

BTS MAVA électricité 2004

Etude du principe de mesure d'une pression de suralimentation (10 points)

Le corps d'épreuve du capteur est constitué d'une membrane de silicium sur laquelle sont placées quatre jauges piézorésistives montées en pont.

Sous l'action de la pression de l'air :

- ◆ Les jauges de résistance R_1 sont dilatées ; leur résistance peut alors s'exprimer sous la forme : $R + \Delta R$.
- ◆ Les jauges de résistance R_2 sont comprimées et leur résistance peut alors s'exprimer sous la forme : $R - \Delta R$

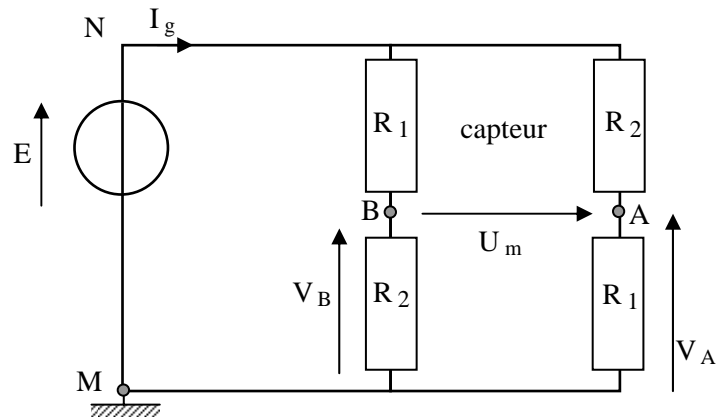
La valeur de R est de 500Ω .

A - Etude du capteur (schéma n°1)

Le pont est alimenté par une tension continue

$E = 5 \text{ V}$.

La tension de mesure est U_m .



On donne les propriétés des jauges utilisées :

- La variation ΔR de la résistance est proportionnelle à la déformation ΔL selon la relation : $\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta L}{L}$

Le facteur de jauge k égal à 100.

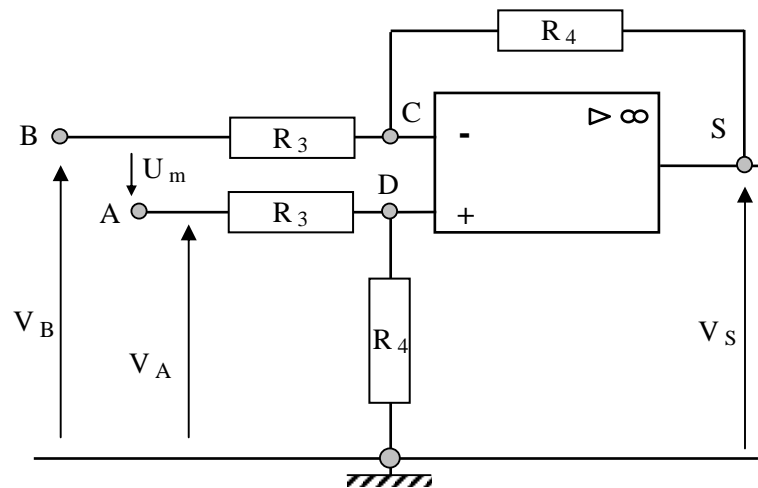
- La pression P est proportionnelle à la déformation ΔL selon la relation : $P = k' \frac{\Delta L}{L}$

Dans cette formule $k' = 2,5 \times 10^4$ et P est exprimée en bars.

1. Calculer la résistance équivalente entre N et M du montage en pont. Dépend-elle de la pression ? Justifier la réponse.
2. Quelle est l'intensité du courant I_g débité par le générateur ?
3. Calculer la valeur de U_m , quand $\Delta R = 0$.
4. Pour quelle valeur de la pression a-t-on $\Delta R = 0$?
5. Pour une pression P , exprimer :
 - a) V_A en fonction de E , R_1 et R_2
 - b) V_B en fonction de E , R_1 et R_2
 - c) U_m en fonction de E et $\frac{\Delta R}{R}$.

