
MANUALE D'ISTRUZIONI
Termocoppie e Termoresistenze**1. INFORMAZIONI GENERALI**

Le sonde di temperatura descritte nel manuale d'uso sono state fabbricate secondo lo stato dell'arte della tecnica. Questo manuale d'uso contiene importanti informazioni sull'uso dello strumento.

Lavorare in sicurezza implica il rispetto delle istruzioni di sicurezza e di funzionamento.

Osservare le normative locali in tema di prevenzione incidenti e le regole di sicurezza generali per il campo d'impiego dello strumento.

Il manuale d'uso deve essere letto con attenzione e compreso dal personale qualificato prima dell'inizio di qualsiasi attività.

Soggetto a modifiche tecniche.

2. ESECUZIONE E FUNZIONI

Queste termoresistenze e termocoppie sono usate per la misura della temperatura in applicazioni industriali.

Questo documento descrive gli strumenti nella versione standard. Per le applicazioni in aree pericolose sono richiesti strumenti speciali.

Lo strumento è stato progettato e costruito esclusivamente per la sua destinazione d'uso e può essere impiegato solo per questa.

3. TERMOCOPPIE**3.1 DESCRIZIONE**

La Termocoppia è costituita essenzialmente da due conduttori metallici omogenei ma diversi tra loro e isolati per tutta la loro lunghezza.

I due elementi sono saldati a un'estremità denominata "giunto di misura (o giunto caldo)" mentre gli estremi liberi denominati "giunto di riferimento (o giunto freddo)" vengono collegati ad un circuito di misura.

Quando esiste una differenza di temperatura fra il 'giunto di misura' ed il 'giunto di riferimento' la termocoppia genera una f.e.m. variabile in funzione del campo di temperatura e della natura dei conduttori.



L'impiego delle termocoppie come elemento di misura di temperatura permette di ottenere misure precise ed affidabili nel campo compreso tra -200 e 1700 °C in relazione al tipo di termocoppia utilizzata.

Il tipo di termocoppia dipende dai metalli che ne costituiscono i conduttori, e possono essere riassunti come di seguito:

Simbolo	Materiali	Campo di impiego (°C)	Descrizione
K	<i>Chromel / Alumel</i>	<i>0 - 1250</i>	<i>Termocoppia a base di leghe contenenti nichel adatta per misure di alte temperature in ambienti ossidanti. Non utilizzabile in atmosfere riducenti.</i>
J	<i>Ferro / Costantana</i>	<i>0 - 750</i>	<i>Indicata per misure di medie temperature in atmosfere riducenti e con presenza di idrogeno e carbone. La presenza del ferro ne pregiudica il buon funzionamento in atmosfere ossidanti.</i>
T	<i>Rame / Costantana</i>	<i>-200 - 350</i>	<i>Termocoppia che permette accurate misure a bassa temperatura in atmosfere ossidanti o riducenti.</i>
E	<i>Chromel / Costantana</i>	<i>0 - 870</i>	<i>Termocoppia particolarmente indicata in ambienti ossidanti.</i>
S	<i>Pt / Pt Rh 10%</i>	<i>0 - 1450</i>	<i>Termocoppia a base di metalli nobili (Platino e Rodio) permette di ottenere misure molto precise. Particolarmente resistente alle alte temperature viene solitamente utilizzata in atmosfere ossidanti. Poco raccomandata in atmosfere riducenti o che contengano vapori di metallo.</i>
R	<i>Pt / Pt Rh 13%</i>	<i>0 - 1450</i>	<i>Come la termocoppia tipo 'S' ma con percentuali diverse dei due metalli.</i>
B	<i>Pt 30% Rh / Pt 6%Rh</i>	<i>0 - 1700</i>	<i>Termocoppia a base di metalli nobili che grazie alla maggiore quantità di Rodio rispetto ai tipi 'S' e 'B' la rendono più resistente alle alte temperature ed agli stress meccanici.</i>
N	<i>Nicrosil / Nicrosil</i>	<i>0 - 1300</i>	<i>Termocoppia che rappresenta per precisione e riproducibilità, l'alternativa alla tipo 'K'</i>
W3	<i>W3%Re / W25%Re</i>	<i>0 - 2310</i>	<i>Termocoppia per altissime temperature composta da un polo positivo di Tungsteno contenente il 3% di Renio e da un polo negativo di Tungsteno contenente il 25% di Renio. Particolarmente resistente in atmosfere riducenti e in presenza di idrogeno o di altro gas inerte. Non può essere usata in aria o in atmosfere ossidanti.</i>
W5	<i>W5%Re / W26%Re</i>	<i>0 - 2310</i>	<i>Come la termocoppia tipo 'W3' ma con percentuali diverse Di Renio che ne aumenta la resistenza meccanica.</i>

3.2 TOLLERANZE E LIMITI DI APPLICABILITÀ

Officine Orobiche produce in conformità a diverse normative di riferimento, e precisamente:

- UNI 7938
- ANSI MC96
- IEC 584

Limiti di errore per Termocoppie secondo IEC 584

Tipo di Termocoppia	Campo di impiego (°C)	Taratura Speciale Grado I	Taratura Standard Grado II
K	<i>0 - 1250</i>	<i>± 1,1 °C o ± 0,4% rdg</i>	<i>± 2,2 °C o ± 0,75% rdg</i>
J	<i>0 - 750</i>	<i>± 1,1 °C o ± 0,4% rdg</i>	<i>± 2,2 °C o ± 0,75% rdg</i>
T	<i>-200 - 350</i>	<i>± 0,5 °C o ± 0,4% rdg</i>	<i>± 1,0 °C o ± 0,75% rdg</i>
E	<i>0 - 900</i>	<i>± 1,0 °C o ± 0,4% rdg</i>	<i>± 1,7 °C o ± 0,50% rdg</i>
S	<i>0 - 1480</i>	<i>± 0,6 °C o ± 0,1% rdg</i>	<i>± 1,5 °C o ± 0,25% rdg</i>
R	<i>0 - 1760</i>	<i>± 0,6 °C o ± 0,1% rdg</i>	<i>± 1,5 °C o ± 0,25% rdg</i>
B	<i>760 - 1820</i>		<i>± 0,50% rdg</i>
N	<i>0 - 1300</i>	<i>± 1,1 °C o ± 0,4% rdg</i>	<i>± 2,2 °C o ± 0,75% rdg</i>

Per la tabella di taratura relativa alle differenti termocoppie consultare le tabelle in appendice.

