

Einleitung

Dieses Dokument beschreibt die Eigenschaften von Sensoren die zur Messung der unteren Explosionsgrenze (UEG) von brennbaren Gasen und Dämpfen verwendet werden. Es werden die UEG Sensor-Typen Pellistor und NDIR verglichen und die Vorgehensweise bei Sensorvergiftungen beschrieben. Es ist eine Liste mit Korrekturfaktoren (KF) enthalten, die in WatchGas-Geräten verwendet werden, zusammen mit den in den EMEA-Ländern verwendeten KF.

UEG-Sensoren vom Pellistor-Typ



- Sind kostengünstig
- Messen alle flüchtigen brennbaren Gase einschließlich Wasserstoff
- Benötigen Sauerstoff
- Sind anfällig für Katalysator-Gifte
- Sind nicht geeignet für schwere Chemikalien wie etwa Benzin

Pellistor-UEG-Sensoren funktionieren, indem brennbare Dämpfe, die in den Sensor eindringen, mit Hilfe einer beheizten katalytischen Wendel oxidiert werden. Die durch die Oxidierung freigesetzte zusätzliche Wärme verändert den Widerstand in einer Wheatstone-Brückenschaltung, der mit der Gaskonzentration korreliert ist. Daher sind für UEG-Sensoren vom Pellistor-Typ mindestens 10 Volumenprozent Sauerstoff im Messgas erforderlich, um die katalytische Oxydierung aufrechtzuerhalten, das Kalibriergas sollte eine Luftmatrix anstelle von Stickstoff enthalten. Die Vorteile von Pellistor-UEG-Sensoren liegen darin, dass sie kostengünstig sind und alle vorhandenen flüchtigen brennbaren Gase messen einschließlich Wasserstoff. Ein Nachteil ist, dass das Messgas durch einen flammenhemmenden Filter aus Sintermetall geleitet werden muss und sie daher schlecht auf schwerere Verbindungen wie Dieselkraftstoff reagieren. Ein weiterer wichtiger Nachteil ist, dass der Pellistor-Katalysator durch bestimmte Verbindungen wie Silikone, Schwefelwasserstoff, Säuren und chlorierte Verbindungen vergiftet werden kann.



NDIR UEG-Sensoren

- Kosten mehr, halten aber länger
- Sie messen keinen Wasserstoff
- Sie benötigen keinen Sauerstoff
- Sind nicht anfällig für Vergiftungen, können aber durch physikalische Ablagerungen beeinträchtigt werden
- Sie sind für schwere Verbindungen wie Dieselkraftstoff geeignet
- Es gibt Modelle mit erweitertem Messbereich bis zu 100% Methan

Nicht-dispersive Infrarotsensoren (NDIR) messen die Infrarotstrahlung, die von den C-H-Verbindungen in Kohlenwasserstoffen wie Methan und Propan absorbiert wird. Entflammbarer Verbindungen, die keine C-H-Bindungen enthalten, wie Wasserstoff (H_2) und Schwefelkohlenstoff (CS_2), können nicht gemessen werden. Daher können NDIR-Sensoren die Explosionsgefahr einer Atmosphäre unzureichend einschätzen und sollten nicht in Situationen eingesetzt werden, in denen die Möglichkeit besteht, dass H_2 oder CS_2 in entflammablen Mengen vorhanden sind. Ein großer Vorteil ist jedoch, dass NDIR-Sensoren nicht von Vergiftungen betroffen sind, die bei UEG-Pellistor-Sensoren auftreten. Darüber hinaus benötigen sie keinen Sauerstoff, um zu funktionieren, und können zur Messung von Kohlenwasserstoffen in inerten Atmosphären wie Stickstoff oder Argon verwendet werden, das Kalibriergas für die Sensoren kann in reinem Stickstoff geliefert werden. Umgekehrt besteht die Gefahr, dass NDIR-UEG-Sensoren die Explosionsgefahr falsch einschätzen, wenn nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist, um eine Entflammung zu ermöglichen. Schließlich benötigt dieser Sensor keinen flammenhemmenden Filter aus Sintermetall und reagiert daher schneller auf schwerere Kohlenwasserstoffe als ein Pellistor-UEG-Sensor.

Ausnahme: Der Kohlenwasserstoff „Acetylen“ kann aufgrund der starken Dreifachbindung „ C_2H_2 “ (Ethyn/Acetylen) nicht mit NDIR-Sensoren nachgewiesen werden.

