

Una relazione a 3 vie

I fattori che incidono sulle misure meccaniche della temperatura

I termometri a quadrante sono indispensabili come strumenti di misura autonomi per il monitoraggio locale della temperatura. Tuttavia, per la scelta del modello ottimale che soddisfi questo compito di misura in una particolare applicazione non esiste una risposta semplice. I fattori che determinano il tempo di risposta e la precisione di misura sono tre: la versione del termometro, il punto di misura e le condizioni ambientali.

Ogni misura di temperatura segue la legge dell'equilibrio termico pertanto l'oggetto da misurare, il termometro e l'ambiente sono tutti legati tra loro. All'interno di questa relazione, essi si sforzano di raggiungere un equilibrio tramite il trasferimento termico. Tenendo presente questo principio, il termometro assorbe il calore dall'oggetto misurato, si adatta alla temperatura dell'oggetto ed è proprio in questo modo che è in grado di misurarla. Il processo alla base del funzionamento dei termometri meccanici si basa sull'espansione di un solido (bimetallo), di un liquido termometrico o di un gas. La grandezza della variazione di temperatura è indicata sul quadrante come una funzione dell'espansione fisica del mezzo. Se fosse possibile escludere completamente l'ambiente come variabile di disturbo, ciò corrisponderebbe alla misura di temperatura ideale. Tuttavia, siccome sono le leggi della termodinamica ciò non è possibile, quando si sceglie una soluzione di misura della temperatura occorre considerare i tre fattori che influenzano tale misura:

Fattore nr.1: il termometro

Nelle applicazioni industriali vengono generalmente utilizzati tre tipi di termometro a quadrante: bimetallico, a espansione di liquido o di gas. I termometri bimetallici sono usati principalmente per semplici indicazioni locali, ad esempio nei sistemi di riscaldamento e per tubazioni, riscaldatori e serbatoi di acqua calda. Il sensore è composto da due strisce metalliche, unite insieme in modo permanente, per cui ogni metallo è dotato di un diverso coefficiente di espansione termico. Questi due metalli possono essere avvolti in modo ellittico o a spirale. Qualsiasi variazione di temperatura fa sì che il tubo ruoti una lancetta. Il sistema di misura di un termometro a espansione di liquido o gas utilizza una sonda di temperatura, un capillare o una molla Bourdon, che insieme formano un assieme unico (e sono situati all'interno di una custodia). I termometri ad espansione sono riempiti con un liquido termometrico come xilolo o olio siliconico, mentre le versioni ad espansione di gas utilizzano un gas inerte e, ad esempio azoto o elio. Qualsiasi variazione della temperatura genera un cambiamento nella pressione interna al sistema di misura che porta a una deviazione della molla Bourdon. Questa deviazione viene trasmessa alla lancetta in modo diretto nel caso dei termometri ad espansione di liquido, oppure tramite un movimento nel caso delle versioni ad espansione di gas. Entrambi questi tipi di strumento sono particolarmente adatti per applicazioni in cui occorre separare i punti di misura dal punto di indicazione, per esempio nel caso di compressori, serbatoi o contenitori così come per le stazioni di trasferimento di calore nell'ingegneria del riscaldamento. Entrambe le versioni di termometro possono essere combinate con un segnale di uscita elettrico o con una funzione di commutazione, per permettere loro anche una funzione di controllo e regolazione. I criteri fondamentali per la scelta di un termometro meccanico sono il campo scala e il tempo di risposta. I termometri bimetallici sono adatti a campi di temperatura da -100 a +600 °C, quelli ad espansione di liquido da +50 °C a +400 °C e quelli ad espansione di gas da -200 °C a +700 °C. Le precisioni all'interno di questi campi di temperatura si attengono alla Classe 1 e 2 secondo la norma EN 13190. Il tempo di risposta di un termometro varia in funzione del campo di temperatura e del fluido da misurare e in relazione alla sua velocità. Rispetto ai fluidi gassosi, i fluidi liquidi sono soggetti a una variazione di temperatura più rapida. I termometri ad espansione, ad esempio, hanno un tempo di risposta

di 10 o 20 secondi (acqua), 30 o 50 secondi (olio) o da 90 a 110 secondi (aria) determinati al 63 % della variazione di temperatura. I termometri bimetallici hanno un tempo di risposta simile. I termometri ad espansione di gas rispondono in modo più sensibili e in quanto il gas di riempimento ha una capacità termica inferiore rispetto ai liquidi di riempimento presenti nei modelli ad espansione di liquido.

