

Manuale di istruzioni del sensore di flusso termico HFS

Introduzione

I sensori di flusso termico possono essere utilizzati per misurare e quantificare l'energia termica per unità di superficie che si muove sulla superficie di un sistema e possono misurare il trasferimento di calore in sistemi HVAC, analisi dell'isolamento, sistemi di refrigerazione e altre innumerevoli applicazioni termiche.

Descrizione del sensore di flusso termico

I sensori di flusso termico HFS-5, HFS-6 e UHFS-09 utilizzano un design a termopila per temperatura differenziale per misurare il movimento dell'energia termica per unità di superficie, o flusso termico, attraverso la superficie del sensore. Ciascun sensore HFS include una termocoppia di tipo T integrata che può essere utilizzata per le misurazioni della temperatura del sensore. La sensibilità di ciascun sensore viene indicata per ciascuna unità registrata sul rispettivo certificato di calibrazione. Le procedure di calibrazione dei sensori sono conformi allo standard ASTM C1130 e sono descritte più avanti in questo manuale.

Contenuto del manuale di istruzioni

		Utilizzo di un sensore di flusso termico	
1	Breve panoramica sull'utilizzo del sensore di flusso termico		3
	Misurazioni del segnale del sensore		3
	Misurazione della tensione del flusso termico		3
	Misurazione della tensione della termocoppia		4
	Controllo del funzionamento del sensore HFS e risoluzione dei problemi		4
	Montaggio/Installazione del sensore		6
	Rimozione del sensore dalle superfici di misurazione		6

2	Conversione delle misurazioni in flusso termico e temperatura	
	Misurazione della temperatura della termocoppia di tipo T	6
	Dipendenza dalla temperatura del sensore di flusso termico HFS	6
	Calcolo del flusso termico	7
	Determinazione della sensibilità del sensore di flusso termico	8

3	Conformità alle direttive	
	Conformità RoHS	9
	Conformità REACH	10
	Conformità CE	11

Elenco dei simboli utilizzati nel presente manuale

Termine rappresentato dal simbolo	Simbolo	Unità inglesi	Unità metriche/SI
Flusso termico	q''	BTU/(ft ² -h)	W/m ²
Resistenza elettrica	Ω	ohm o Kohm	
Uscita di tensione	ΔV	V o mV o μV	
Sensibilità del sensore di flusso termico	S	$\mu V / \text{BTU}/(\text{ft}^2\text{-h})$	$\mu V/(W/m^2)$
Temperatura	T	°F	°C
Differenza di temperatura	ΔT	°F	°C
Sensibilità del sensore di flusso termico a una temperatura	$S_{aT^{\circ C}}$	$\mu V / \text{BTU}/(\text{ft}^2\text{-h})$	$\mu V/(W/m^2)$
Fattore moltiplicazione sensibilità	F.M.	Nessuna unità	
Gradiente di temperatura	dT/dx	°F/ft	°C/m
Spessore del materiale	δ	ft	m
Conducibilità termica	λ o k	BTU/(ft ² -h)/°F	W/(m-K)
Resistenza termica	R''	°F/BTU/(ft ² -h)	(m ² -K)/W

Fattori di conversione delle unità

Termine	Metodo di conversione
Flusso termico	1 W/m ² = 0,317 BTU/ft ² -h
Sensibilità del sensore	1 μV/(W/m ²) = 3,155 μV/(BTU/(ft ² -h))
	1 μV/(W/m ²) = 10 mV/(W/cm ²)

Sezione 1 - Utilizzo di un sensore di flusso termico

Di seguito sono riportati i dettagli su come utilizzare un sensore di flusso termico per effettuare misurazioni termiche. Queste istruzioni sono per uso generale e possono essere modificate in base alle condizioni di test per raccogliere le misurazioni più precise per l'applicazione.