Europäische vs US UEG-Werte

Seit 2010 sind Europa und andere EMEA-Länder (Europa, Naher Osten und Afrika), die eine ATEX-Zertifizierung verlangen, dazu übergegangen, IEC-(IEC60079) und EU-Normen (EN61779) zu verwenden, welche jedoch die UEG-Konzentrationen auf eine andere Weise ermitteln als das in den USA verwendete ISO10156-Verfahren. Das US-Verfahren ermittelt die UEG-Werte in einer statischen Kammer, während das IEC/EU-Verfahren eine Kammer mit umgewälztem Gas verwendet, was oft zu etwas niedrigeren UEG-Werten führt. Das bedeutet, dass die USA immer noch 100% UEG als 5,0 Vol% Methan definieren, während die EMEA-Länder jetzt 4,4 Vol% verwenden. Die neuen Korrekturfaktoren auf der Grundlage der IEC/EU UEG-Werte sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt.

Verwendung von Korrekturfaktoren

Die beste Genauigkeit wird erreicht durch die Verwendung des gleichen Kalibriegases wie das zu messende Gas. Wenn jedoch Methan zur Kalibrierung verwendet wird, kann der Benutzer ein beliebiges Messgas aus der Liste auswählen und den Messwert mit dem Korrekturfaktor multiplizieren um den korrekten Wert zu erhalten:

$$\text{Tatsächliche UEG} = \text{UEG-Messwert} \times \text{KF}$$

In der Tabelle sind die UEG-KF-Werte aufgeführt, die in der POLI-Gerätefirmware programmiert sind und auf den US-UEG-Werten für Pellistor-Sensoren basieren. Wenn der Benutzer eine dieser Verbindungen zur Messung von UEG aufruft, wird der Faktor automatisch angewendet, so dass das Gerät den korrekten Messwert des gemessenen Gases anzeigt. Wenn der KF für EU/EMEA- oder NDIR-Sensoren benötigt wird, muss er als benutzerdefinierter Faktor mit der WatchGas Suite-Software programmiert werden (siehe Abschnitt 6 des POLI-Benutzerhandbuchs).

Umgang mit vergifteten Sensoren

Giftstoffe und Verunreinigungen: Wie bereits erwähnt, können Pellistor-Sensoren ihre Reaktionsfähigkeit verlieren, wenn sie Sensorgiften ausgesetzt werden, die den Katalysator entweder dauerhaft unbrauchbar machen oder seine Reaktionsfähigkeit vorübergehend verringern. Silikonverbindungen, wie sie in vielen Schmiermitteln und Reinigungsmitteln enthalten sind, sind die häufigsten Giftstoffe und sollten vom Sensor ferngehalten werden. Säuren wie Salzsäure (HCl), Schwefelsäure, Salpeter-

säure und Essigsäure können den Sensor beschädigen. Einige flüchtige organische Verbindungen wie chlorhaltige, stickstoffhaltige und schwefelhaltige Verbindungen können bei der Verbrennung auf dem Sensor Säuren bilden und so das Ansprechverhalten verringern. Schwefelwasserstoff und Mercaptane hemmen ebenfalls das Ansprechen des Sensors, manchmal jedoch nur vorübergehend. Halten Sie die Exposition gegenüber potenziellen Giften so kurz und in so geringer Konzentration wie möglich. Wiederherstellung der Reaktion: In einigen Fällen kann die Reaktion wiederhergestellt werden, indem man den Pellistor-Sensor einschaltet und ihn mehrere Stunden oder Tage lang in sauberer Luft laufen lässt. Für eine schnellere Erholung versetzen Sie das Gerät in den Diagnosemodus (mit WatchGas Suite) und setzen Sie den UEG-Sensor einige Sekunden lang 100 Vol% Methan oder 5-10 Sekunden lang 20 Vol% Methan aus. Dadurch wird die Temperatur des Sensors ausreichend erhöht, um die Sensoroberfläche wegzubrennen und die Empfindlichkeit wiederherzustellen. Längere Expositionszeiten sind nicht sehr hilfreich, da für den Prozess Sauerstoff benötigt wird, aber eine ein- oder zweimalige Wiederholung des Prozesses kann helfen.

Kalibrierung von Propan oder Pentan

Bei der Messung von Verbindungen, die nicht zu den Methanen gehören, und bei der Verwendung von Korrekturfaktoren ist es besonders wichtig, giftige Substanzen im Sensor zu vermeiden. Dies liegt daran, dass Giftstoffe oft die Reaktion auf Methan stärker beeinträchtigen als auf andere VOCs wie Propan und Pentan, was bedeutet, dass sich der Korrekturfaktor ändert. Glücklicherweise reagieren bei einer Kalibrierung mit Methan die anderen Verbindungen übermäßig stark, so dass die Abweichung relativ gering ist. Um Fehlalarme zu vermeiden, kann man mit Pentan oder Propan kalibrieren (oder mit jedem anderen VOC, der gemessen wird). In diesem Fall müssen die Faktoren in der nachstehenden Tabelle angepasst werden, indem sie durch die KF des Kalibriegases dividiert werden. Wenn zum Beispiel Propan (KF = 1,6) zur Kalibrierung für die Messung von Benzin (KF = 2,1) verwendet wird, berechnet sich der neue KF wie folgt: $2,1/1,6 = 1,3$. Das WatchGas POLI-Multigas-warngerät führt alle diese Berechnungen automatisch durch, so dass der Benutzer einfach das Kalibriegas als Propan und das Messgas als Benzin auswählen kann, woraufhin die Konzentrationen korrekt angezeigt werden.

