Travaux dirigés sur les capteurs

## Exercice.1 : Boucle de courant analogique 4-20 mA

La boucle de courant 4-20 mA est un moyen de transmission permettant de transmettre sur une grande distance un signal analogique, généralement délivré par un capteur, sans perte ou modification de ce signal.

Sur de grandes distances, l'utilisation d'une simple variation de tension n'est pas assez fiable, car un changement dans la longueur et la résistance des fils a pour conséquence de modifier la valeur mesurée.

Pour le démontrer, prenons l'exemple d'un capteur délivrant une tension V comprise entre 0 V et 5 V à un récepteur consommant un courant d'intensité I = 100 mA. Les fils de liaison possèdent chacun une résistance linéique ρL\_ = 10-3 Ω.m-1 et ont chacun une longueur l = 100 m.

1 a) Exprimer, puis calculer numériquement la tension VR aux bornes du récepteur lorsque le capteur délivre la tension maximale (5 V).



1 b) Reprendre la même question pour une liaison de longueur double et conclure sur l'influence des fils de liaison.

2. Boucle de courant

La boucle 4-20 mA comprend un émetteur, l'alimentation de la boucle, les fils de la boucle et le récepteur.



L'émetteur est composé d'un capteur qui va mesurer les grandeurs physiques comme la température, la pression... et d'un convertisseur qui transforme la valeur mesurée par le capteur en un courant compris dans l'intervalle 4-20 mA. On a un courant de 4 mA pour la première valeur de l'échelle de mesure du capteur et de 20 mA pour la dernière mesure du capteur. Par exemple, si on utilise un capteur qui doit mesurer une température de -40 °C à 50 °C, 4 mA correspondra à -40 °C et 20 mA à 50 °C. Lorsqu'on lit 0 mA, cela signifie que la boucle ne fonctionne plus ou qu'il y a une rupture dans les liaisons.

1. Exprimer la tension VR lorsque la boucle de courant est parcourue par le courant I. Quelle est l'influence des résistances de la boucle sur cette tension ?
2. Sachant que R = 250 Ω. calculer numériquement les valeurs maximale et minimale VRmin et VRmax,correspondant à la première et à la dernière valeur de l'échelle du capteur.

## Exercice .2 : Convertisseur AN

La masse d’une essoreuse est mesurée par un système de pesage analogique délivrant un signal 4-20 mA pour une masse variant de 0 à 4 095 Kg. La conversion est réalisée par un convertisseur 12 bits en code binaire naturel.

**1.** Donner la résolution (en masse) du convertisseur.

**2.** A quelle combinaison exprimée en binaire puis en hexadécimal correspond la masse 1 600 Kg ?

**3.** A quel courant correspond cette masse ?

## Exercice .3 CNA

Un nombre binaire se présente ainsi.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n |  | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | n éléments |
| an |  | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | =01010 (nombre binaire) |
| × |  | × | × | × | × | × |  |
|  |  | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 |  |
|  |  | 0+ | 8+ | 0+ | 2+ | 0 | = 10 (nombre décimal) |
| MSB |  |  |  |  |  | LSB |  |

( a2, a1 ,a0 ) est la décomposition binaire d’un nombre décimal N .

Ecrire la relation entre N , a0 ,a1 et a2 .

a0 , a1 et a2 prennent la valeur 0 si l’interrupteur est relié à la masse et 1 si l’interrupteur est relié à Vcc .

1. Par la méthode de superposition retrouver .
2. Donner le nombre de points à pleine échelle
3. Quel est le nombre max
4. Quelle est la tension de pleine échelle.
5. Quelle est la résolution ou quantum

 



## Exercice .4

Afin d'adapter la vitesse de fonctionnement du moteur à la pression P du réseau de sortie, on mesure la pression à l'aide d'un capteur de pression PT monté sur le réseau de sortie d'eau. Le pressostat fournit ensuite une tension continue UPT, image de la pression P.



Le convertisseur analogique-numérique utilisé sera considéré comme ayant une résistance d'entrée infinie d'où i = 0. Pour le pressostat, UPT = kP avec k = 2,0 V.bar-1;la pression maximale à mesurer est de 10 bars.

On donne :

R2 = 1kΩ et le curseur du potentiomètre est en position médiane.

R3 = 1kΩ.

4.1 Calculer la valeur à donner à la résistance R1, sachant que la tension u0 appliquée à la carte contrôle du variateur doit être égale à 10V lorsque la pression à mesurer est maximale.

4.2 Le convertisseur analogique-numérique doit pouvoir convertir une tension u0 comprise entre 0 et U0max = 10V ; la tension u0 est codée sur n = 8 bits ; on définit la résolution r = U0max/2n. Calculer r et en déduire la plus petite valeur de la pression que l'on peut mesurer.

4.3 La pression P sur le réseau de sortie d'eau est fixée à 6 bars. Quel sera le mot binaire qui codera la tension u0 correspondante ?

## Exercice.5 : Capteur de puissance réactive

Le capteur de puissance réactive est représenté sur la figure 3. Il est constitué :

 - d'un capteur de courant L1 tel que  = (ip et is, sont les intensités instantanées des courants primaire et secondaire).

- d'un capteur de courant L2 utilisé en capteur de tension, tel que 

Les courants d'entrée du multiplieur sont négligeables, ainsi que les impédances d'entrée des capteurs de courant L1 et L2.



***Capteur de courant***

* 1. La résistance Ra , placée en parallèle sur la sortie du capteur de courant L1, permet d'obtenir en sortie v1 = 10 V lorsque l'intensité iR au primaire vaut 10 A. Calculer Ra.
	2. Calculer le coefficient Ka, du capteur tel que v1 = Ka.iR

***Capteur de tension***

2.1. Calculer les résistances R1 et RV, du capteur de tension pour obtenir en sortie v2 = 10 V avec i’p= 10 mA, lorsque uST = 600V.