Breve panoramica sull'utilizzo del sensore di flusso termico

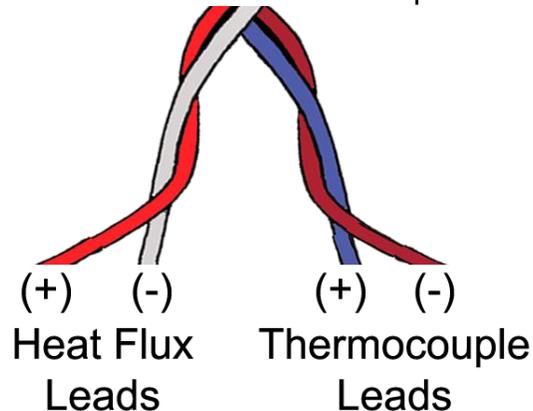
1. Assicurarsi che il sensore funzioni correttamente effettuando semplici test di funzionalità.
2. Montare il sensore sulla superficie di misurazione.
3. Collegare i fili del sensore di flusso termico e i fili della termocoppia integrata a un voltmetro di precisione o a un dispositivo di acquisizione dati di precisione.
4. Rilevare le misurazioni leggendo i segnali analogici di tensione CC provenienti dai fili conduttori.
5. Regolare la sensibilità del sensore di flusso termico in base alla temperatura del sensore e alla funzione di dipendenza dalla temperatura (non necessario per i sensori UHFS-09). La sensibilità del sensore viene indicata per ciascuna unità sul rispettivo certificato di calibrazione, insieme alla funzione di dipendenza dalla temperatura.
6. Calcolare il flusso termico utilizzando la sensibilità regolata.

$$q'' = \frac{\Delta V_{q''}}{S_{@T_{\circ C}}}$$

7. Rimuovere il sensore dalla superficie di misurazione, se necessario, facendo attenzione a non danneggiarlo

Misurazione del segnale del sensore

Il segnale di uscita del sensore HFS è una tensione CC linearmente proporzionale al flusso termico assorbito dal sensore. Analogamente, la termocoppia di tipo T utilizzata per le misurazioni della temperatura superficiale del sensore HFS emette una tensione CC proporzionale alla differenza di temperatura tra la superficie del sensore e il punto di misurazione della tensione. I segnali di tensione CC di uscita possono essere misurati con qualsiasi voltmetro di precisione o sistema di acquisizione dati di tensione di terze parti con una risoluzione di microvolt (μV). Il design della struttura del sensore HFS consente di misurare flusso termico e differenza di temperatura utilizzando quattro fili.



Misurazione della tensione del flusso termico

Per misurare la tensione di uscita del sensore causata dall'assorbimento del flusso termico da parte del sensore, ΔV_{qt} , collegare il terminale positivo (+) del dispositivo di misurazione della tensione al filo rosso intenso e il terminale negativo (-) al filo bianco. La polarità di questi fili non è importante poiché il flusso termico sarà positivo o negativo a seconda dell'orientamento del sensore.

Misurazione della tensione della termocoppia

In ogni sensore HFS è integrata una termocoppia per fornire una misurazione della temperatura superficiale del sensore. La misurazione della tensione di uscita dalla termocoppia fornisce un'indicazione della differenza di temperatura tra il punto di misurazione della temperatura sulla superficie superiore del sensore e il punto di misurazione della tensione. Per determinare la temperatura assoluta del sensore, è necessaria un'ulteriore misurazione della temperatura nel punto di misurazione della tensione. Questa temperatura di riferimento è nota come compensazione di giunzione fredda ed è comunemente integrata nei sistemi di acquisizione dati.

Collegare il filo rosso scuro in costantana a un terminale negativo (-) del dispositivo di misurazione della tensione. Il filo positivo (+) del dispositivo di misurazione della tensione deve essere collegato al filo conduttore in rame blu.