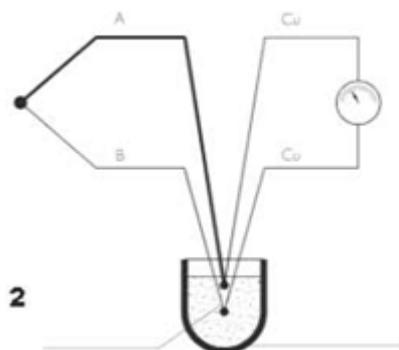
3.3 METODI DI MISURA

Il metodo di misura più utilizzato con le termocoppie è quello riportato nella Fig. 1 e viene generalmente utilizzato nel campo industriale dove non sono necessarie precisioni estreme



In questo caso la termocoppia viene collegata direttamente (Fig. 1a) o per mezzo di cavi compensati o di estensione (Fig. 1b) allo strumento di misura. In questo caso la compensazione del giunto di riferimento viene effettuata direttamente dallo strumento di misura che, rilevando la temperatura della giunzione per mezzo di altri tipi di sensori, modifica elettronicamente il segnale della termocoppia stessa in modo da essere dipendente solamente dalla temperatura del giunto di misura e quindi dalla temperatura da misurare.

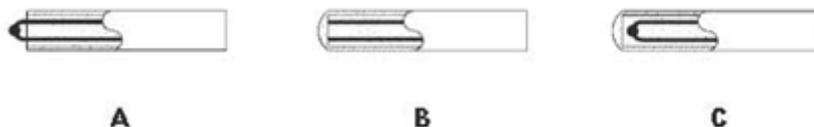
Il sistema riportato nella Fig. 2 permette di ottenere misure molto accurate e per questo motivo viene utilizzato quasi esclusivamente nelle applicazioni di laboratorio.



In questo caso la temperatura del giunto di riferimento viene mantenuta ad una temperatura nota e costante (solitamente il punto di fusione del ghiaccio a 0 °C) per mezzo di procedimenti manuali o automatici allo scopo di compensare la forza elettromotrice rilevata dallo strumento di misura con quella corrispondente del giunto di misura.

3.4 TIPI DI GIUNZIONE

I giunti di misura che vengono solitamente eseguiti per questi tipi di termocoppia sono:



A. Giunto caldo esposto

Caratterizzato da un ridottissimo tempo di risposta in quanto lo stesso è a diretto contatto con l'ambiente in cui si deve misurare la temperatura; tuttavia ne è sconsigliato l'utilizzo per la mancata protezione da agenti corrosivi o danni meccanici.

B. Giunto caldo a massa

In questo tipo di realizzazione il giunto di misura è parte integrante della guaina di protezione e di conseguenza il tempo di risposta è abbastanza ridotto, Consigliato in presenza di alte pressioni

C. Giunto caldo isolato

Il giunto caldo è completamente isolato dalla guaina di protezione e quindi particolarmente indicato nei casi in cui disturbi elettrici (fem. parassite) potrebbero falsare la misura. Il tempo di risposta è superiore rispetto alle due tipologie illustrate in precedenza.

3.5 TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

Le TERMOCOPPIE si dividono principalmente in due categorie:

1. Termocoppia con termoelemento con isolamento tradizionale
2. Termocoppia con termoelemento con isolamento minerale

Termocoppie ad isolamento tradizionale

L'isolamento tradizionale è costituito da isolatori in materiale ceramico di diversa composizione e in diversa percentuale, con dimensioni variabili in funzione della temperatura e delle diverse applicazioni. Sono costituite da:

1. Giunto di misura

Il giunto di misura o giunto caldo è la zona in cui i due conduttori della termocoppia sono uniti tra loro; essendo la sua dimensione di dimensioni ridotte, possiamo considerare la misura con le termo-coppie di tipo puntiforme. L'esecuzione di questa giunzione deve essere fatta in modo tale da non presentare tensioni meccaniche sui due conduttori (specialmente per quanto riguarda le termocoppie a base di metallo nobile) in quanto queste, una volta in temperatura, pregiudicherebbero il corretto funzionamento della termocoppia.

2. Fili della termocoppia

I fili della termocoppia dovranno essere dimensionati adeguatamente in base alle condizioni di impiego; è possibile inserire nella stessa sonda due o più termocoppie.

3. Isolatori ceramici

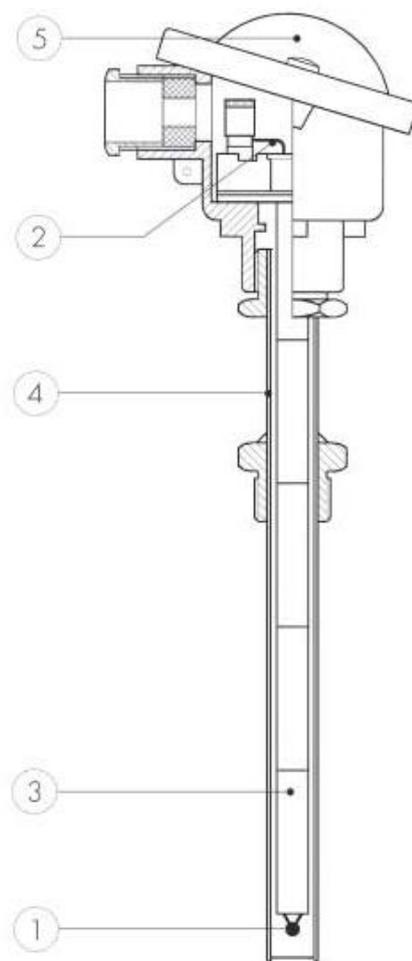
Gli isolatori ceramici servono per mantenere isolati i fili della termocoppia per tutta la lunghezza della sonda tra di loro e verso la guaina esterna.