Warnung:

Verwenden Sie die Propan- oder Pentan-Kalibrierung nur in Bereichen, von denen bekannt ist, dass sie KEIN Methan enthalten. Andernfalls könnte Methan aufgrund der nachlassenden Sensorreaktion falsch niedrige Messwerte anzeigen, was zu einer unentdeckten Explosionsgefahr führen könnte.

Verbindung	100% UEG in Vol%		UEG KF Pellistor		UEG KF NDIR	
	US	EU/EMEA	US	EU/EMEA	US	EU/EMEA
Acetaldehyd	4.0	4.0	1.8	1.6		
Essigsäure	4.0	4.0	3.4	3.0		
Essigsäureanhydrid	2.7	2.0	2.0	2.4		
Aceton	2.5	2.5	2.2	1.9	1.0	0.88
Acetylen	2.5	2.3	2.8	2.7		
Allylalkohol	2.5	2.5	1.7	1.5		
Ammoniak	15.0	15.0	0.8	0.7		
Anilin	1.3	1.2	3.0	2.9		
Benzol	1.3	1.2	2.2	2.1		
Butadien	2.0	1.4	2.5	3.1		
Butan, i-	1.8	1.3	1.7	2.1		
Butan, n-	1.9	1.6	2.0	2.1	0.30	0.31
Butanol, t-	2.4	2.4	1.8	1.6		
Kohlenmonoxid	12.5	10.9	1.2	1.2		
Chlorbenzol	1.3	1.4	3.0	2.5		
Cyclohexan	1.3	1.2	2.5	2.4		
Dichloroethan, 1, 2-	6.2	6.2	1.5	1.3		
Dichlormethan	13.0	13.0	1.0	0.9		
Ethan	3.0	2.4	1.4	1.5	0.30	0.33
Ethanol	3.3	3.1	1.7	1.6	0.52	0.49
Ethen	2.7	2.3	1.4	1.4	1.0	1.0
Ethylacetat	2.0	2.2	2.2	1.8	0.52	0.42
Ethylbenzol	0.8	1.0	2.8	2.0		
Ethylenoxid	3.0	2.6	2.3	2.3	0.26	0.26
Ethyläther	1.9	1.9	2.3	2.0		
Ethylmercaptan	2.8	2.8	1.8	1.6		
Benzin	1.3	1.3	2.1	1.8		
Heptan,n-	1.1	1.1	2.4	2.1		
Hexan,n-	1.1	1.0	2.3	2.2	0.24	0.23
Wasserstoff	4.0	4.0	1.1	1.0	NR	
Isobutylethen	1.8	1.6	1.5	1.5		
Isopropanol	2.0	2.0	2.6	2.3	0.42	0.37
Methan	5.0	4.4	1.0	1.0	1.0	1.0
Methanol	6.0	5.5	1.5	1.4	0.67	0.64
Methylacetat	3.1	3.2	2.2	1.9		
Methylbromid	10.0	10.0	1.1	1.0		

Verbindung	100% UEG in Vol%		UEG KF Pellistor		UEG KF NDIR	
	US	EU/EMEA	US	EU/EMEA	US	EU/EMEA
Methylchlorid	8.1	8.1	1.3	1.1	1.5	1.3
Methylcyclohexan	1.2	1.2	2.6	2.3		
Methyläther	3.4	3.4	1.7	1.5		
Methylethylketon	1.4	1.4	2.6	2.3	0.58	0.51
Methylmercaptan	3.9	3.9	1.6	1.4		
Naphthalin	0.9	0.9	2.9	2.6		
Oktan,n-	1.0	1.0	2.9	2.6		
Pentan	1.5	1.1	2.2	2.6	0.27	0.32
Phosphin	1.6	1.6	0.3	0.3		
Propan	2.1	1.7	1.6	1.7		
Propen	2.0	2.0	1.5	1.3	0.52	0.46
Propylamin,n-	2.0	2.0	2.1	1.8		
Propylenoxid	2.3	2.3	2.6	2.3		
Toluol	1.1	1.0	2.6	2.5	0.36	0.35
Triethylamin	1.2	1.2	2.5	2.2		
Terpentin	0.8	0.8	2.9	2.6		
Vinylchlorid	3.6	3.6	1.8	1.6		
Xylol,m-	1.1	1.1	2.7	2.4	0.45	0.40
Xylol,o-	0.9	0.9	3	2.6	0.45	0.40
Xylol,p-	1.1	1.1	2.8	2.5	0.45	0.40