Controllo del funzionamento del sensore HFS e risoluzione dei problemi

È possibile eseguire alcuni semplici test diversi per garantire il corretto funzionamento del sensore HFS. È buona norma eseguire queste operazioni prima e dopo il montaggio del sensore, in modo che non vengano accidentalmente effettuate misurazioni imprecise utilizzando un sensore difettoso che potrebbe aver subito danni durante la manipolazione.

1. Controllare la resistenza elettrica del sensore di flusso termico:

Collegare un ohmmetro al filo rosso intenso e ai fili conduttori bianchi per controllare la resistenza elettrica del sensore del flusso termico. Deve essere $<1000 \Omega$ per i sensori HFS-5 o $<5 \text{ k}\Omega$ per i sensori HFS-6 e UHFS-09. Se la resistenza è molto superiore a tali valori, il sensore potrebbe essere difettoso. La resistenza può essere leggermente superiore per sensori con filo conduttore di lunghezza superiore a 10 ft/3 m. Una resistenza elettrica infinita (discontinuità) indica che il sensore di flusso termico è guasto.

2. Controllare la resistenza elettrica della termocoppia:

Collegare un ohmmetro per resistenza elettrica al filo rosso scuro in costantina e al filo di rame blu. La resistenza elettrica deve essere di circa 50Ω per fili di lunghezza standard di 3 metri/10 piedi. La resistenza sarà maggiore per fili di lunghezze superiori. La resistenza tipica del filo è di 5Ω per piede o di 16Ω per metro. La resistenza elettrica infinita (discontinuità) indica che la termocoppia è guasta.

3. Controllare la tensione di uscita con flusso termico pari a zero attraverso il sensore:

Se possibile, con un dispositivo di misurazione della tensione collegato attraverso i fili conduttori del flusso termico, misurare la tensione del flusso termico di uscita mentre il sensore rileva un flusso termico assorbito pari a zero attraverso il sensore. Uno scenario semplice consiste nel lasciare il sensore smontato, come se fosse stato lasciato non fissato su un tavolo. La lettura analogica della tensione CC per la tensione di uscita del flusso termico deve essere di circa $0,0 \mu\text{V}$ ($\pm 5 \mu\text{V}$ possono contribuire al rumore elettrico).

4. Controllare la tensione di uscita per un flusso termico indotto attraverso il sensore:

un metodo semplice per determinare se il sensore HFS funziona in modo corretto è indurre fisicamente un flusso termico. Posizionare il sensore HFS su una superficie metallica e posizionare saldamente il palmo della mano sull'intera superficie del sensore. Il valore della tensione di uscita CC di picco risultante deve essere di circa $1,0 \text{ mV}$ per un sensore HFS (il valore potrebbe variare di oltre il 20% rispetto a questo valore a seconda della situazione). È inoltre possibile capovolgere il sensore e misurare un segnale di tensione CC di uscita simile con segno opposto (positivo (+) rispetto a negativo (-)).

5. Controllare la tensione di uscita della termocoppia:

Se il sensore e il punto di misurazione della tensione si trovano alla stessa temperatura, la tensione di uscita dalla termocoppia deve essere pari a circa zero microvolt (spesso non si ottiene facilmente questo scenario di test). Questo test raramente è necessario, poiché la resistenza elettrica della termocoppia deve essere sufficiente per un test.

6. Assicurarsi che il numero di serie del sensore corrisponda al certificato di calibrazione. Verificare che il numero di serie del sensore di flusso termico corrisponda a quello indicato sul certificato di calibrazione. Ciò garantisce l'uso della sensibilità corretta per il sensore a disposizione. Il numero di serie del sensore deve essere posizionato su un'etichetta sui fili conduttori.

Montaggio/Installazione del sensore

Il modo in cui viene montato il sensore di flusso termico dipende dall'applicazione per cui viene utilizzato. I migliori risultati si ottengono montando il sensore su superfici lisce e pulite. L'obiettivo generale del montaggio del sensore HFS è far aderire saldamente il sensore e avere un contatto completo e il più uniforme possibile con la superficie di misurazione. In questo modo si riduce la resistenza termica di contatto tra la superficie di misurazione e il sensore, per una maggiore precisione delle misurazioni. Si consiglia di utilizzare una delle seguenti tecniche di montaggio, che può però essere regolata in base alla configurazione del test.