4. Guaina di protezione

La guaina di protezione ha lo scopo di proteggere i fili della termocoppia. Questa, essendo a contatto con il processo, è importante che sia costituita dal giusto materiale e che abbia le giuste dimensioni. La guaina di protezione è solitamente metallica tuttavia è possibile che questa sia in materiale ceramico se la temperatura risulti molto elevata. In condizioni particolari è opportuno ricoprire la guaina con un'ulteriore protezione (pozzetto termometrico).

5. Testa di connessione

La testa di connessione contiene una morsettiera di materiale isolante (normalmente ceramica) che permette il collegamento elettrico della termocoppia, in funzioni delle condizioni di impiego possono essere usate custodie antideflagranti. Al posto della morsettiera è possibile installare un convertitore con uscita 4-20mA.



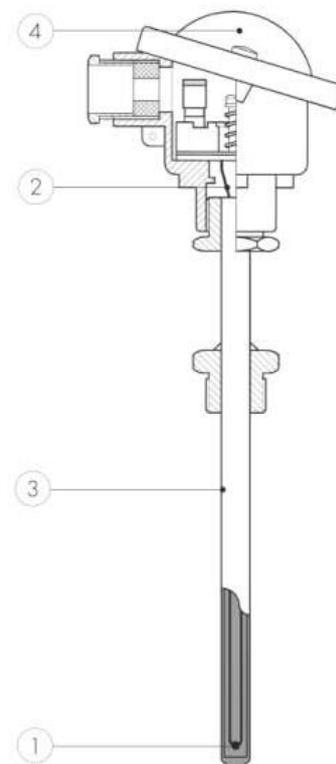
Termocoppie ad isolamento minerale MgO

Nelle termocoppie con isolamento in ossido minerale, i conduttori sono isolati da una polvere minerale (MgO) fortemente compressa e inseriti in una guaina di protezione metallica (AISI 304, 316, 321, 347, 310, 446, Inconel 600, etc.). L'alto grado di compattamento esclude l'aria dalla guaina assicurando un'elevata conducibilità termica e la massima rigidità dielettrica.

Le principali caratteristiche di questo tipo di termocoppia sono:

- Elevata resistenza meccanica,
- Resistenza alle temperature elevate,
- Protezione assoluta contro l'umidità e le pressioni elevate,
- Facilità d'installazione determinata dalla struttura flessibile del cavo che permette di introdursi in curve di piccolo raggio e di adattarsi alle forme più insolite,
- Alta velocità di risposta.

1. Giunto di misura
Con l'utilizzo di particolari tecniche viene realizzata l'unione dei due conduttori costituenti la termo-coppia all'interno del cavo isolato in ossido minerale e quindi si procede alla chiusura dello stesso. Il giunto di misura può essere isolato, a massa oppure esposto (vedere tabella)
2. Fili della termocoppia
All'interno del cavo isolato in ossido minerale si possono trovare due, quattro o sei fili; la termocoppia potrà quindi essere semplice, doppia o tripla.
3. Guaina con isolamento minerale
Questa è composta da una guaina metallica contenente i conduttori isolati tra loro e dalla guaina stessa per mezzo di ossidi metallici purissimi e altamente compressi; l'isolamento standard è l'ossido di magnesio MgO.
4. Testa di connessione
La testa di connessione contiene una morsettiera di materiale isolante (normalmente ceramica) che permette il collegamento elettrico della termo-coppia, in funzione delle condizioni di impiego possono essere utilizzate custodie antideflagranti. Al posto della morsettiera è possibile installare un convertitore con uscita 4-20mA.



3.6 CAUSE DI ERRORE NELLE MISURE

Le principali cause di errore in cui si può incorrere durante la misura della temperatura con le termocoppie sono:

- Collegamento della termocoppia con lo strumento di misura con un cavo non adatto: tutti i collegamenti tra le termocoppie e gli strumenti di misura devono essere effettuati con cavi compensati adatti, infatti esistono cavi compensati per ogni tipo di termocoppia, la scelta del tipo di isolante e delle dimensioni dipendono unicamente dalle condizioni di utilizzo (vedere parte riguardante i cavi).
- Inversioni di polarità nei vari collegamenti: tutti i cavi di compensazione e/o di estensione per termocoppie hanno una colorazione che identifica sia il tipo di termocoppia che la sua polarità, è quindi importante fare attenzione ad evitare di invertire le polarità negli eventuali collegamenti. È tuttavia buona norma, nei collegamenti tra le termocoppie e gli strumenti di misura, fare meno giunzioni possibili e comunque usare appositi dispositivi con contatti compensati che impediscono anche le inversioni di polarità.
- Fem. parassite: nel caso in cui si stia utilizzando delle termocoppie con giunto di misura a massa è possibile che eventuali fem. parassite vengano introdotte dalla termocoppia verso lo strumento di misura ed essendo il segnale delle termocoppie in mV è molto facile che questo venga falsato o disturbato. È quindi opportuno passare all'utilizzo di termocoppie con giunto di misura isolato.
- Errata compensazione del giunto di riferimento: come detto precedentemente la misura con le termocoppie necessita della compensazione del giunto di riferimento; è importante quindi che questa venga effettuata correttamente dallo strumento di misura.