2.2. Le coefficient KV du capteur est tel que v2 = KV.uST. Vérifier que KV = 1,7 10 -2 .

***Le multiplieur***

vR , vS , et vT sont les tensions simples du réseau triphasé de pulsation ω *=* 100π rad.s-1 et de valeur efficace V = 220 V.

*  et ,
* le multiplieur réalise : v3(t) = km x v1(t) x v2(t) avec km = 0,10 V-1

3.1. Représenter les vecteurs de Fresnel représentatifs de vR(t), vS(t) et vT(t). En déduire que

.

3.2. Exprimer littéralement la sortie v3(t) du multiplieur en fonction de iR(t) et uTS(t) t de Ka, KV, et km.

 3.3. Montrer que v3(t) s'exprime sous la forme

v3(t) = V0 + v(t)

où V0 est une tension proportionnelle à la puissance réactive Q absorbée par la charge, et v(t) une tension sinusoïdale de pulsation 2ω

On rappelle que cosa.cosb =  .(cos(a + b) + cos(a – b)).

***Filtrage : on veut obtenir une tension vu, proportionnelle à la puissance réactive Q.***

4.1. Quel type de filtre proposeriez-vous ?

4.2. Donnez un ordre de grandeur de la fréquence de coupure de ce filtre ?

## Exercice .6 : Capteur de courant

Pour assurer le fonctionnement de l’ensemble à la résonance, le module de commande compare une image du courant dans le four à une image de la tension appliquée de façon à détecter d’éventuels déphasages et à ajuster la fréquence de la tension en fonction de ceux-ci.

L’image du courant est obtenue à l’aide d’un capteur « à compensation de courant », représenté schématiquement à la figure 3 ; une étude sommaire de ce capteur est proposée.

Sur un circuit magnétique en forme de tore sont bobinés n0 tours de fil, parcourus par un courant d’intensité i0. Le fil parcouru par le courant à mesurer traverse la partie évidée du tore, constituant ainsi une unique spire. Les courants i et i0, lorsqu’ils sont de même signe, créent des flux qui s’opposent.

*L’ensemble obéit au Théorème d’Ampère que l’on utilisera sous la forme*



Le circuit magnétique comporte un entrefer dans lequel est placé un capteur à effet Hall délivrant une tension v1 proportionnelle à la valeur b de l’intensité du champ magnétique dans lequel est plongé le capteur :

.

Cette tension est transformée en un courant i0 par un amplificateur de transconductance A, supposé parfait, et obéissant à la loi

.

***1.*** Compte tenu de ce qui a été décrit précédemment, calculer la somme ε des ampères-tours (on comptera positivement les ampères-tours créés par i, et négativement ceux créés par i0).

***2.*** Dans le cas où le fonctionnement est idéal, h est nul dans tout le circuit magnétique. Exprimer alors i0 en fonction de i et de n0.

***3.*** La perméabilité relative du matériau constituant le tore étant très élevée, on admettra que seul le terme ( hl ) correspondant à l’entrefer est à prendre en considération. Etablir la relation entre h, la longueur e de l’entrefer, n0 et les intensités i et i0. En déduire la relation entre b, e, n0i, i0 et µ0 ( perméabilité magnétique du vide, de l’air, et de la sonde à effet Hall).

***4.*** Exprimer v1 en fonction des grandeurs précédentes et de k. A partir de cette relation et de la caractéristique de l’amplificateur de transconductance, déterminer l’expression de i0 en fonction de i et des caractéristiques du montage.

***5.*** On désire modéliser le capteur sous la forme classique représentée à la figure. 4.

*5.1.* Que vaut la variable r de l’extrémité de la chaîne de retour ? En déduire la valeur de la transmittance K1.

*5.2.* Déterminer H1

*5.3.* Déterminer la fonction de transfert T = i0/i de l’ensemble. Retrouver pour cette méthode l’expression de i0 en fonction de i.

*5.4.* A quelle condition cette fonction de transfert est-elle voisine de celle obtenue à la question 2 ci-dessus ?

|  |  |
| --- | --- |
|  ***fig 3*** | ***fig 4*** |

## Exercice.7 Filtrage du signal de la génératrice tachymétrique

Une génératrice délivre une f.é.m. EG(t) ondulée ( figure 3). Lorsque le moteur tourne à 3000 tr/mn, le fondamental de l’ondulation a une fréquence de 200 Hz et une valeur crête à crête de 1 V. La valeur moyenne de la tension de la génératrice est alors de 9 V.



***Figure 3***

* 1. Donner l’expression de EG(t) en définissant les valeurs numériques de tous les paramètres, en admettant que EG(t) se compose uniquement de sa valeur moyenne et de son fondamental.
	2. Pour filtrer la tension délivrée par la génératrice, on place à ses bornes un condensateur de capacité C (figure 4).



***Figure 4***

* + 1. Soit **E1** l’expression complexe du fondamental de l’ondulation.

La génératrice a une résistance interne R’ de 50 Ω ; donner un modèle électrique équivalent à l’ensemble génératrice condensateur pour le fondamental de l’ondulation.

* + 1. Calculer la transmittance du filtre **UGT**/ **E1**
		2. Représenter la courbe de gain en coordonnées de Bode
		3. On veut atténuer de 20 dB le fondamental de l’ondulation. Quelle valeur doit prendre le produit R’C ? En déduire la valeur de C nécessaire.