Metodo di montaggio n. 1: nastro biadesivo

Il nastro biadesivo disponibile in commercio è ideale per il montaggio temporaneo su superfici dure. Quando si utilizza il nastro biadesivo, assicurarsi che la superficie di misurazione sia pulita, coprire l'area di montaggio desiderata con nastro biadesivo, quindi premere saldamente e uniformemente il sensore sul nastro. Se si utilizzano più pezzi di nastro biadesivo, evitare di sovrapporre il nastro.

Metodo di montaggio n. 2: colla termoconduttiva

La colla termoconduttiva può essere utilizzata per il montaggio permanente del sensore HFS. Prima del montaggio, pulire la superficie di misurazione e la superficie del sensore. Stendere un sottile strato uniforme di colla termoconduttiva sulla superficie del sensore. Applicare una pressione costante e uniforme sul sensore fino a quando la colla non si asciuga. La rimozione del sensore dalla superficie dopo l'incollaggio potrebbe danneggiare il sensore.

Metodo di montaggio n. 3: pasta termoconduttiva

La pasta termoconduttiva è appropriata solo se il sensore viene tenuto in posizione con una pressione costante e uniforme mentre il sensore esegue le misurazioni, ad esempio quando il sensore viene utilizzato per misurazioni del trasferimento termico conduttivo mentre è posizionato tra due superfici che lo comprimono e lo trattengono in posizione. La pasta termoconduttiva può essere posizionata tra il sensore e ciascuna delle superfici per ridurre al minimo la resistenza termica del contatto. Un prodotto consigliato è la pasta conduttiva OmegaTherm 201 disponibile presso Omega. In alternativa, in assenza di altri materiali disponibili, è stato utilizzato il dentifricio, che si è dimostrato idoneo.

Un altro metodo consiste nell'applicare un sottile strato di pasta termoconduttiva tra il sensore e la superficie di misurazione. Quindi, utilizzare del nastro adesivo sull'intero sensore per tenerlo premuto sulla superficie.

Rimozione del sensore dalle superfici di misurazione

La rimozione del sensore HFS dalla superficie di misurazione è consigliata solo se per il montaggio è stato utilizzato un adesivo temporaneo, come la pasta conduttiva o il nastro biadesivo. I metodi di adesione con maggiore resistenza possono compromettere l'integrità del sensore, se rimosso.

IMPORTANTE: quando si rimuove il sensore, rimuovere con cautela il lato con i fili con una mano e staccare il lato opposto con l'altra mano per evitare il più possibile che si pieghi. Una leggera piegatura del sensore non influisce sulle sue prestazioni, ma è necessario evitare di piegarlo bruscamente strappandolo via

Sezione 2 - Conversione delle misurazioni in flusso termico e temperatura

Misurazione della temperatura della termocoppia di tipo T

Le misurazioni della temperatura della termocoppia possono essere registrate con un misuratore per termocoppie in grado di leggere termocoppie di tipo T, con compensazione di giunzione fredda. (Misuratore consigliato: Omega DP41-TC)

Dipendenza dalla temperatura del sensore di flusso termico HFS

I segnali in uscita dai sensori di flusso termico HFS-5 e HFS-6 dipendono in parte dalla temperatura del sensore stesso. Questa dipendenza significa che la sensibilità del sensore varia leggermente a temperature diverse. **I sensori UHFS-09 non subiscono questa dipendenza, quindi ignorare questa sezione se si utilizza questo modello di sensore.**

Ciascun sensore è calibrato a una temperatura di base di 25 °C o 77 °F. La sensibilità a questa temperatura viene registrata sul foglio di calibrazione fornito con ogni singolo sensore di flusso termico. Un esempio di sensibilità di calibrazione, S_{Calib} è mostrato di seguito cerchiato in rosso.

