichung *
	Drahtgewickelte Messwiderstände	Schichtmesswiderstände	
AA	-50...+250 °C	0...+150 °C	$\pm (0,1 + 0,0017 t)$
A	-100...+450 °C	-30...+300 °C	$\pm (0,15 + 0,002 t)$
B	-196...+600 °C	-50...+500 °C	$\pm (0,3 + 0,005 t)$
C	-196...+600 °C	-50...+600 °C	$\pm (0,6 + 0,01 t)$

* |t| = Betrag der Temperatur in °C ohne Berücksichtigung des Vorzeichens

Bild 3: Tabelle 3 der aktuellen IEC 60751:2008

aufgrund der Bauform und den verwendeten Materialien physikalisch bedingt und darf nicht als Qualitätsmangel verstanden werden. Die Grafik zeigt die typische Kennlinie eines Standard-Schichtmesswiderstandes.

Angesichts dieser Erkenntnis war die Trennung der Temperaturbereiche der jeweiligen Genauigkeitsklassen nach Draht- und Schichtmesswiderständen eine logische Konsequenz. Damit einhergehend wurden auch die Genauigkeitsklassen stärker differenziert. Die aktuelle IEC 60751:2008 (DIN EN 60751:2009-05) weist in ihrer Tabelle 3 deshalb vier Klassen aus (Bild 3).

Neufassung der IEC 60751

In Zusammenhang mit der Neufassung initiierte das Normengremium K961 der DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektro-

nik Informationstechnik) eine firmenübergreifende Analyse. Diese bestätigte, dass das Verhalten der Schichtmesswiderstände generell auftritt und nicht herstellerepezifisch ist. In die Untersuchung wurden außerdem neuartige Chips einbezogen, die sich auch unterhalb von -30 °C und oberhalb +300 °C ähnlich wie drahtgewickelte Sensoren verhalten – wenn auch nicht über deren kompletten Temperaturbereich. Damit haben die Tests belegt, in welche Richtung die Entwicklung der Schichtmesswiderstände gehen wird. Die neue Generation bewegt sich allerdings auf einem höheren Kostenniveau als die Standardausführungen.

Die aktualisierte IEC 60751 enthält noch eine weitere Unterscheidung, die vorher nicht getroffen wurde, die zwischen dem blanken Messwiderstand und dem fertig konfektionierten Widerstandsthermometer. Die Gründe

hierfür sind leicht zu erkennen. Messwiderstände werden von deren Herstellern während der Produktion und/oder unter Laborbedingungen kontrolliert. Die notwendigen Stück-/Typprüfungen erfolgen in hochreinem Quarzglas und unter Luftzufuhr (Bild 4).

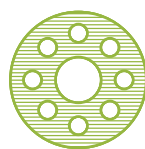
Bei einer Typprüfung zum Beispiel muss der Sensor zunächst 1000 Stunden lang auf seine obere Temperaturgrenze aufgeheizt (gealtert) werden. Er darf anschließend bei 0 °C den Bereich der maximal zulässigen Grenzabweichung der angegebenen Genauigkeitsklasse nicht verlassen.



Bild 4: Die Stück- oder Typprüfungen von Messwiderständen erfolgen in hochreinem Quarzglas unter Luftzufuhr



13. Jahrestagung | 25. – 26. Januar 2017 in Potsdam



TAR 2017

- PLUS:**
- » TARfighter am 23. – 24. Januar 2017
 - » Intensiv-Workshops am 24. Januar 2017
 - » Fokusthemen in parallele Fachforen
 - » Interaktive Diskussionsrunden

Bitte geben Sie bei Ihrer Anmeldung unter www.tarconference.de folgenden Code ein und Sie erhalten 10% Rabatt: CAVTAR2017

Bei Thermometern ist der Messwiderstand zu meist in Magnesium- oder Aluminiumoxid-Pulver (MgO oder Al_2O_3) eingebettet, das wiederum wird von einer Metallhülse bzw. von einem metallischen Mantel umgeben ist. Ab ca. $600\text{ }^\circ\text{C}$ neigen diese Materialien dazu, das Platin des Sensors zu vergiften. Dieser unerwünschte Effekt ist temperaturabhängig und nimmt mit steigenden Temperaturen zu. Der Sensor kann durch Wärmeausdehnung außerdem mechanischen Kräften ausgesetzt sein. Vor diesem Hintergrund definierten die Verfasser der IEC 60751 eine Stabilitätskontrolle im Rahmen der vorgeschriebenen Typprüfung, nach der ein Thermometer als thermisch betriebssicher gilt. Die Dauer der Prüfung unter der spezifizierten Maximaltemperatur ist auf 672 Stunden (vier Wochen) festgelegt. Wie auch bei den Messwiderständen gefordert, muss das Thermometer im Anschluss bei $0\text{ }^\circ\text{C}$ den Bereich der maximal zulässigen Grenzabweichung der angegebenen Genauigkeitsklasse einhalten. Sämtliche Änderungen, die in der IEC 60751:2008 im Vergleich zu den Vorgängerausgaben aufgenommen wurden, basieren auf Erkenntnissen aus Forschung und Praxis. Die aktualisierte Norm trifft somit realitätsbe-

ASTM E1137/E1137M 2014		IEC 60751:2008					
keine Angabe		Drahtgewickelt			Schichtmesswiderstände		
Grade A	Grade B	Klasse AA	Klasse A	Klasse B	Klasse AA	Klasse A	Klasse B
-200	-200	-50	-100	-196	0	-30	-50
+650	+650	+250	+450	+600	+150	+300	+500

Bild 5: IEC 60751:2008 und ASTM E1137/E1137M 2014 im Vergleich

zogene Aussagen zur Betriebssicherheit der nach ihr gefertigten Messwiderstände und Thermometer.

