

Linearizzazione caratteristiche trasduttori a variazione di resistenza

Un trasduttore di ottima qualità deve avere una caratteristica ingresso/uscita lineare e crescente. La funzione $U = f(I)$ che la rappresenta deve essere quella di una retta affinché il rilievo della grandezza fisica sia molto accurata in modo che il sistema di misura sia a elevata precisione.

Poiché quasi tutti i trasduttori a variazione di resistenza come i trasduttori di temperatura, di luminosità ecc. non presentano caratteristiche lineari, è necessario provvedere alla loro linearizzazione con elementi passivi.

Il metodo per linearizzare consiste nel rendere uguale la pendenza (tangente alla curva) della caratteristica in ogni punto P (figura 1.1). Tale condizione si ottiene collegando i punti estremi del range di funzionamento con una retta che rappresenta la **caratteristica ideale** del trasduttore.

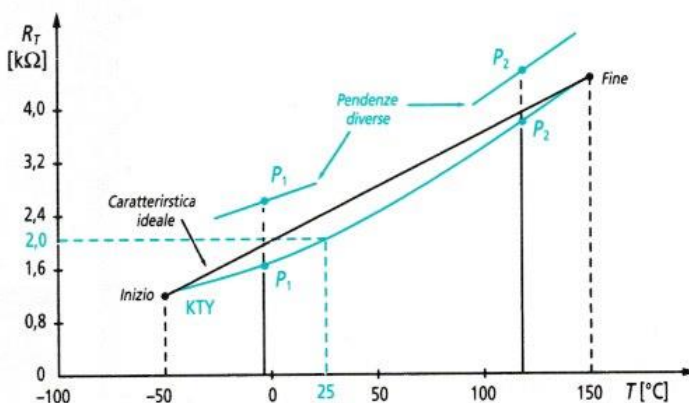


figura 1.1

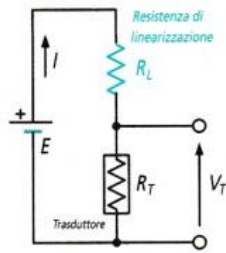
1.1 Linearizzazione con componenti passivi

Considerata la caratteristica di un trasduttore di temperatura della serie KTY, si vuole quantificare la non linearizzazione del trasduttore KTY81-122 nei due differenti range di funzionamento riportati nella **tabella 1.1**.

tabella 1.1 Trasduttore KTY81-122

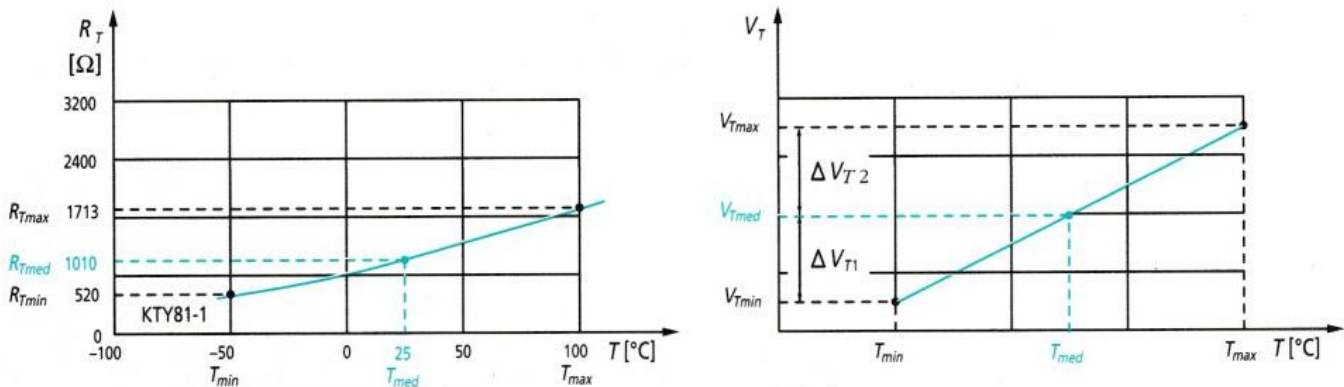
Range: +10 °C ≤ T ≤ 40 °C				Range: -50 °C ≤ T ≤ 100 °C			
T [°C]	R Tip. [Ω]	ΔR [Ω]	%	T [°C]	R Tip. [Ω]	ΔR [Ω]	%
+10	895	-	-	-50	520	-	-
+25	1010	115	11,3	+25	1010	490	48,5
+40	1134	124	12,2	+100	1713	703	69,6

Dall'analisi dei valori della tabella si evidenzia che se il range di funzionamento è limitato (10 °C ÷ 40 °C), la caratteristica può considerarsi lineare ma se si estende il campo d'impiego (-50 °C ÷ 100 °C) la caratteristica non lo è più, come mostrano le diverse variazioni percentuali della resistenza ΔR rispetto alla temperatura media T = 25 °C.


figura 1.2

Per linearizzare la caratteristica si collega una resistenza R_L in serie alla resistenza R_T del trasduttore e si alimenta il circuito in tensione (**figura 1.2**).

