Travaux dirigés sur les Capteurs (Suite)

Responsable : Prof. BOUZI

 Cycle Ingénieur

## Génération du signal d’un anémomètre optoélectronique

*Un anémomètre est un dispositif permettant de mesurer la vitesse du vent. Il est composé d’une étoile à 3 branches à godets et d’un photo - détecteur à occultation.*

**

L’axe de rotation de l’étoile est solidaire d’un disque à 12 encoches placé entre un émetteur à infrarouge à DEL et un récepteur. Le phototransistor fonctionne en régime de commutation et on prendra VCE saturation = 0*.*

*Génération du signal*

**1.** Quelles sont les deux valeurs possibles de la tension u1 ? Justifier votre réponse en précisant l’état du transistor dans chacun des cas.

2. Quelle est la valeur de u1 lorsque le faisceau infrarouge est occulté ?

La vitesse de rotation n du disque en fonction de la vitesse du vent v est représentée en annexe.

3. L’équation qui relie v à n est n = kv. Calculer k et préciser son unité. La tension v1(t)est représentée en fonction du temps sur 2 périodes en annexe.

4. Donner la valeur de la période T du signal u1(t) . Donner la relation entre la vitesse de rotation n et la période T.

5. Montrer que la vitesse du vent peut s’écrire sous la forme .

6. En déduire la vitesse du vent.



## Capteur thermoélectrique

Un transducteur thermoélectrique est réalisé avec du fer et du constantan. Le couple fer-constantan fournit une tension e liée à la température θ de la jonction « chaude » dans l'intervalle θ : 0°C – 100°C par la relation :



(e en microvolts et θ en degrés Celsius).

Déterminer les valeurs de la f.é.m. e pour

* Une soudure froide à θf =20°C
* Une soudure chaude :
	+ θc1=0°C
	+ θc2 = 20°C.
	+ θc3 = 30°C.
	+ θc4 = 80°C.



## Mesure de la température du polymère dans le réacteur finisseur

Cette température est portée à 180 °C (température masse) par un fluide caloporteur à 250 °C, de débit QCal, circulant dans une double enveloppe *- voir ANNEXE 1*.

1 - CHOIX DU CAPTEUR DE TEMPÉRATURE

Pour des raisons de qualité du produit fabriqué, on souhaite obtenir une précision de mesure de 0,8 °C à la température de 200 °C. L’objectif de cette étude est d’obtenir cette précision sur une étendue de mesure de 0 à 300 °C, tout en minimisant les coûts de maintenance. Toutes les mesures de température sont obtenues à l’aide de capteurs de type Pt 100 en montage 3 fils.

1-1 Rappeler le principe physique de mesure de température par un capteur à sonde résistive Pt 100, et indiquer le rôle du montage 3 fils.

1-2 À l’aide de l’*ANNEXE 2*, donner la classe du capteur devant être choisi pour répondre au cahier des charges. Justifier.

1-3 Compte tenu des impératifs économiques, on utilisera en fait un capteur de moindre précision. Donner l’erreur maximale de température à 200 °C si l’on utilise un capteur de classe B. En déduire la plage de valeurs limites qu’un régulateur affichera, pour une température réelle de 200 °C.

2 - PRINCIPE D’ABAISSEMENT DE RÉSISTANCE

Le principe consiste à placer une résistance de valeur élevée en parallèle sur le capteur, pour désensibiliser la dispersion de valeur, en cas de changement du capteur : ce dispositif permet de garantir l’interchangeabilité de tout capteur de la même classe. À l’aide d’un four d’étalonnage de grande précision, on mesure la valeur ohmique délivrée par le capteur choisi et, par une résistance de valeur adéquate placée en parallèle, on porte sa valeur fictive à la limite basse de sa précision.

2-1 La température du four est fixée à 200 °C. La résistance mesurée RT du capteur de classe B par un ohmmètre de grande précision est de 175,43 Ω.

À l’aide de l’*ANNEXE* *3*, déterminer la valeur de température correspondante θT au 1/100 °C près, en utilisant la courbe de correspondance nominale.

2-2 À l’aide de l’*ANNEXE 3*, donner la valeur de résistance souhaitée RS afin de se placer à la valeur entière de limite basse de précision, soit 198 °C.

2-3 On place alors une résistance de correction RC en parallèle avec celle du capteur dans la « tête » de ce dernier afin d’abaisser sa valeur de résistance par la relation :



2-3-1 Calculer la valeur de la résistance RC (au centième d’Ohm près) afin d’obtenir la valeur de résistance souhaitée RS.

