

Ας υποθέσουμε ότι φτιάχνουμε θερμόμετρο με αντίσταση R_0 , α ($R_\Theta = R_0(1 + \alpha\Delta\Theta)$) και το χρησιμοποιούμε σε διαιρέτη τάσης με φορτίο R_L . Τι μπορείτε να πείτε για την ευαισθησία και τη γραμμικότητα της διάταξης αισθητήρα+διαιρέτη τάσης;

Από τον διαιρέτη τάσης έχουμε:

$$V_{\text{out}} = V_{\text{in}} \frac{R_T}{R_T + R_L} \Rightarrow \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} = \frac{R_T}{R_T + R_L}$$

όπου μεταβλητή είναι το R_Θ , το οποίο είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας θ . Επειδή η εξίσωση αυτή δεν αναπτύσσεται απλά σε δυνάμεις του R_Θ (άρα και του θ), θα αναπτύξουμε σειρά Taylor για μικρές μεταβολές γύρω από την τιμή R_0 . Άρα έχουμε:

$$\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} = \frac{R_0}{R_0 + R_L} + (R_\Theta - R_0) \frac{R_L}{(R_0 + R_L)^2} - 1/2 (R_\Theta - R_0)^2 \frac{2R_L}{(R_0 + R_L)^3}$$

Όμως, $R_\Theta - R_0 = \alpha R_0 \Delta\Theta$, οπότε με αντικατάσταση έχουμε:

$$\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} = \frac{R_0}{R_0 + R_L} + \alpha \Delta\Theta \frac{R_0 R_L}{(R_0 + R_L)^2} - 1/2 (\alpha \Delta\Theta)^2 \frac{2R_0^2 R_L}{(R_0 + R_L)^3}$$

Η ευαισθησία για μικρές αλλαγές θερμοκρασίας είναι ανάλογη του α .

Ο όρος $\frac{R_0 R_L}{(R_0 + R_L)^2}$ μεγιστοποιείται για $R_L = R_0$, άρα η ευαισθησία

είναι μέγιστη αν το φορτίο είναι ίσο με την αντίσταση του θερμόμετρου. Αντίστοιχα, η γραμμικότητα είναι $\frac{\alpha R_0 \Delta\Theta}{R_L + R_0}$. Επομένως

η καλή γραμμικότητα απαιτεί μικρή τιμή του α . Άρα, απαιτείται προσεκτική επιλογή του υλικού για να έχουμε καλή ευαισθησία και γραμμικότητα.

Η απόκριση μιας φωτοαντίστασης χαρακτηρίζεται από την σχέση:

$$R(I) = \frac{10A}{I+A}$$

όπου R είναι σε $k\Omega$, I σε W/cm^2 και A σταθερά με τιμή $1 W/cm^2$. Αν η αντίσταση είναι συνδεδεμένη σε διαιρέτη τάσης με πηγή $E=10 V$ και φορτίο $R_L=10k\Omega$, να βρεθεί η ευαισθησία της διάταξης για 0 και $10 W/cm^2$.

Λόγω του διαιρέτη τάσης, η τάση εξόδου V_{out} δίνεται από

$$V_{out} = E \frac{R}{R+R_L}. \text{ Η ευαισθησία της διάταξης θα δίνεται από:}$$

$$\frac{\Delta V_{out}}{\Delta I} = \frac{\partial V_{out}}{\partial R} \frac{\partial R}{\partial I} = \left\{ E \frac{R_L}{(R+R_L)^2} \right\} \left\{ -\frac{10A}{(I+A)^2} \right\}$$

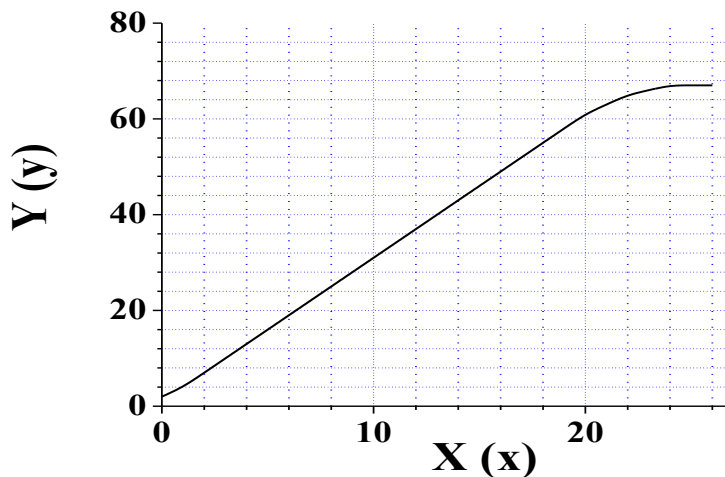
όπου έχει ληφθεί υπόψη ότι το V_{out} εξαρτάται άμεσα από το R ενώ το R από το I . Με αντικατάσταση των τιμών των E, R_L, A έχουμε για $0 W/cm^2$:

$$\begin{aligned} R(0) &= \frac{10 \times 1}{0+1} = 10k\Omega \Rightarrow \frac{\Delta V_{out}}{\Delta I} = \\ &= \left\{ 10 \frac{10}{(10+10)^2} \right\} \left\{ -\frac{10 \times 1}{(0+1)^2} \right\} = -2.5 \frac{V}{W/cm^2} \end{aligned}$$