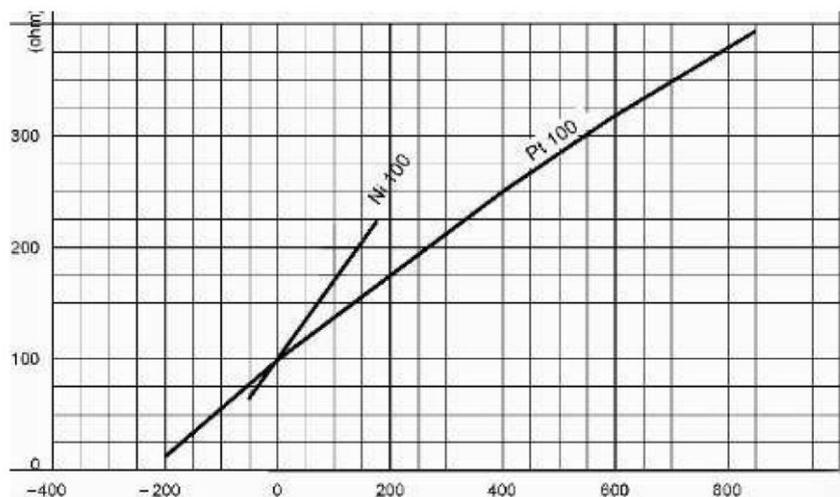
4. TERMORESISTENZE

4.1 DESCRIZIONE

Il principio di funzionamento dei termometri a resistenza metallici, più comunemente chiamati Termoresistenze, si basa sulla variazione della resistenza elettrica di un metallo al variare della temperatura a cui è sottoposto. Nel campo industriale i materiali maggiormente utilizzati sono il platino ed il nichel che, grazie alla loro elevata resistività e stabilità, permettono di realizzare termoelementi molto riproducibili, di piccole dimensioni e con ottime caratteristiche dinamiche.

Le misure di temperatura effettuate con le termoresistenze sono di gran lunga più precise e affidabili rispetto a quelle effettuate con altri tipi di sensori quali termo-coppie o termistori. Normalmente i termometri a resistenza vengono identificati con la sigla del materiale utilizzato per la loro costruzione (platino = Pt, Nichel = Ni ecc.) seguito dalla

loro resistenza nominale alla temperatura di 0 °C. Il campo di utilizzo dei termometri a resistenza industriali è compreso tra -200 e +850 °C come riportato nella tabella.



Tra i vari metalli sono stati scelti il Platino ed il Nichel perché garantiscono una caratteristica resistenza-temperatura quasi lineare.

I vantaggi delle Termoresistenze rispetto alle Termocoppie, consistono in:

- Elevato rapporto Resistenza/ °C del segnale d'uscita,
- Scarsa sensibilità ai disturbi esterni,
- Migliore precisione.

La maggior parte delle Termoresistenze è costruita in modo da avere una resistenza di 100 Ohm a 0 °C.

Officine Orobiche può comunque fornire sonde di misura anche con resistenza diversa per applicazioni specifiche con i valori più comunemente utilizzati che sono oltre ai 100 Ohm, i 500 Ohm e i 1000 Ohm.

I campi di impiego delle termoresistenze sono quindi così definite:

Tipo di Termoresistenza	Simbolo	Campo di impiego (°C)
Platino	Pt 100 Ohm	-200 — 850 °C
Nichel	Ni 100 Ohm	-60 — 180 °C

4.2 TOLLERANZE STANDARD

Officine Orobiche, produce in conformità a diverse normative di riferimento, e precisamente:

- UNI 7937
- DIN 43760
- IEC 751

Esistono 5 classi di precisione:

Classe B - Classe A - Classe 1/3B - Classe 1/5B - Classe 1/10B

Le normative prevedono che ad ogni temperatura misurata, si possa calcolare l'errore massimo e minimo che un sensore non deve superare per poter essere considerato in tolleranza. Con le formule seguenti, si ottiene il valore assoluto dell'errore ad ogni temperatura di misura.

Errore classe B	$\pm(0.30+0.005 T)$
Errore classe A	$\pm(0.15+0.002 T)$
Errore classe 1/3B	$\pm(0.10+0.0016 T)$
Errore classe 1/5B	$\pm(0.06+0.0010 T)$
Errore classe 1/10B	$\pm(0.03+0.0005 T)$

|T| è il valore assoluto della temperatura in °Celsius

Esempio: se misuriamo 125 °C con un sensore in classe A, il massimo errore è $\pm (0.15+0.002|125|) = \pm 0.4$ °C

La tabella seguente, riporta i valori di errore in °C ed in Ohm, per alcune temperature per tutte le classi di tolleranza previste.

temp. [°C]	classe B		classe A		classe 1/3B		classe 1/5B		classe 1/10B	
	°C	Ohm	°C	Ohm	°C	Ohm	°C	Ohm	°C	Ohm
-200	1,3	0,56	0,55	0,24	0,42	0,16	0,26	0,10	0,13	0,05
-100	0,8	0,32	0,35	0,14	0,26	0,10	0,16	0,06	0,08	0,03
0	0,3	0,12	0,15	0,06	0,10	0,04	0,06	0,02	0,03	0,01
100	0,8	0,3	0,35	0,13	0,26	0,10	0,16	0,06	0,08	0,03
200	1,3	0,48	0,55	0,20	0,42	0,16	0,26	0,10	0,13	0,05
300	1,8	0,64	0,75	0,27	0,58	0,22	0,36	0,14	0,18	0,07
400	2,3	0,79	0,95	0,33	0,74	0,29	0,46	0,18	0,23	0,09
500	2,8	0,93	1,15	0,38	0,90	0,35	0,56	0,21	0,28	0,11
600	3,3	1,06	1,35	0,43	1,06	0,41	0,66	0,25	0,33	0,13
650	3,6	1,13	1,45	0,46	1,14	0,44	0,71	0,27	0,36	0,14