Se si utilizza il sensore di flusso termico a una temperatura diversa da 25 °C o 77 °F, si consiglia di regolare la sensibilità per compensare la dipendenza dalla temperatura attenendosi alla seguente procedura.

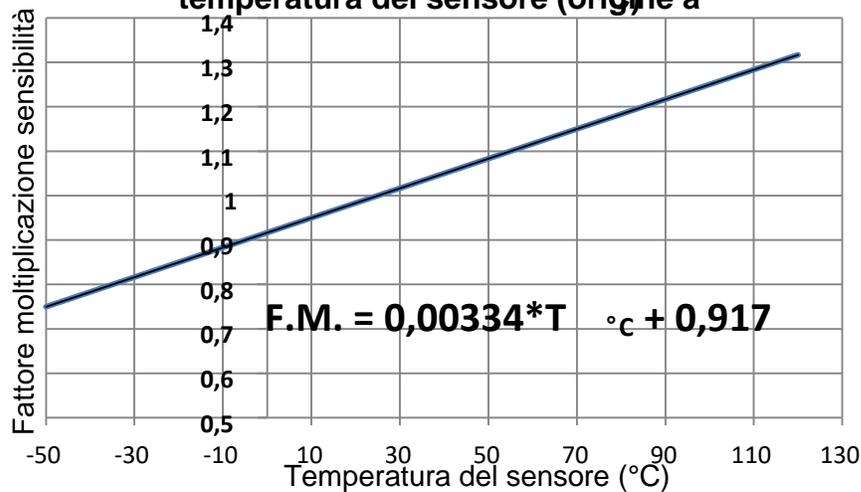
Calibration Test Results

Heat Flux Sensor Sensitivity, S_{Calib}	1.00 ± 0.03 $\mu V/(W/m^2)$
Sensor Temperature at Time of Calibration, T_{Calib}	25.0 °C
Heat Flux at Time of Calibration	3000 W/m^2

A ogni misurazione nel tempo, effettuare la misurazione della temperatura del sensore, T_c , insieme alla sensibilità calibrata, S_{Calib} , per determinare la sensibilità del flusso termico a quella temperatura specifica, $S_{a T_c}$.

$$S_{a^{\circ}\text{C}} = \dots * [0,00334 * T_{\circ\text{C}} + 0,917] *$$

Fattore di moltiplicazione della sensibilità rispetto alla temperatura del sensore (origine)



Calcolo del flusso termico

Utilizzando le misurazioni della tensione CC rilevate dai fili conduttori per flusso termico (bianco e rosso intenso), è possibile calcolare i valori del flusso termico utilizzando la sensibilità regolata per quello specifico sensore e la seguente equazione.

$$q'' = \frac{\Delta V_{q''}}{S_{@T_{\circ\text{C}}}}$$

dove q'' è il flusso termico assorbito attraverso il sensore, $\Delta V_{q''}$ è la tensione del flusso termico di uscita del sensore HFS e $S_{@T_{\circ\text{C}}}$ è la sensibilità del sensore che è stata regolata in base alla temperatura del sensore in quel momento specifico.

Ad esempio: un valore di tensione di 1,80 mV viene misurato attraverso i conduttori del flusso termico e la sensibilità calibrata del sensore è specificata pari a 0,90 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$ e la temperatura del sensore è misurata pari a 30 °C dai fili della termocoppia in quel punto nel tempo. Il calcolo per il flusso termico è il seguente.