Fattore nr.2: il punto di misura

La prima condizione che un qualsiasi punto di misura deve soddisfare è un'ottima accessibilità. I punti di misura invasivi devono sempre essere posizionati nelle sezioni delle tubazioni con portata adeguata, per assicurare il trasferimento di calore ottimale al sensore. La profondità di immersione dipende dal campo di temperatura e dal diametro della tubazione. Lo stelo deve estendersi nel fluido per almeno due terzi, per fare in modo che la striscia di bimetallo, il gas o il liquido, si possa espandere come richiesto e ridurre al minimo la dissipazione di calore. Se il sensore viene installato al contrario della direzione del flusso, ciò risulta anche favorevole al trasferimento di calore. Durante le condizioni operative severe che si verificano in caso di alte pressioni, alte temperature del fluido o sostanze aggressive, il termometro è solitamente abbinato a un pozzetto termometrico. Oltre a svolgere la funzione di protezione dello strumento, i pozzetti hanno un ulteriore vantaggio: la tubazione rimane chiusa in caso di sostituzione del termometro. Ogni pozzetto deve avere una resistenza specifica per l'applicazione e dev'essere insensibile alle variazioni di temperatura. Esso non deve inoltre Redazionale tecnico Pagina 3 of 5 sviluppare nessun gas tossico. Tuttavia, per avere questo tipo di protezione c'è un prezzo da pagare: il termometro ha un tempo di risposta maggiore. La parete del pozzetto dev'essere progettata di conseguenza e in modo tale che il trasferimento termico non venga ritardato più di quanto non sia strettamente necessario. Grazie ai punti di misura non invasivi, la temperatura non viene registrata direttamente nel fluido di processo. Per assicurare un tempo di risposta ottimale, il sensore deve quindi avere un attacco sagomato sulla superficie del tubo. Come alternativa, in molti casi viene saldato un manicotto sul tubo su cui viene fissato il bulbo standard del termometro. Questa soluzione porta però inevitabilmente alla dissipazione termica e a una ridotta precisione di misura. E' possibile compensare questo effetto solo parzialmente utilizzando una pasta termica. È inoltre preferibile un'esecuzione del sensore conformata, che richiede uno sforzo minore: il serraggio dello strumento di misura consente di risparmiare tempo.

Fattore nr. 3: le condizioni ambientali

Secondo la norma EN 13190, la precisione dell'indicazione di un termometro a quadrante viene determinata ad una temperatura ambiente definita, e per di più costante, di +23 °C. Virtualmente non vi è alcuna applicazione in cui venga soddisfatta questa condizione. Siccome ogni sorgente di calore o di freddo nella zona intorno al punto di misura avrà un impatto sulla precisione di misura della temperatura, la sua influenza dev'essere ridotta al minimo. Nel caso di misura superficiale, inoltre, tutti i punti di misura devono essere adeguatamente isolati con schiuma in poliuretano o in materiali simili, a seconda del tipo di termometro utilizzato. Per i punti di misura invasivi, invece, la situazione è, piuttosto, meno semplice. I termometri bimetallici possono essere installati senza speciali accorgimenti in quanto i loro sensori sono immersi nel fluido e sono, quindi, immuni agli effetti ambientali. Nel caso dei termometri ad espansione di liquido o di gas è invece esattamente l'opposto. La linea di misura e lo stelo di questi strumenti, entrambi i quali sono riempiti con un liquido o un gas, sono invece esposti alla temperatura ambiente. Ogni variazione di questa temperatura determina un effetto di espansione che porta a un valore misurato corrente distorto. Nel caso di una molla Bourdon, la temperatura ambiente ha un effetto indiretto che si manifesta tramite la custodia. L'errore di misura risultante equivale allo 0,1 % (termometri ad espansione di liquido) o allo 0,05 % (termometri ad espansione di gas) del campo scala per ogni Kelvin di differenza. Per quanto riguarda l'influenza sulla linea di misura, la regola generale è che più lungo è il capillare, più il termometro è

vulnerabile. Con i termometri ad espansione di liquido, l'errore medio per ogni Kelvin di differenza nella temperatura ambiente è pari allo 0,03% del campo scala per un metro di linea. Con i termometri ad espansione di gas, questa aberrazione è quasi trascurabile a causa della minore capacità termica, sebbene sia soggetta a una condizione: il rapporto tra la molla Bourdon e il volume dei capillari deve essere almeno 1:30 rispetto al volume della sonda. Redazionale tecnico Pagina 4 of 5 In tutti gli altri casi, la linea di misura deve essere isolata e più corta possibile. Per limitare al minimo gli errori di misura o addirittura eliminarli completamente, gli operatori possono esporre la linea e la custodia del termometro a condizioni ambientali costanti e progettare di conseguenza il sistema di misura. E' anche possibile evitare gli effetti ambientali termici con la compensazione della temperatura ambiente, collegando allo stelo una striscia bimetallica che risponde in direzione opposta alla molla Bourdon. Ciò permette di attenuare l'influenza della temperatura ambiente e migliora la precisione dell'indicazione. Conclusioni: in considerazione dei diversi fattori di influenza, le misure della temperatura con un termometro sono un aspetto che richiede un'attenzione particolare. Pertanto, in fase di progettazione gli operatori sono invitati a collaborare con un produttore di strumenti nell'interesse della massima efficienza e di errori minimi .