4.3 TIPOLOGIE DI SENSORI

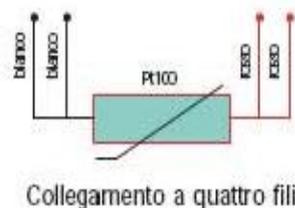
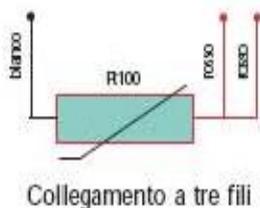
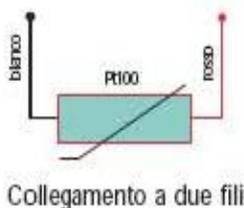
Esistono tre categorie di termometri al platino, in relazione al tipo di tecnica co-struttiva adottata:

- 1. Ceramica (T max. 750 °C)**
 Un filamento di platino è avvolto a spirale, ed è incapsulato in involucro di materiale ceramico. Utilizzata nella costruzione di termometri di elevata precisione, o dove sia necessario utilizzare termoresistenze per misurare alte temperature.
- 2. Vetro (T max. 600 °C)**
 Un filamento di platino, è avvolto su un supporto in vetro, e successivamente incapsulato da una guaina protettiva esterna realizzata anch'essa in vetro. Utilizzata in applicazioni dove, precisione e riproducibilità sono indispensabili (termometri campione).
- 3. Film sottile (T max. 450 °C)**
 Su di un supporto in ceramica, viene depositato per diffusione un microfilm di platino, successivamente utilizzando una tecnologia laser viene creato un circuito elettrico con le adeguate caratteristiche di resistenza elettrica.



4.4 COLLEGAMENTI E METODI DI MISURA

Esistono diversi metodi di collegamento dei termometri a resistenza con gli apparecchi di misura, la scelta di un metodo rispetto ad un altro dipende essenzialmente dalla precisione nella misura che si vuole ottenere.



EFFETTO DEI CONDUTTORI SULLA PRECISIONE DELLA TERMORESISTENZA.

Poiché la termoresistenza è un tipo di sensore a resistenza, nel collegamento bifilare, la resistenza presente nei cavi di estensione tra la termoresistenza e lo strumento di controllo si somma alla lettura.

Inoltre, questa resistenza che si somma non è costante, poiché il materiale del conduttore cambia resistenza con il cambiare della temperatura ambiente.

Fortunatamente, l'errore può essere quasi cancellato usando un sistema a 3 fili e 4 fili.

Queste soluzioni permettono di quantificare la resistenza imputabile ai singoli cavi di estensione ottenendo una corretta misura del valore di temperatura.

- **TECNICA A 2 FILI**

Risulta la soluzione meno precisa poiché, l'errore introdotto dalla lunghezza dei cavi di collegamento (resistenza di linea) non può essere compensata in alcuna maniera dal sistema di misura. In ambito industriale, il suo utilizzo si limita ad applicazioni dove la precisione richiesta è molto bassa, ed è buona norma non prendere in considerazione questa tecnica neanche per applicazioni anche generiche.

- **TECNICA A 3 FILI**

Gran parte delle applicazioni industriali utilizza la tecnica a tre fili, poiché risulta il miglior compromesso fra costo e prestazioni. In termini pratici il collegamento a tre fili, permette di eliminare l'errore della resistenza di linea, poiché la misura della caduta di tensione dalla quale si risale al valore di resistenza viene eseguita in maniera indipendente.

- **TECNICA A 4 FILI**

È la modalità di collegamento che in assoluto fornisce la migliore precisione di lettura, è essenzialmente utilizzata per misurazioni in laboratorio o di grande affidabilità (termometri campione primari o secondari).

4.4 TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

Così come per i sensori a termocoppia, esistono due possibili metodi di costruzione:

1. **Con isolamento minerale**

Si utilizzano cavi isolati in ossido di Magnesio, che sono costituiti da una guaina metallica esterna all'interno della quale si trovano i conduttori, isolati fra loro e rispetto alla guaina esterna con della polvere compressa di MgO. Con questo sistema si ottengono dei sensori finiti con caratteristiche di robustezza a urti e vibrazioni di gran lunga più performanti rispetto a quelli costruiti con metodo classico. Inoltre possono essere piegati, adattandosi così ad alloggiamenti con percorsi tortuosi. Velocità di risposta, miniaturizzabilità e durata nel tempo sono altre caratteristiche peculiari dei sensori ad isolamento minerale.



2. **Con fili calibrati ed isolatori**

I fili, sono isolati da una guaina esterna rigida per mezzo di isolatori ceramici. La guaina esterna deve provvedere ad un'adeguata protezione dei conduttori, da gas o agenti corrosivi che possono trovarsi all'interno dell'ambiente di misura. E' altrettanto importante selezionare a seconda della gravosità dell'impiego, conduttori di adeguato diametro d il tipo, mentre è possibile utilizzare isolatori in ceramica o in fibra di vetro, a seconda della temperatura massima da raggiungere in esercizio.