1. Innanzitutto, regolare la sensibilità in base alla temperatura misurata del sensore dalla termocoppia di tipo T integrata del sensore. (Ignorare questo passaggio se si utilizza il sensore UHFS-09.)

$$S_{@T_{\circ\text{C}}} = [0,00334 * T_{\circ\text{C}} + 0,917] * S_{\text{calib}}$$

$$S_{@T_{\circ\text{C}}} = [0,00334 * (30^{\circ}\text{C}) + 0,917] * 0,90 \left(\frac{\mu\text{V}}{(\text{W}/\text{m}^2)} \right)$$

$$S_{@T_{\circ\text{C}}} = 0,915 \left(\frac{\mu\text{V}}{(\text{W}/\text{m}^2)} \right)$$

2. Quindi, calcolare il flusso termico utilizzando la sensibilità regolata e la misurazione della tensione sui fili conduttori del flusso termico.

$$q'' = \frac{\Delta V_{q''}}{S_{@T_{°C}}} = \frac{1800 \mu V}{0.915 \mu V/(W/m^2)} = 1967 W/m^2$$

Tenere presente che il sensore HFS può misurare tensioni positive e negative. Un valore di tensione negativo rispetto a una tensione positiva significa semplicemente che il flusso termico si muove nella direzione opposta.

Determinazione della sensibilità del sensore di flusso termico

La sensibilità del sensore è la tensione di uscita indotta dal sensore, divisa per il flusso termico condotto attraverso il sensore.

$$Sensitivity = S = \frac{\Delta V}{q_{absorbed}}$$

Utilizzando un apparecchio di calibrazione personalizzato, il flusso termico può essere calcolato utilizzando il differenziale di temperatura misurato e una resistenza termica nota del materiale di riferimento standard.

La sensibilità del sensore può essere determinata dividendo la tensione di uscita dal sensore per il flusso termico.

$$q'' = \frac{\Delta T}{R''_{SRM}} = \frac{\Delta V_{q''}}{S_{@T_{°C}}}$$

$$S_{@T_{°C}} = \frac{\Delta V}{q''}$$

La sensibilità può quindi essere regolata di conseguenza in base alla temperatura.

$$S_{@T_{°C}} = [0.00334 * T_{°C} + 0.917] * S_{calib}$$

Dove $T_{°C}$ è la temperatura del sensore espressa in gradi Celsius e S_{calib} è la sensibilità del sensore calibrato indicata nella tabella precedente.

Sezione 4 - Conformità alle direttive

Dichiarazione di conformità alla direttiva RoHS3

Ai sensi della Direttiva (UE) 2015/863 del Parlamento europeo e del Consiglio del 4 giugno 2015 in merito alla restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche.

La direttiva 2015/863 definisce dieci (10) sostanze che devono essere soggette a restrizioni. La concentrazione massima in peso di ciascuna sostanza è riportata di seguito.

Sostanza	Concentrazione massima ¹
Piombo (Pb)	0,1% ²
Mercurio (Hg)	0,1%
Cadmio (Cd)	0,01 %
Cromo esavalente (Cr VI)	0,1%
Bifenili polibromurati (PBB)	0,1%

Manuale di istruzioni del sensore di flusso termico HFS

Eteri di difenile polibromurato (PBDE)	0,1%
Di-2-etilesilftalato (DEHP)	0,1%
Benzilbutilftalato (BBP)	0,1%
Dibutilftalato (DBP)	0,1%
Diisobutilftalato (DIBP)	0,1%

¹Sostanze soggette a restrizioni e valori di concentrazione massimi tollerati in peso in materiali omogenei

²Esenzione 6(a) - Piombo come elemento di lega nell'acciaio destinato alla lavorazione meccanica e nell'acciaio zincato contenente fino allo 0,35% di piombo in peso; Esenzione 6(b) - Piombo come elemento di lega nell'alluminio contenente fino allo 0,4% di piombo in peso; Esenzione 6(c) - Leghe di rame contenenti fino al 4% di piombo in peso; Esenzione 7(c)-I - Componenti elettrici ed elettronici contenenti piombo nel vetro o nella ceramica diversa dalla ceramica dielettrica dei condensatori, per esempio dispositivi piezoelettrici, o in una matrice di vetro o ceramica.