ASTM-Normen ohne Korrekturen

Bei Anwendern aus Ländern, die sich an den Normen der ASTM (American Society for Testing and Materials) orientieren, kommt es seit der IEC-Aktualisierung öfter zu Verwirrungen. Alles, was bei der europäischen Norm zu den erwähnten Korrekturen führte, bleibt in den ASTM-Leitlinien E1137/E1137M unberücksichtigt. Auch bei deren erneuten Überprüfung 2014 sah das zuständige Subcommittee E20.03 keine Notwendigkeit einer Anpassung an die Realität. Die ASTM E1137/E1137 M (Re-approved 2014) unterscheidet nach wie vor nicht zwischen drahtgewickelten Messwiderständen und Schichtmesswiderständen. Darü-

ber hinaus äußert sie sich unpräzise bezüglich der Prüftemperaturen des Stabilitätstests: Sie schreibt die Prüfung bei $0\text{ }^\circ\text{C}$ vor, verweist gleichzeitig aber auf die ASTM E644, die zwei Prüftemperaturen verlangt. Die ASTM E1137/E1137 M operiert auch weiterhin mit zwei Genauigkeitsklassen (Grade A und Grade B), die beide in einem Temperaturbereich von -200 bis $+650\text{ }^\circ\text{C}$ definiert sind – unabhängig von der Bauart des Sensors. Den Unterschied zwischen den Normen verdeutlicht Bild 5. Auf den ersten Blick könnte der reine Zahlenvergleich den Schluss zulassen, dass alle ASTM-gemäßen Thermometer besser seien als die IEC-qualifizierten Geräte, denn sie können laut Norm ja in einem größeren Temperaturbereich eingesetzt werden. Das hat in dem einen oder anderen Fall dazu geführt, die ASTM-Angaben sogar als Verkaufsargument zu nutzen.

Der Wunsch nach einer höheren Genauigkeitsklasse ist auch im Wirkungsbereich der ASTM vorhanden. Sensorhersteller und Kunden behelfen sich hierbei interessanterweise mit den sogenannten DIN-Bruchklassen wie 1/2 DIN B, 1/3 DIN/IEC bis hin zu 1/10 DIN/EC, die auch in Europa angewendet werden. Diese Angaben zur Genauigkeit sind aber nicht genormt. Schon die verschiedenen Schreibweisen (...DIN B, ...DIN A, ...DIN/IEC, ...DIN/EC) deuten darauf hin, dass hier jeder Hersteller seine eigene Interpretation dieser „Klassengenauigkeiten“ für die richtige halten kann. Die Veröffentlichung der IEC 60751:2008 hat zumindest die 1/3-DIN-Angabe überflüssig gemacht, da deren Anforderungen in der Klasse AA der Norm enthalten sind. Aufgrund der fehlenden normativen Grundlage im Bereich der ASTM sind Hersteller und Kunden bei der Anwendung der Bruchklassen auf eine enge Kommunikation angewiesen, um Missverständnisse bei den Genauigkeitsanforderungen auszuschließen. Wie wichtig dieser Austausch ist, zeigt das Beispiel des Mars Climate Orbiter. Er ging 1999 verloren, weil NASA und Lockheed Martin für die Berechnung des Bremsimpulses Einheiten aus unterschiedlichen Maßsystemen verwendeten.

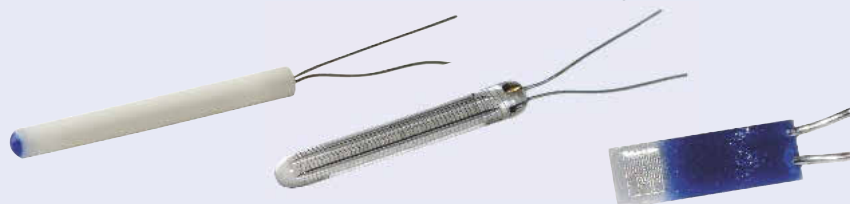
» www.prozesstechnik-online.de
 Suchwort: cav1216wika

➔ **IM ÜBERBLICK**

Bauformen von Messwiderständen

- Keramikmesswiderstände haben im Inneren eine Platinwendel, die in Keramikpulver/Keramikmasse eingebettet ist. Da diese Materialien dem Platindraht bei Temperaturänderungen nur geringen mechanischen Widerstand entgegensetzen, hat der Sensor eine gewisse Bewegungsfreiheit. Dieser Aufbau beugt Drift aufgrund mechanischer Kräfte vor, schränkt aber die Vibrationsfestigkeit ein.
- Glasmesswiderstände verfügen über einen fest in die Glashülle eingegossenen Platindraht. Durch die verschiedenen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Glas und Platin wird er bei hohen Tempe-

- raturen in eine mechanische Zwangslage gebracht, die den Widerstand ändert. Die Bedeutung dieser Widerstandsart für die Prozessindustrie sinkt.
- Schichtmesswiderstände, auch als Dünnschicht-, Dünnschicht- oder Flachmesswiderstände bezeichnet, haben eine keramische Trägerplatte, auf der eine sehr dünne Platinschicht aufgebracht ist. Platinschicht und Anschlussdrahtverbindung werden mit einer Glasschicht versiegelt. Diese Messwiderstände zeichnen sich durch hohe Vibrationsfestigkeit, sehr kleine Baugrößen und ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis aus.



Keramik- (links), Glas- (Mitte) und Schichtwiderstand (rechts)