

# Equations Callendar-Van Dusen pour l'étalonnage des sondes à résistance en platine

Fiche technique WIKA IN 00.29

La précision d'une sonde à résistance en platine (PRT) peut être améliorée par le calcul de coefficients.

Les PRT sont généralement étalonnées en plusieurs points de température, dans une plage de température demandée par l'utilisateur. En général, la sonde n'est pas seulement utilisée sur les points d'étalonnage précis, mais également entre les points. C'est pourquoi l'utilisateur demande souvent une description continue de la corrélation entre la température et la résistance sur toute la plage de température utilisée.

Dans la plupart des cas, ceci est réalisé en spécifiant une équation mathématique qui décrit des points de température mesurés comme une approximation.

L'équation de Callendar-van Dusen (CVD) est aussi largement utilisée, dans la norme DIN EN CEI 60751 et également pour illustrer la courbe caractéristique DIN.

En cas de besoins modérés pour l'incertitude de mesure, elle est adaptée pour les types Pt100 courants dans une large plage de température.

## Les coefficients A, B, C et la conversion en $\alpha$ , $\delta$ , $\beta$

La relation entre la résistance et la température pour des RTD en platine peut être décrite par un polynôme.

Dans les débuts de la thermométrie, Hugh Longbourne Callendar (1863 - 1930), physicien britannique, a utilisé une équation quadratique simple. Milton S. van Dusen, chimiste américain, a trouvé plus tard qu'un terme de troisième ordre était nécessaire pour décrire correctement la relation pour des températures inférieures à 0 °C. Cela a donné lieu aux équations de Callendar-van Dusen qui sont encore valables aujourd'hui :

**Pour  $t > 0$  °C :**

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

**Pour  $t < 0$  °C :**

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

### Légende :

$t$  = température en °C

$R_t$  = résistance à température  $t$

$R_0$  = résistance à 0 °C

Ces équations ont été utilisées pour établir l'Echelle internationale de température de 1927 (ITS-27) entre 1927 et 1990. Depuis 1990, une équation plus sophistiquée a été utilisée au niveau des étalons nationaux (comme décrit dans l'Echelle internationale de température de 1990 (ITS-90)), mais les équations de Callendar-van Dusen sont encore largement utilisées avec des PRT industrielles.

Historiquement, les équations ont été écrites dans une forme différente, mais équivalente :

**Pour  $t > 0$  °C :**

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

**Pour  $t < 0$  °C :**

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

Bien que cela semble plus complexe que la version utilisant des coefficients A, B et C, il est plus facile de calculer les coefficients à partir des données d'étalonnage. Cette forme a donc été favorisée avant que calculatrices et ordinateurs deviennent disponibles. Elle est encore souvent utilisée aujourd'hui, en particulier aux Etats-Unis.

Ces formes de l'équation sont équivalentes, et il n'est pas difficile de convertir les coefficients d'une forme à l'autre :

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

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

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

$$\alpha = A + 100B$$

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

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

Pour une meilleure précision, une PRT doit être étalonnée individuellement pour générer les coefficients A, B, C ou  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\beta$ .

Pour une mesure de température moins précise, on peut également utiliser des valeurs génériques. Avec des coefficients génériques, la précision de la mesure de la température dépend de plusieurs facteurs, le plus important étant la pureté du platine.

La pureté du platine est indiquée par la valeur  $\alpha$ , qui est facilement déterminée comme étant la pente moyenne de la ligne entre les points de glace et de vapeur sur la courbe résistance-température :

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

Typiquement, les PRT industrielles ont une valeur nominale d'alpha de  $\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3}$  par °C.

Pour cette catégorie de PRT, la norme EN 60751: 1995 fournit des valeurs pour les coefficients de :

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

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

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

Les valeurs converties sont comme suit :

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

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

$$\beta = 0,1086$$

#### Département Etalonnage:

**Calibration Online**  
34670 Baillargues/France  
Tel. +33 4 67506-257  
Fax +33 4 67506-597  
calibration-online@wika.com  
www.calibration-online.com



**WIKA Instruments s.a.r.l.**  
95610 Eragny-sur-Oise/France  
Tel. +33 1 343084-84  
Fax +33 1 343084-94  
info@wika.fr  
www.wika.fr