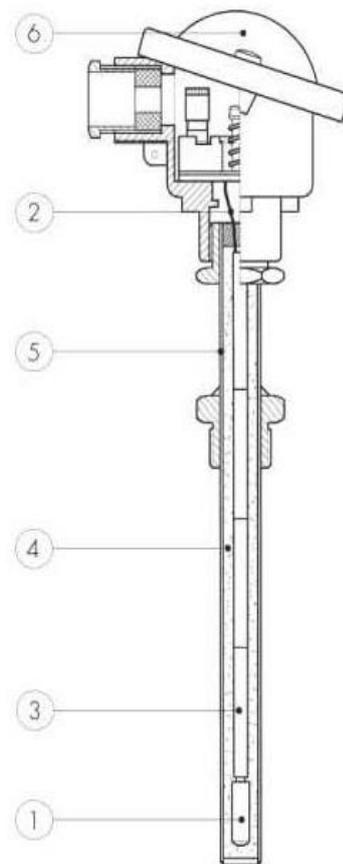

Termoresistenze ad isolamento tradizionale

Le termoresistenze con isolamento tradizionale sono costituite da:

1. **Elemento sensibile**

L'elemento sensibile è la parte più importante di tutto l'insieme, un elemento sensibile di scarsa qualità pregiudica il corretto funzionamento dell'intero sensore. Questo, una volta connesso con i fili di collegamento, viene posto all'interno della guaina di protezione. Sono disponibili elementi sensibili di diversa precisione e con doppio avvolgimento.

2. **Fili di collegamento**
Il collegamento dell'elemento sensibile può essere effettuato a 2,3 o 4 fili, il materiale degli stessi dipende dalle condizioni di impiego della sonda.
3. **Isolatori ceramici**
Gli isolatori ceramici servono a prevenire corti circuiti e isolano i fili di collegamento dalla guaina di protezione.
4. **Riempitivo**
Il riempitivo è composto da polvere di allumina finissima, essiccata e vibrata, la quale va a riempire qualunque interstizio proteggendo quindi il sensore dalle vibrazioni.
5. **Guaina di protezione**
La guaina di protezione serve per proteggere l'elemento sensibile e fili di collegamento. Essendo a diretto contatto con il processo è importante che questa sia costituita dal giusto materiale e abbia le giuste dimensioni. In condizioni particolari è bene ricoprire la stessa con un'ulteriore protezione (pozzetto termometrico).
6. **Testa di connessione**
La testa di connessione contiene una morsettiera di materiale isolante (normalmente ceramica) che permette il collegamento elettrico della termoresistenza; in funzione delle condizioni di impiego possono essere usate custodie antideflagranti. Al posto della morsettiera è possibile installare un convertitore con uscita 4-20 mA.

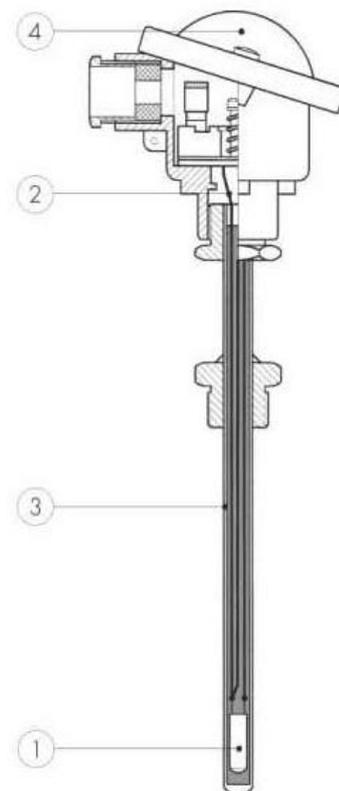


Termoresistenze ad isolamento minerale MgO

Questa particolare tipologia costruttiva permette di realizzare termoresistenze di elevate prestazioni e con caratteristiche meccaniche eccellenti. Caratteristiche principali che differenziano questo tipo di costruzione, oltre a quelle già descritte, da quello tradizionale sono: la possibilità di piegare la guaina con raggi di curvatura molto ridotti, la possibilità di saldare la guaina al momento dell'installazione e la possibilità di realizzare sonde molto lunghe.

Le termoresistenze con isolamento minerale MgO sono costituite da:

1. **Elemento sensibile**
Con l'utilizzo di particolari tecniche, l'elemento sensibile viene collegato ai conduttori del cavo isolato in ossido minerale. In funzione delle diverse esigenze è possibile l'utilizzo di elementi sensibili doppi e/o con diverse precisioni.
2. **Fili di collegamento**
Il collegamento dell'elemento sensibile può essere effettuato a 2,3 o 4 fili.
3. **Guaina con isolamento minerale**
Questa è composta da una guaina metallica esterna con all'interno i conduttori isolati tra loro e dalla guaina per mezzo di ossidi metallici purissimi e altamente compressi; l'isolamento standard è l'ossido di magnesio (MgO).
4. **Testa di connessione**
La testa di connessione contiene una morsettiera in materiale isolante (normalmente ceramica) che permette il collegamento elettrico della termoresistenza; in funzione delle condizioni di impiego possono essere utilizzate custodie antideflagranti. Al posto della morsettiera è possibile installare un convertitore con uscita 4-20 mA.



4.5 CAUSE DI ERRORE NELLE MISURE

La misura della temperatura con le termoresistenze è abbastanza semplice da eseguire rispetto a quella fatta con altri tipi di sensori. Tuttavia è opportuno fare attenzione ad alcuni accorgimenti in modo da ovviare ad eventuali errori nella misura. Le principali cause di errore che s'introducono nella misura della temperatura con le termoresistenze sono tre:

1. **ERRORE DOVUTO ALL'AUTO-RISCALDAMENTO DELL'ELEMENTO SENSIBILE**

L'auto-riscaldamento dell'elemento sensibile si ha, in fase di misura, quando questo viene attraversato da una corrente troppo elevata che, per l'effetto Joule, ne fa aumentare la temperatura. Questo innalzamento della temperatura è dipendente sia dal tipo di elemento sensibile utilizzato che dalle condizioni di misura; infatti la stessa termoresistenza, a parità di temperatura, si auto riscalderà meno se viene posta in acqua piuttosto che in aria; questo è dovuto al fatto che l'acqua ha un coefficiente di dissipazione più elevato rispetto all'aria. Normalmente tutti gli apparecchi di misura che utilizzano come sensore delle termoresistenze hanno una corrente di misura molto bassa tuttavia è buona norma non superare mai la corrente di misura di 1 mA (IEC 751).