Tutti i sensori di flusso termico HFS-5, HFS-6 e UHFS-09 hanno la seguente conformità RoHS3:

Stato RoHS3: conforme

La conformità RoHS di qualsiasi prodotto così designato si basa sulla prova del produttore (fabbricatore) della conformità del codice prodotto alla direttiva RoHS. A supporto della dichiarazione di conformità del produttore sono state adottate tutte le misure ragionevoli per confermare le dichiarazioni dei produttori e altre prove relative all'assenza di sostanze soggette a restrizioni. Sulla base di una revisione dei registri di produzione e delle informazioni tecniche, questo prodotto, al meglio delle nostre conoscenze, non contiene alcuna delle sostanze soggette a restrizioni in quantità che superano i limiti, come specificato sopra.

Approvato da: Rande Cherry

Data: 6/1/2019

Dichiarazione di conformità REACH

Ai sensi del Regolamento CE n. 1907/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH), che istituisce un'agenzia europea per le sostanze chimiche, che modifica la direttiva 1999/45/CE e che abroga il regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio e il regolamento (CE) n. 1488/94 della Commissione, nonché la direttiva 76/769/CEE del Consiglio e le direttive della Commissione 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE.

Il regolamento definisce le sostanze che devono essere soggette a restrizioni. L'elenco delle sostanze candidate REACH indicante le SVHC (Substances of Very High Concern, sostanze estremamente preoccupanti) è disponibile all'indirizzo:

http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp

Tutti i sensori di flusso termico HFS-5, HFS-6 e UHFS-09 hanno la seguente conformità REACH.

Stato REACH: conforme

La conformità REACH di qualsiasi prodotto così designato si basa sulla prova del produttore (fabbricatore) della conformità del codice prodotto al regolamento REACH. A supporto della dichiarazione di conformità del produttore sono state adottate tutte le misure ragionevoli per confermare le dichiarazioni dei produttori e altre prove relative all'assenza di sostanze soggette a restrizioni. Sulla base di una revisione dei registri di produzione e delle informazioni tecniche, questo prodotto, al meglio delle nostre conoscenze, non contiene alcuna delle sostanze soggette a restrizioni in quantità che superano i limiti, come specificato sopra.

Approvato da: Rande Cherry

Data: 7/19/2019

DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ UE

Nome dell'azienda: Omega Engineering Inc.

Indirizzo: 800 Connecticut Ave, Suite 5N01, Norwalk, CT 06854

Numero di telefono: [1-888-826-6342](tel:1-888-826-6342)

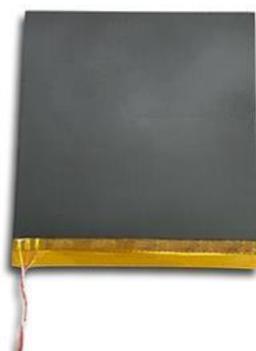
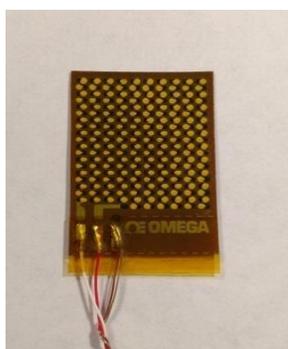
Indirizzo e-mail: info@omega.com



Si dichiara che il rilascio della DdC è di responsabilità esclusiva e che è riferita al seguente prodotto:

Oggetti della dichiarazione

Numero di modello del prodotto: HFS-5 e HFS-6 e UHFS-09



L'oggetto della dichiarazione sopra descritta è conforme alla pertinente normativa di armonizzazione dell'Unione europea:

Direttiva 2014/32/UE

Sono state applicate le seguenti norme armonizzate e specifiche tecniche:

RoHS 2015/863	4 giugno 2015
EN50581:2012	1 novembre 2012

Firmato a nome e per conto di:

Omega Engineering Inc.

18/07/2019

Rande Cherry, CTO