Lo schema proposto converte i valori della resistenza R_T , dipendenti dalle variazioni termiche, in valori di tensioni V_T generando la caratteristica tensione/temperatura utilizzabile nelle applicazioni pratiche. Il dimensionamento della resistenza di linearizzazione R_L si ottiene rendendo identiche le variazioni di tensione ΔV_T rispetto alla temperatura T_{med} (**figura 1.3**).


figura 1.3

Dallo schema elettrico di **figura 1.2** si determinano i valori di ΔV_{T1} e ΔV_{T2} e dalla loro uguaglianza si ricava la resistenza di linearizzazione R_L . Si ha:

$$\Delta V_{T1} = V_{Tmed} - V_{Tmin} = \left(\frac{R_{Tmed}}{R_L + R_{Tmed}} - \frac{R_{Tmin}}{R_L + R_{Tmin}} \right) \cdot E \quad [1.1]$$

$$\Delta V_{T2} = V_{Tmax} - V_{Tmed} = \left(\frac{R_{Tmax}}{R_L + R_{Tmax}} - \frac{R_{Tmed}}{R_L + R_{Tmed}} \right) \cdot E \quad [1.2]$$

$$R_L = \frac{R_{Tmed} \cdot (R_{Tmin} + R_{Tmax}) - 2 \cdot R_{Tmin} \cdot R_{Tmax}}{R_{Tmin} + R_{Tmax} - 2 \cdot R_{Tmed}} \quad [1.3]$$

Poiché la resistenza R_L dipende solo dai valori delle resistenze R_{Tmin} , R_{Tmed} e R_{Tmax} la [1.3] può essere utilizzata per tutti i trasduttori a variazione di resistenza indipendentemente dal tipo di grandezza fisica rilevata.

Per i trasduttori NTC, la Siemens consiglia la formula:

$$R_L = R_{Tmed} \cdot \frac{B - 2 \cdot T_{med}}{B + 2 \cdot T_{med}} \quad [1.4]$$

dove B è la costante del termistore NTC espressa in Kelvin. Si può osservare che la resistenza di linearizzazione, calcolata con la [1.4], è indipendente dal range di funzionamento della temperatura.

Si tenga presente che la linearizzazione si può ottenere collegando la resistenza R_L anche in parallelo a quella del trasduttore (figura 1.4), poiché il collegamento parallelo deriva da quello serie secondo il teorema di Norton.

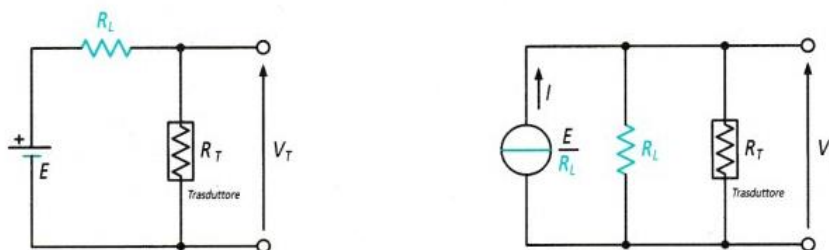


figura 1.4

La figura 1.5 mostra qualitativamente il processo di linearizzazione che subisce la caratteristica del trasduttore di temperatura. La caratteristica linearizzata $R_{L/T}/T$, presenta una lieve non linearità che si riduce sempre di più limitando il range di lavoro.

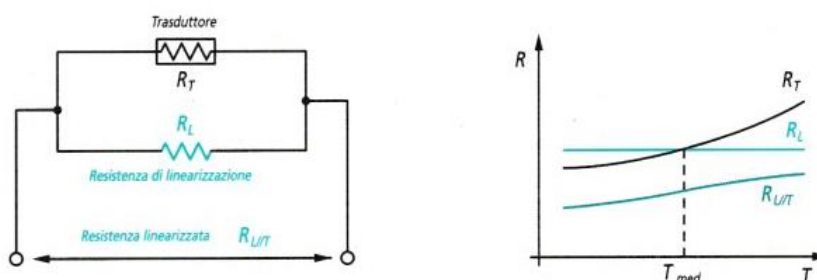


figura 1.5

esempio 1.1

Si calcoli la resistenza di linearizzazione R_L per la caratteristica del trasduttore di temperatura KTY81-122 nel range di temperatura compreso tra -50 °C e 100 °C .

I valori delle resistenze del trasduttore KTY81-22 sono (\rightarrow Tabella 2.5 della Unità 2 del presente modulo):

$$R_{T_{\min}} = 520\ \Omega \quad R_{T_{\text{med}} (25\text{ °C})} = 1010\ \Omega \quad R_{T_{\max}} = 1713\ \Omega$$

Applicando la [1.3] si ha:

$$R_L = \frac{R_{T_{\text{med}}} \cdot (R_{T_{\min}} + R_{T_{\max}}) - 2 \cdot R_{T_{\min}} \cdot R_{T_{\max}}}{R_{T_{\min}} + R_{T_{\max}} - 2 \cdot R_{T_{\text{med}}}} = \frac{1010 \cdot (520 + 1713) - 2 \cdot 520 \cdot 1713}{520 + 1713 - 2 \cdot 1010} = 2224,46\ \Omega$$

La configurazione in parallelo tra la resistenza di linearizzazione R_L e quella del trasduttore R_T fornisce i seguenti valori.

$$R_{\text{Eq-min}}(R_L // R_{T_{\min}}) = \frac{R_L \cdot R_{T_{\min}}}{R_L + R_{T_{\min}}} = \frac{2224,46 \cdot 520}{2224,46 + 520} = 421,47\ \Omega$$

$$R_{\text{Eq-med}}(R_L // R_{T_{\text{med}}}) = 694,61\ \Omega \quad R_{\text{Eq-max}}(R_L // R_{T_{\max}}) = 967,75\ \Omega$$

$$\Delta R = 694,61 - 421,47 = 273,14\ \Omega$$

$$\Delta R = 967,75 - 694,61 = 273,14\ \Omega$$

Poiché le variazioni ΔR di resistenza in più e in meno rispetto alla $R_{\text{Eq-T}_{\text{med}}}$ sono identiche e uguali a $273,14\ \Omega$, si conclude che il circuito proposto linearizza molto bene la caratteristica del trasduttore.