6. Exprimer, pour une pression P , la tension U_m en fonction de E , k , et $\frac{\Delta L}{L}$.
7. En déduire l'expression de U_m en fonction de P . Ce capteur est-il linéaire ? Justifier la réponse.
8. Pour une déformation $\frac{\Delta L}{L}$ de 0,01 %, calculer la valeur de la tension U_m mesurée et en déduire la valeur de la pression P exprimée en bars.
9. Quelle est, en mV / bar, la sensibilité du capteur ?

B - Etude de l'amplificateur (schéma n° 2)



La tension de mesure U_m est appliquée au montage amplificateur représenté sur le schéma n°2. On donne les valeurs des résistances : $R_3 = 2 \text{ k}\Omega$ et $R_4 = 100 \text{ k}\Omega$.

L'amplificateur opérationnel est supposé parfait ; il est alimenté entre 0 V et + 12 V et ses tensions de saturation sont : $V_{\text{sat}}^- = 0 \text{ V}$ et $V_{\text{sat}}^+ = +12 \text{ V}$.

1. Quel est le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel ? Justifier la réponse.
2. Exprimer le potentiel V_D en fonction de R_3 , R_4 et V_A .
3. Exprimer le potentiel V_C en fonction de R_3 , R_4 , V_B et V_S .
4. En utilisant la propriété de l'amplificateur en régime linéaire, exprimer V_S en fonction de R_3 , R_4 et U_m .

C - Synthèse (schémas n°1 et n°2)

Tracer le graphe de V_S en fonction de P , pour des pressions variant de 0 à 4 bars.

Réponses :

A – Etude du capteur

- $R_{eq} = \frac{R_1 + R_2}{2} = R$ Cette résistance ne dépend pas de la pression.
- Faire le schéma en remplaçant le pont de quatre résistances par R_{eq} ; on obtient, alors : $I_g = \frac{E}{R_{eq}}$
- On a : $V_A = R_1 \frac{I_g}{2}$ et $V_B = R_2 \frac{I_g}{2}$; on en déduit : $U_m = I_g \frac{R_1 - R_2}{2}$ soit : $U_m = 0$ pour $\Delta R = 0$
- On a : $\Delta R = \frac{R k}{k'} P$; $\Delta R = 0$ pour $P = 0$
- a) $V_A = R_1 \frac{E}{R_1 + R_2}$ (diviseur de tension) b) $V_B = R_2 \frac{E}{R_1 + R_2}$ (idem)
- c) $U_m = \frac{E (R_1 - R_2)}{R_1 + R_2}$ soit $U_m = E \frac{\Delta R}{R}$
- $U_m = E k \frac{\Delta L}{L}$
- $U_m = E k \frac{P}{k'}$ Ce capteur est linéaire ; la tension U_m est proportionnelle à la pression.
- $U_m = 50 \text{ mV}$ pour $\frac{\Delta L}{L} = 0,01 \%$; on en déduit : $P = 2,5 \text{ bar}$
- La sensibilité est, alors : 20 mV / bar .

B – Etude de l'amplificateur (schéma n° 2)

- L'existence d'une boucle de rétroaction indique que cet amplificateur peut fonctionner en régime linéaire.
- On prend la référence des potentiels en M. On a : $V_A = U_{AM}$ et $V_D = U_{DM}$

$$V_D = \frac{V_A R_4}{R_3 + R_4} \text{ (diviseur de tension)}$$

$$3. V_C = \frac{V_S R_3 + V_B R_4}{R_3 + R_4}$$

- En régime linéaire, on a : $V_D - V_C = \varepsilon = 0$. Compte tenu des expressions précédentes, on obtient :

$$V_S = \frac{(V_A - V_B)}{R_3} R_4 \text{ soit } V_S = \frac{U_m}{R_3} R_4$$

C – Synthèse

L'amplification étant de 50, on a, globalement, une sensibilité de 1 V / bar . Le graphe est alors facile à tracer.