

# Equazioni Callendar-Van Dusen per la taratura di termoresistenze al platino

Scheda tecnica WIKA IN 00.29

L'accuratezza di misura di una termoresistenza al platino (PRT) può essere migliorata calcolandone i coefficienti.

Le PRT vengono normalmente verificate su diversi punti di misura in un intervallo di temperatura definito dall'utente. Generalmente, la sonda di temperatura non viene utilizzata specificamente sui punti esatti di taratura ma anche tra di loro. Per tale ragione l'utente richiede una tabulazione della correlazione tra la temperatura e il valore di resistenza lungo l'intervallo di temperatura considerato.

Nella maggior parte dei casi, ciò si ottiene per mezzo di un'equazione matematica che descrive i punti di temperatura misurati come approssimazione.

Per illustrare la cosiddetta curva caratteristica DIN viene largamente usata anche l'equazione Callendar-van Dusen (CvD), citata anche nella norma DIN EN IEC 60751.

In caso di modesti requisiti inerenti l'incertezza di misura, è adatta per i comuni modelli Pt100 lungo un ampio campo di temperatura.

## I coefficienti A, B, C e la conversione in $\alpha$ , $\delta$ , $\beta$

Il rapporto tra resistenza e temperatura per le termoresistenze al platino può essere descritta da un polinomio.

Agli albori della termometria, Hugh Longbourne Callendar (1863 - 1930), fisico britannico, usò una semplice equazione quadratica. Milton S. van Dusen, chimico americano, scoprì successivamente che era necessario un terzo termine d'ordine per descrivere adeguatamente il rapporto per temperature inferiori a 0 °C. Ciò permise di sviluppare le equazioni Callendar-van Dusen valide ancora oggi:

**Per  $t > 0$  °C:**

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2)$$

**Per  $t < 0$  °C:**

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2 + C (t - 100) t^3)$$

### Legenda:

$t$  = temperatura in °C

$R_t$  = resistenza alla temperatura  $t$

$R_0$  = resistenza a 0 °C

Queste equazioni sono state usate per stabilire la scala di temperatura internazionale del 1927 (ITS-27) tra il 1927 e il 1990. Dal 1990 viene usata un'equazione più sofisticata a livello di standard nazionali (come descritto nella scala di temperatura internazionale del 1990 (ITS-90)), ma le equazioni di Callendar-van-Dusen sono ancora largamente impiegate con PRT industriali.

Storicamente, le equazioni erano scritte in una forma alternativa ma equivalente:

**Per  $t > 0$  °C:**

$$\frac{R_t}{R_0} = \left\{ 1 + \alpha \left[ t + \delta \frac{t}{100} \left( 1 - \frac{t}{100} \right) \right] \right\}$$

**Per  $t < 0$  °C:**

$$\frac{R_t}{R_0} = \left\{ 1 + \alpha \left[ t + \delta \frac{t}{100} \left( 1 - \frac{t}{100} \right) + \beta \left( \frac{t}{100} \right)^3 \left( 1 - \frac{t}{100} \right) \right] \right\}$$

Sebbene ciò appaia più complesso della versione che usa i coefficienti A, B e C, è più semplice derivare i coefficienti dai dati di taratura. Questa forma era preferita prima che le calcolatrici e i computer fossero disponibili. È utilizzata ancora oggi, soprattutto negli USA.

Questi form dell'equazione sono equivalenti e si tratta semplicemente di convertire i coefficienti da una forma all'altra:

$$A = \alpha \left\{ 1 + \frac{\delta}{100} \right\}$$

$$B = \frac{-\alpha\delta}{10^4}$$

$$C = \frac{-\alpha\beta}{10^8}$$

$$\alpha = A + 100B$$

$$\delta = \frac{-10^4 \cdot B}{(A + 100B)} = \frac{-10^4 \cdot B}{\alpha}$$

$$\beta = \frac{-10^8 \cdot C}{(A + 100B)} = \frac{-10^8 \cdot C}{\alpha}$$

Per la migliore accuratezza di misura, una PRT dovrebbe essere tarata singolarmente per generare i coefficienti A, B, C o  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\beta$ .

In alternativa, è possibile utilizzare valori generici per misure di temperatura meno accurate. Con coefficienti generici, l'accuratezza di misura della misura di temperatura dipende dal numero di fattori, di cui il più importante è la purezza del platino.

La purezza del platino è indicata dal valore  $\alpha$ , determinato facilmente come la pendenza media della linea tra i punti di congelamento ed evaporazione sulla curva di resistenza-temperatura:

$$\alpha = \frac{R_{100^\circ\text{C}} - R_{0^\circ\text{C}}}{100 \cdot R_{0^\circ\text{C}}}$$

Tipicamente, le PRT industriali hanno un valore alpha nominale di

$$\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ per } ^\circ\text{C}.$$

Per questa classe di PRT, la norma EN 60751 1995 fornisce valori per i coefficienti di:

$$A = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B = -5,775 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

$$C = -4,183 \cdot 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-4}$$

I valori convertiti sono i seguenti:

$$\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\delta = 1,500 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta = 0,1086$$

