



1 Calcolo dell'incertezza del procedimento di taratura

- 1.1 Nel procedimento di taratura dei sensori termometrici a elemento sensibile di tipo resistivo, le grandezze necessarie per esprimerne in modo compiuto le caratteristiche metrologiche, sono:

La temperatura di prova t_x = temperatura del dispositivo di comparazione Bagno o Fornetto determinata tramite la catena di misura del termometro campione Indicatore con PT 100.

La resistenza misurata Rt_x = resistenza del sensore in taratura misurata in corrispondenza della temperatura t_x :

- 1.2 Le due grandezze t_x e Rt_x rappresentano la stima dei misurandi y in funzione delle stime d'ingresso x_i , secondo la relazione:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

- 1.3 Le stime d'ingresso x_i sono analizzate secondo il documento EA-4/02.

- 1.4 Per la stima della grandezza t_x le sorgenti d'incertezza sono:

A) La catena di misura del termometro campione con PT100.

B) Il dispositivo di comparazione Bagno o fornello

- 1.4.1 Per la catena di misura del termometro campione INDICATORE con PT 100, i contributi d'incertezza sono rappresentati da:

$u(t_s)$ *Incetenza di taratura del termometro campione INDICATORE CON PT 100 con sonda RTD, espressa nel suo certificato di taratura con coefficiente di copertura $k = 2$, nel campo da 0 °C a 250 °C risulta pari: 0.05 °C, corrispondente ad una incetenza tipo di 0.025 °C.*

δt_{s1} *Correzione dovuta alla risoluzione non infinita del termometro campione INDICATORE CON PT 100 pari a 0.001 °C, corrispondente ad una incetenza tipo di 0.0006 °C.*

δt_{s2} *Correzione dovuta agli effetti ambientali e alla deriva nel tempo del termometro campione INDICATORE CON PT 100 con sonda RTD, valutata in base alle informazioni tecniche e ai dati di taratura storici, stimata pari a zero con incetenza di ± 0.015 °C, corrispondente ad una incetenza tipo di 0.009 °C.*

δt_{s3} *Correzione dovuta alla imperfezione dell'algorithmo di conversione della resistenza misurata in unit  di misura di temperatura, stimata pari a zero con incetenza di ± 0.012 °C, corrispondente ad una incetenza tipo di 0.007 °C*

δt_{s4} *Correzione dovuta alle differenti condizioni di taratura e di utilizzo della sonda del termometro campione INDICATORE CON PT 100, stimata pari a zero con incetenza di ± 0.015 °C, corrispondente ad una incetenza tipo di 0.009 °C.*

- 1.4.2 Per il dispositivo di comparazione Bagno o fornello, i contributi d'incertezza sono:

δt_{c1} *Correzione dovuta alla disuniformit  della temperatura tra i diversi fori del blocco equalizzatore, stimata pari a zero con incetenza di ± 0.1 °C corrispondente ad una incetenza tipo di 0.058 °C.*

δt_{c2} *Correzione dovuta alla instabilit  della temperatura valutata come scarto tipo di una serie di misure con distribuzione normale, eseguite durante l'acquisizione dei dati. Viene stimata pari a 0.03 °C.*

- nota. I contributi d'incetenza riferiti al dispositivo comparatore possono essere validi a condizione che i termometri in taratura siano inseriti a fondo nel blocchetto equalizzatore, e che il diametro del foro sia dimensionalmente adattato al diametro del sensore in taratura.*



Procedura per il calcolo dell'incertezza

1.5 Per la stima della grandezza $R(t_x)$ le sorgenti d'incertezza sono:

C) La catena di misura del termometro in taratura.

1.5.1 Per la catena di misura del termometro in taratura, i contributi d'incertezza sono rappresentati da:

δR_{sm} L'incertezza di taratura del multimetro, ipotizzando un multimetro con fondo scala di 200 Ω nel range di misura utilizzato, con incertezza di taratura di 0.005% del valore misurato + 0,002 % del fondo scala, espressa con livello di confidenza del 95 %, misurando una resistenza di 150 Ω circa, il contributo dell'incertezza tipo vale: $[(150 \times 0.005)/100 + (200 \times 0.002)/100]/2 = 5.8 \text{ m}\Omega$.

δr_{st} L'incertezza dovuta alla deriva nel tempo e agli effetti ambientali, stimata pari a zero con incertezza di $\pm 15 \text{ m}\Omega$ corrispondente ad una incertezza tipo $8.6 \text{ m}\Omega$.

1.5.2 Per un agevole calcolo dell'incertezza tipo del procedimento di taratura, tutti i contributi d'incertezza delle grandezze d'ingresso x_i vengono esposti sotto forma di tabella.

1.5.3 Ponendo il caso della taratura di un RTD Pt 100 Ω ad una temperatura di 125 °C circa, l'incertezza puntuale, calcolata sul valore misurato, assume il valore dato dalla seguente:

Tabella 1

| Bilancio dell'incertezza tipo, del procedimento di taratura di un sensore Pt 100 Ω a 125 °C @ | | | | | |
|--|----------------|----------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Grandezza | Stima | Incetezza tipo | Probabilità di distribuzione | Coefficiente di sensibilità | Contributo alla incertezza tipo |
| X_i | x_i | $u(x_i)$ | | c_i | $u(y)$ |
| $u(t_s)$ | 125.00 °C | 0.025 °C | normale | 1 | 0.025 °C |
| δt_{s1} | 0.000 °C | 0.0006 °C | rettangolare | 1 | 0.0006 °C |
| δt_{s2} | 0.000 °C | 0.009 °C | rettangolare | 1 | 0.009 °C |
| δt_{s3} | 0.000 °C | 0.007 °C | rettangolare | 1 | 0.007 °C |
| δt_{s4} | 0.000 °C | 0.009 °C | rettangolare | 1 | 0.009 °C |
| δt_{c1} | 0.000 °C | 0.058 °C | rettangolare | 1 | 0.058 °C |
| δt_{c2} | 0.000 °C | 0.030 °C | normale | 1 | 0.03 °C |
| δR_{sm} | 0.0 m Ω | 5.8 m Ω | normale | 0.0027°C/m Ω | 0.016 °C |
| δr_{st} | 0.0 m Ω | 8.6 m Ω | rettangolare | 0.0027°C/m Ω | 0.023 °C |
| t_x | 125.00 °C | | | | 0.077 °C |

1.6 Calcolo dell'incertezza estesa U del procedimento di taratura.

1.6.1 Applicando un fattore di copertura $k=2$ che per una distribuzione normale corrisponde ad una probabilità di copertura del 95% circa, l'incertezza estesa del procedimento di taratura assume il valore:

$$U = 2[u(y)] = 2 \times 0.077 \text{ °C} = \mathbf{0.154 \text{ °C}}$$

nota. Il calcolo dell'incertezza sopra esposto, può essere ritenuto valido, qualora tutti gli errori di misura noti, vengano opportunamente corretti.

Esempio: gli scostamenti dai valori di riferimento delle misure di temperatura fornite dal termometro campione INDICATORE CON PT 100, gli scostamenti rispetto ai valori di riferimento delle misure di resistenza fornite dal multimetro, ecc., dati che possono essere ricavati dai rispettivi certificati di taratura degli strumenti utilizzati.