2. **ERRORE DOVUTO ALLO SCARSO ISOLAMENTO ELETTRICO DELL'ELEMENTO SENSIBILE**

Per una buona misura con le termoresistenze è molto importante che l'isolamento elettrico tra i conduttori e la guaina esterna sia adeguatamente elevato soprattutto alle alte temperature. La resistenza di isolamento può essere vista come una resistenza elettrica posta in parallelo a quelle dell'elemento sensibile, risulta quindi evidente come, a temperatura costante, nel caso in cui l'isolamento elettrico diminuisca, anche la tensione rilevata ai capi dell'elemento sensibile diminuirà introducendo quindi un errore nella misura. L'abbassamento della resistenza di isolamento può verificarsi per l'utilizzo della sonda con temperature troppo elevate, in presenza di forti vibrazioni o per l'influenza di agenti fisici o chimici.

3. **ERRORE DOVUTO ALLA INSUFFICIENTE PROFONDITÀ DI IMMERSIONE DELL'ELEMENTO SENSIBILE**

Particolarmente importante per una buona misura è anche la profondità di immersione dell'elemento sensibile; questa, a differenza che per le termocoppie la cui misura può considerarsi puntiforme, se non è adeguata, può arrecare errori nella misura anche nell'ordine parecchi gradi °C. Questo è dovuto al fatto che la guaina, solitamente metallica, con cui viene protetto l'elemento sensibile dissipa calore in maniera proporzionale alla differenza di temperatura presente tra la zona calda e quella fredda; si è quindi in presenza di un gradiente termico su parte della lunghezza della guaina. La profondità di immersione dovrà quindi essere sufficiente per fare in modo che l'elemento sensibile posto all'interno della guaina, non sia sottoposto a questo gradiente termico. Tale profondità minima dipenderà sia dalle condizioni fisiche di misura che dalle dimensioni della termoresistenza (lunghezza dell'elemento ecc.).

5. SICUREZZA

5.1 DESTINAZIONE D'USO

Le sonde di temperatura qui descritte sono adatte per misura della temperatura in applicazioni industriali. A seconda dell'esecuzione, queste sonde di temperatura possono essere montate direttamente nel processo o nel pozzetto termometrico. Le esecuzioni dei pozzetti possono essere scelte a piacere, tuttavia vanno tenuti in considerazione i dati di processo operativi (temperatura, pressione, densità e portata).

Non sono consentite né riparazioni né alterazioni in quanto ciò annullerebbe la validità della garanzia e della rispettiva certificazione. Il costruttore non è responsabile per le modifiche costruttive dopo la fornitura degli strumenti.

Lo strumento è stato progettato e costruito esclusivamente per la sua destinazione d'uso e può essere impiegato solo per questa. Le specifiche tecniche riportate in questo manuale d'uso devono essere rispettate. Il costruttore non è responsabile per reclami di qualsiasi natura in caso di utilizzo dello strumento al di fuori della sua destinazione d'uso.

5.2 RESPONSABILITÀ DELL'OPERATORE

L'operatore è responsabile della selezione della sonda o del pozzetto e della selezione dei rispettivi materiali, al fine di garantire che il loro funzionamento nell'impianto o nella macchina avvenga in maniera sicura. Nel preparare un preventivo, Officine Orobiche può solo dare suggerimenti che sono basati sulla propria esperienza in applicazioni simili.



Le istruzioni di sicurezza all'interno di questo manuale d'uso, così come la sicurezza, la prevenzione degli incidenti e le normative di tutela ambientale per l'area di applicazione devono essere rispettati. L'operatore è obbligato a mantenere sempre perfettamente leggibile l'etichetta dello strumento.

5.3 QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE

PERSONALE QUALIFICATO PER LA PARTE ELETTRONICA

Per personale qualificato per le parti elettriche s'intende personale che, sulla base dei corsi di formazione tecnica, delle proprie conoscenze tecniche di strumentazione e controllo e delle normative nazionali e sulla base della propria esperienza, è in grado di portare a termine il lavoro sulle parti elettriche e riconoscere autonomamente potenziali pericoli. Il personale qualificato per la parte elettrica deve essere formato in modo specifico per l'ambiente di lavoro e conoscere i relativi regolamenti e standard nazionali. Il personale qualificato per la parte elettrica deve rispondere ai regolamenti nazionali in termini di prevenzione degli incidenti sul lavoro.

PERSONALE OPERATIVO

Per personale formato dall'operatore, s'intende personale che, sulla base della propria istruzione, conoscenza ed esperienza, sia in grado di svolgere il lavoro descritto e riconoscere autonomamente potenziali pericoli. Eventuali condizioni operative speciali richiedono inoltre conoscenze specifiche, es. fluidi aggressivi.

6. TRASPORTO, IMBALLO E STOCCAGGIO

6.1 TRASPORTO

Verificare che lo strumento non abbia subito danni nel trasporto. Danni evidenti devono essere segnalati tempestivamente.

DANNI DOVUTI AI TRASPORTI IMPROPRI

Con un trasporto non corretto, lo strumento può subire danni gravi.

Quando le merci imballate si scaricano al momento della consegna, così come durante il trasporto interno, procedere con cautela e osservare i simboli riportati sull'imballo.

Se lo strumento viene spostato da un ambiente freddo a uno caldo, la formazione di condensa può portare a un malfunzionamento dello strumento. Prima di mettere in funzione lo strumento, attendere che la temperatura dello strumento e quella dell'ambiente si equalizzino.

6.1 IMBALLAGGIO E STOCCAGGIO

Rimuovere l'imballo solo appena prima dell'installazione.