2-3-2 On utilisera une résistance de valeur normalisée précise RC = 120,00 kΩ.

* + En déduire la valeur réelle de RS.
	+ À l’aide de l’*ANNEXE 3*, déterminer la nouvelle valeur de température S correspondante.
	+ Donner l’erreur absolue εA de la température mesurée S par rapport à celle déterminée en 2-2.

3 - ÉTALONNAGE DU CONVERTISSEUR DE TEMPÉRATURE

On utilise un convertisseur TY1 de type Ohm/Courant 4–20 mA sur la ligne de mesure de température. Afin d’étalonner le convertisseur Ohm/Courant utilisé en montage 3 fils sur son entrée, on simulera le capteur Pt100 par une boîte de résistances à décades.

En laboratoire, les valeurs ohmiques mesurées de la résistance RM aux valeurs d’échelle de température 0 et 200 °C sont respectivement RM 0°C = 99,96 Ω et RM 200 °C = 175,17 Ω.

3-1 Représenter le câblage complet du matériel nécessaire à l’étalonnage sur l’*ANNEXE 4*

3-2 Tracer la courbe d’étalonnage obtenue sur l’*ANNEXE 4*. Compléter numériquement le graphe en abscisses et en ordonnées.

|  |  |
| --- | --- |
| *ANNEXE 2***Valeurs des tolérances pour éléments de 100 Ohms****Intervalle fondamental 38,5 ohms** | *ANNEXE 3***Relation entre résistance et température dans la plage de –200°C à 300°C pour élément sensible de thermomètre à résistance de platine** |
|  | Une image contenant texte, menu, capture d’écran, noir et blanc  Description générée automatiquement |

*ANNEXE 4*

|  |  |
| --- | --- |
| *MONTAGE D’ÉTALONNAGE* | *COURBE D’ÉTALONNAGE* |
|  |  |

## Mesure de la tension du papier sur une chaîne de fabrication d'enveloppes

Une bande de papier doit être entraînée tout en conservant une tension de la bande constante. Cette grandeur est obtenue en mesurant la force exercée par le papier sur un cylindre en rotation.

Quatre jauges de contrainte ou d'extensiométrie se déforment sous l'action de cette force. Ces capteurs dont la résistance est notée respectivement R1, R2, R3 et R4 sont placés dans le schéma électrique de la figure suivante.



L'impédance d'entrée de l'amplificateur est suffisamment élevée pour que l'on puisse négliger les courants ie et i'e.

***1. Le pont de résistances est équilibré***

Lorsque aucun effort n'est exercé sur les jauges d'extensiométrie, la résistance de celles-ci est de 150 Ω, donc R1=R2=R3=R4=R0= 150 Ω.

Dans ce cas, calculer VR2 et VR4 puis en déduire la tension e.

***2. Mesure d'une force***

Lorsqu'un effort est exercé, la résistance des jauges varie proportionnellement à la force : ΔR=k.F avec k=30.10-3 Ω.N-1.

Les résistances deviennent : R1= R4 =R0 - ΔR et R2 = R3 = R0 + ΔR.

1. Déterminer l'expression de la tension vR2 en fonction de R1, R2 et E, puis en fonction de R0 et ΔR.
2. Déterminer l'expression de la tension vR4 en fonction de R3, R4 et E, puis en fonction de R0 et ΔR.

c) Montrer que la tension e est donnée par l'expression : 

1. Calculer la tension e pour une force F de 20 N.

***3. Capteur de force***

L'amplificateur permet d'adapter la tension pour la rendre utilisable par l'amplificateur linéaire intégré. On obtient un appareil de mesurage dont la fonction de transfert liant la tension de sortie vF à la force (en N) est tracée ci-contre.

1. Déterminer la sensibilité s, en précisant l'unité, de l'appareil de mesurage sachant que 
2. Pour une force de 20 N, on a mesuré une tension e de 20 mV. Déterminer l'amplification A de l'amplificateur, sachant que 



## Couplemètre

Le couplemètre est un capteur de couple à jauges extensométriques inséré sur l’arbre, entre le moteur et la charge à entraîner. Il est constitué d’un barreau cylindrique sur lequel sont collées quatre jauges métalliques identiques. Les paires de jauges J1, J2 et J3, J4 sont diamétralement opposées (figure 2 page 5) de telle sorte qu’une torsion du barreau, proportionnelle au couple exercé sur l’arbre, entraîne une variation symétrique de leurs résistances respectives :

R1 = R4 = R + ΔR et R2 = R3 = R - ΔR.