Αντίστοιχα, για $10 W/cm^2$ έχουμε:

$$\begin{aligned} R(10) &= \frac{10 \times 1}{10+1} = 0.91k\Omega \Rightarrow \frac{\Delta V_{out}}{\Delta I} = \\ &= \left\{ 10 \frac{10}{(0.91+10)^2} \right\} \left\{ -\frac{10 \times 1}{(10+1)^2} \right\} = -0.069 \frac{V}{W/cm^2} \end{aligned}$$

Στο σχήμα φαίνεται η καμπύλη βαθμολόγησης ενός αισθητήρα με είσοδο X (σε μονάδες x) και έξοδο Y (σε μονάδες y). Ποιες πληροφορίες μπορείτε να πάρετε για την λειτουργία του αισθητήρα από την καμπύλη αυτή;



A) η περιοχή λειτουργίας του αισθητήρα είναι 0-26 x , με αντίστοιχη έξοδο 0-67 y . B) Υπάρχει ένα offset 3 y ,

Γ) για τιμές εισόδου 0-20 x , ο αισθητήρας είναι γραμμικός με ευαισθησία περίπου $(63-3)/(20-0)=3x/y$.

Δ) Για τιμές του X μεγαλύτερες από 20 x , υπάρχει κορεσμός του αισθητήρα, με αποτέλεσμα 7.5% γραμμικότητα στα 22 x

Υπολογισμός γραμμικότητας:

επειδή ισχύει $y=3x+3$, στα 22 x θα περιμέναμε τιμή 69 y .

Όμως βρίσκουμε μόνο 64 y , άρα ο μη γραμμικός όρος είναι -5 y .

Ο γραμμικός όρος είναι 66 y , άρα η γραμμικότητα είναι $5/66=0.075$

Έστω θερμίστορ με χαρακτηριστικά: $\beta=4000\text{K}$ και $R_0=2\text{K}\Omega$ στους $20\text{ }^\circ\text{C}$.
 Αν το θερμίστορ χρησιμοποιηθεί σε διαίρετη τάση με $E=10\text{ V}$ και $R=1\text{ K}\Omega$,
 να βρεθεί η ευαισθησία της διάταξης στους 0 και $40\text{ }^\circ\text{C}$.

Γνωρίζουμε ότι:

$$R_T = R_0 \exp\left[\beta\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right] \text{ και } V_{\text{out}} = E \frac{R_T}{R_T + R}$$

Η ευαισθησία της διάταξης θα είναι:

$$\frac{\Delta V_{\text{out}}}{\Delta T} = \frac{\partial V_{\text{out}}}{\partial R_T} \frac{\partial R_T}{\partial T}$$

Οι παράγωγοι θα είναι:

$$\frac{\partial R_T}{\partial T} = R_0 \frac{d}{dT} \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] = -\frac{\beta R_0}{T^2} \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$$

$$\frac{\partial V_{\text{out}}}{\partial R_T} = E \frac{R}{(R_T + R)^2}$$

Η ευαισθησία θα δίνεται από:

$$\frac{\Delta V_{\text{out}}}{\Delta T} = -\frac{\beta R_0}{T^2} \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] E \frac{R}{(R_T + R)^2}$$

Οπότε, για 0 και $40\text{ }^\circ\text{C}$, η ευαισθησία θα είναι:

$$(\alpha) \frac{\Delta V_{\text{out}}}{\Delta T} = -\frac{\beta R_0}{T^2} \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] E \frac{R}{(R_T + R)^2} = -0.07\text{V/K}$$

$$(\beta) \frac{\Delta V_{\text{out}}}{\Delta T} = -\frac{\beta R_0}{T^2} \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] E \frac{R}{(R_T + R)^2} = -0.1\text{V/K}$$

Η μεταβολή της αντίστασης με την θερμοκρασία ενός θερμομέτρου αντίστασης από λευκόχρυσο δίνεται από τη σχέση:

$$R_{\theta}=100 \times (1+0.00398 \times \theta - 0.588 \times 10^{-6} \times \theta^2) \Omega$$

όπου θ η θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$ και R_{θ} η αντίσταση σε θερμοκρασία θ $^{\circ}\text{C}$. Να βρεθεί: η ευαισθησία του θερμομέτρου στους 200 $^{\circ}\text{C}$, 600 $^{\circ}\text{C}$ και 1000 $^{\circ}\text{C}$ και σε ποια θερμοκρασία υπάρχει 10% γραμμικότητα.

Λύση:

Είναι γνωστό ότι η ευαισθησία δίνεται από την πρώτη παράγωγο της συνάρτησης λειτουργίας. Επομένως, αν λάβουμε υπόψη την συνάρτηση $R_{\theta}=f(\theta)$, η ευαισθησία θα δίνεται από:

$$S = \frac{dR_{\theta}}{d\theta} = 0.398 - 1.176 \times 10^{-4} \theta \Omega/^{\circ}\text{C}$$

Έτσι έχουμε: για 200 $^{\circ}\text{C}$, $S=0.374 \Omega/^{\circ}\text{C}$; για 600 $^{\circ}\text{C}$, $S=0.327 \Omega/^{\circ}\text{C}$; για 1000 $^{\circ}\text{C}$, $S=0.280 \Omega/^{\circ}\text{C}$.

Σχετικά τώρα με την 10% απόκλιση από τη γραμμικότητα (αισθητήρας με 10% γραμμικότητα), αυτή θα ισχύει σε θερμοκρασία θ τέτοια ώστε:

$$\frac{0.588 \times 10^{-4} \theta^2}{0.398 \theta} = 0.1 \Rightarrow \theta = 677^{\circ}\text{C}$$