CONDIZIONI CONSENTITE PER LO STOCCAGGIO

Temperatura di stoccaggio:

- Sonde senza trasmettitore incorporato: -40 ... +80 °C
- Sonde con trasmettitore incorporato: vedere il manuale d'uso del relativo trasmettitore

EVITARE L'ESPOSIZIONE AI SEGUENTI FATTORI

- Esposizione diretta al sole o prossimità con oggetti molto caldi
- Vibrazioni e shock meccanici (posare lo strumento in modo energico)
- Fuliggine, vapori, polvere e gas corrosivi
- Ambienti pericolosi, atmosfere infiammabili

Conservare lo strumento nel suo imballo originale in un luogo rispondente alle condizioni riportate sopra. Se l'imballo originale non è disponibile, imballare e conservare lo strumento come indicato di seguito:

- Riporre lo strumento nella scatola con materiale assorbente gli urti.
- Se la conservazione deve essere effettuata per un lungo periodo (più di 30 giorni), includere una bustina di gel anti-umidità all'interno dell'imballo.

7. MESSA IN SERVIZIO

7.1 MONTAGGIO MECCANICO

ASSEMBLAGGI MULTIPPOINT

Sono normalmente fornite di una custodia nella quale sono montati i trasmettitori o le morsettiere. I display digitali/trasmettitori sono fissati meccanicamente (es. sistema di guide nella custodia o supporto nella testa di connessione).

SONDA A CAVO

Queste non sono generalmente dotate di custodia. Tuttavia, possono essere connesse in una custodia supplementare in cui sono montati i trasmettitori o le morsettiere.

FILETTATURE CILINDRICHE

Se la testa di connessione, il tubo di estensione, il pozzetto termometrico o l'attacco al processo sono connessi con filettature cilindriche (es. G ½, M20 x 1,5 etc.), esse vanno fissate usando guarnizioni che evitino ai liquidi di penetrare nelle sonde.

FILETTATURE CONICHE

Con NPT o altre filettature coniche, bisogna controllare se è necessario saldarle ulteriormente con nastro PTFE o canapa. Le filettature vanno lubrificate con un lubrificante idoneo prima del montaggio.

MONTAGGIO ELETTRICO

Utilizzo di un trasmettitore/display digitale (opzione): osservare i contenuti dei manuali d'uso per il trasmettitore/display digitale (vedere lo scopo di fornitura).

PRESSACAVI

Requisiti per raggiungere la classe di protezione:

- Usare solo pressacavi all'interno della coppia di serraggio indicata (diametro del cavo adatto al pressacavo).
- Non usare l'area di serraggio inferiore con tipi di cavo molto morbidi.
- Usare solo cavi a sezione circolare (se necessario, a sezione leggermente ovale).
- Non torcere il cavo.
- È possibile l'apertura/chiusura ripetuta; tuttavia, solo se necessario in quanto potrebbe avere un effetto dannoso sulla classe di protezione
- Per i cavi con un comportamento "cold-flow" pronunciato, il collegamento a vite deve essere completamente serrato.

8. MANUTENZIONE E PULIZIA

8.1 MANUTENZIONE

Le sonde di temperatura qui descritte sono esenti da manutenzione.

Le riparazioni devono essere effettuate solo dal costruttore.

8.2 PULIZIA

LESIONI FISICHE E DANNI ALLE COSE E ALL'AMBIENTE

Una pulizia non corretta può provocare lesioni fisiche e danni alle cose e all'ambiente. I residui dei fluidi di processo negli strumenti smontati possono causare rischi alle persone, all'ambiente ed alla strumentazione.

Effettuare la pulizia come descritto di seguito:

1. Prima della pulizia, scollegare adeguatamente lo strumento.
2. Usare l'equipaggiamento protettivo richiesto (a seconda dell'applicazione: il termometro stesso è di base non pericoloso).
3. Pulire lo strumento con un panno umido. Ciò si applica in particolare alle sonde con una custodia in plastica e sonde a cavo con cavo di connessione isolato in plastica, per assicurare l'assenza di qualsiasi rischio di cariche elettrostatiche. Le connessioni elettriche non devono entrare in contatto con l'umidità!



DANNI ALLO STRUMENTO

Una pulizia non corretta può causare danni allo strumento!

- Non usare detergenti aggressivi.
- Per la pulizia non utilizzare oggetti appuntiti o duri.

Lavare o pulire lo strumento smontato, allo scopo di proteggere le persone e l'ambiente dall'esposizione con i fluidi residui.

TARATURA E RITARATURA

Si consiglia di ritarare l'inserto di misura a intervalli regolari (termoresistenze: ca. 24 mesi, termocoppie: ca. 12 mesi). Tale periodo può ridursi, a seconda dell'applicazione. La taratura può essere svolta dal costruttore oppure sul posto da personale tecnico qualificato dotato di strumenti di calibrazione.

9. SMONTAGGIO

9.1 LESIONI FISICHE E DANNI ALLE COSE E ALL'AMBIENTE A CAUSA DI FLUIDI RESIDUI

A contatto con fluidi pericolosi (ad esempio ossigeno, acetilene, sostanze infiammabili o tossiche), con fluidi nocivi (ad esempio corrosivi, tossici, cancerogeni, radioattivi), e anche con impianti di refrigerazione e compressori, vi è il rischio di lesioni fisiche e danni alle cose e dell'ambiente.

- Prima dello stoccaggio, lavare o pulire lo strumento smontato (dopo l'uso), allo scopo di proteggere le persone e l'ambiente dall'esposizione con i fluidi residui.
- Usare l'equipaggiamento protettivo richiesto (a seconda dell'applicazione: il termometro stesso è di base non pericoloso).
- Osservare le informazioni contenute nella scheda di sicurezza per il corrispondente fluido.

Scollegare la sonda solo dopo aver tolto la pressione al sistema.

9.2 RISCHIO DI USTIONI

Durante lo smontaggio c'è il rischio di fuoriuscita di fluidi pericolosamente caldi.

Lasciare raffreddare sufficientemente lo strumento prima di smontarlo!