R est la résistance au repos ; ΔR est la variation de résistance proportionnelle au couple à mesurer Cu selon la relation = kCu.

Les quatre jauges sont interconnectées en pont de Wheatstone, lequel est alimenté en continu sous la tension E = 24 V (figure 3). On étudie le montage à vide.

1. Expression de la tension vA :
2. Déterminer l’expression de la tension vA en fonction de E, R3 et R4.
3. En déduire l’expression de vA en fonction de R, ΔR et E.
4. Expression de la tension vB :
5. Déterminer l’expression de la tension vB en fonction de E, R1 et R2.
6. En déduire l’expression de vB en fonction de R, ΔR et E.
7. Déterminer l’expression de la tension de déséquilibre du pont uAB en fonction de R, ΔR et E.
8. La tension de déséquilibre s’écrit uAB = αCu ; donner l'expression de α en fonction de k et E.
9. Lorsque le couplemètre mesure un couple Cu de 25 Nm, la variation de résistance des jauges est ΔR = 0,35 Ω. Sachant que R = 350 Ω, calculer :
10. la valeur de la tension vA,
11. la valeur de la tension vB,
12. la valeur de la tension uAB,
13. la valeur du coefficient α en précisant son unité.

**PARTIE C : ÉTUDE DE L’AMPLIFICATION**

La tension de déséquilibre uAB doit ensuite être amplifiée. Pour cela, on utilise un amplificateur d’instrumentation (figure 4 ).

1. Les résistances des entrées de l’amplificateur d’instrumentation sont de l’ordre de 10 GΩ. Quel est l’intérêt d’avoir des résistances d’entrée aussi grandes ?
2. Pour la transmission de la tension de déséquilibre du pont uAB, on utilise un câble blindé constitué d’une paire de fils torsadés (figure 4 5). L’amplificateur d’instrumentation possède, en outre, une borne de garde Ga que l’on relie au blindage du câble (circuit de garde).
3. Pourquoi le câble est-il blindé ?
4. Pourquoi les deux fils sont-ils torsadés ?
5. Quel est l’intérêt de relier la borne de garde au blindage du câble ?
6. On rappelle que la tension de sortie d’un amplificateur d’instrumentation s’exprime par la relation suivante :

, où :

* AD est l’amplification différentielle,
* AMC est l’amplification de mode commun,
* uD = vA – vB est la tension différentielle,
* est la tension de mode commun.

Le taux de réjection de mode commun (TRMC) de l’amplificateur d’instrumentation est donné par la relation  .

1. Dans le cas présent, l’amplificateur d’instrumentation a une amplification différentielle AD = 200 et son taux de réjection de mode commun est de 130 dB.
2. Pour vA = 12,010 V et vB = 11,990 V, calculer la valeur de la tension de sortie de l’amplificateur vS.
3. En déduire l’erreur relative introduite par la tension de mode commun.
4. On suppose que l’amplificateur précédent est défectueux et qu’il est remplacé par un autre modèle dont le taux de réjection de mode commun est égal à 80 dB.

Calculer la nouvelle valeur vS2 de la tension de sortie de l’amplificateur (pour les valeurs précédentes de vA et vB et pour AD = 200).

En déduire l’erreur relative introduite par la tension de mode commun.

1. Conclusion : expliquer pourquoi il est important, dans une chaîne de mesure, d’utiliser un amplificateur d’instrumentation dont le taux de réjection de mode commun est élevé.
2. Le schéma électrique de l’amplificateur d’instrumentation est donné à la figure 5. Les amplificateurs opérationnels, notés A1 A2 A3, sont supposés parfaits et fonctionnent en régime linéaire. La résistance RG est une résistance externe qui permet de régler l’amplification différentielle AD.
3. Déterminer l'expression de la tension de sortie de l’amplificateur d’instrumentation vs en fonction de v1 et v2.
4. Déterminer l'expression de vA - vB en fonction de RG et de l’intensité du courant qui traverse cette résistance.

Déterminer l'expression de v1 - v2 en fonction de R et RG et de l’intensité du courant qui traverse ces résistances.

En déduire l’expression de v1 - v2 en fonction de vA - vB, R et RG.

1. Montrer que la tension de sortie peut s’écrire .
2. Pour R = 25 kΩ, calculer la valeur de la résistance RG qui permet d’obtenir une amplification différentielle AD = 200.

********