

# Système de Mesure de Déplacement Linéaire à Capteur Inductif de type ACCEL IW 12

Monica-Anca Chita<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Université de Pitesti, Pitesti, 110040, Romania.

\*chita\_monica@yahoo.com et monica.chita@upit.ro

**Abstract:** Le travail présente un système de mesure de déplacement linéaire à capteur inductif de type IW 12 (fabriqué par ACCEL), connecté par l'intermédiaire d'une interface parallèle à un ordinateur personnel, qui peut être appliqué dans les divers domaines (industriel, aéronautique, militaire, nucléaire).

## 1 Introduction

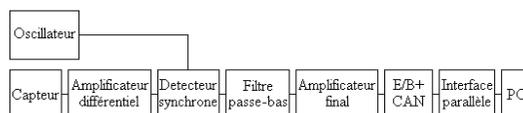
Un capteur inductif est capable, moyennant un conditionnement électronique adéquat, de déterminer un déplacement linéaire avec une très bonne précision. Le principe de fonctionnement du capteur [2] est fondé sur la modification de l'inductance propre de deux bobinages provoquée par le déplacement en leur intérieur d'un noyau plongeur ferromagnétique.

Le capteur inductif IW 12 se compose de deux bobines en séries qui sont logées et surmoulées dans un cylindre en métal inoxydable, alimentées à 10 kHz par un oscillateur externe. Un noyau en mumétal, dont la position sur l'axe commun de deux bobines est commandé par le déplacement à mesurer, détermine l'impédance de ces bobines et, par suite, la répartition des tensions à leurs bornes. Les deux bobines sont placées dans les branches contiguës d'un pont de courant alternatif, la tension de déséquilibre ainsi obtenue étant une fonction linéaire de la position du noyau dans la plage de mesure.

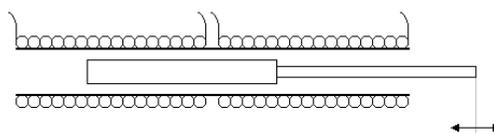
Le schéma de principe du système de mesure de déplacement linéaire [1] à capteur inductif est donné par la Fig.1.

Le capteur se compose donc de deux bobines identiques à l'intérieure desquelles se déplace un noyau commun (Fig. 2) dont le déplacement de

part et d'autre de la position médiane entraîne des variations en sens opposé de leurs inductances: on obtient un fonctionnement en push-pull



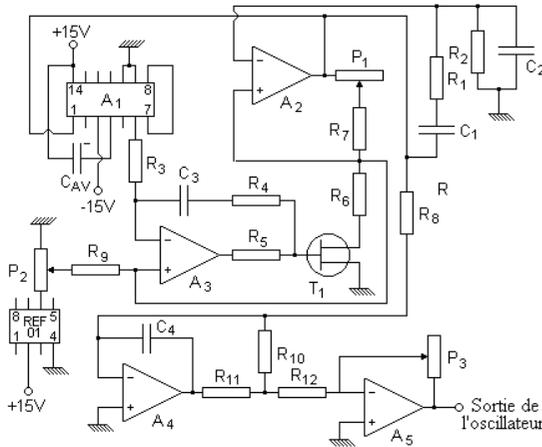
**Figure 1.** Le schéma de principe du système de mesure de déplacement linéaire à capteur inductif.



**Figure 2.** Schéma de principe d'un capteur inductif avec deux bobines connectées en push-pull.

## 2 L'Analyse du Circuit de Mesure de Déplacement

L'alimentation des bobines est réalisée par l'intermédiaire d'un oscillateur externe à contrôle automatique de gain pour éviter les fluctuations et comme la mesure de déplacement se fait en fonction de l'amplitude du signal modulé, l'oscillateur utilisé pour fournir la porteuse doit être très stable (Fig.3).

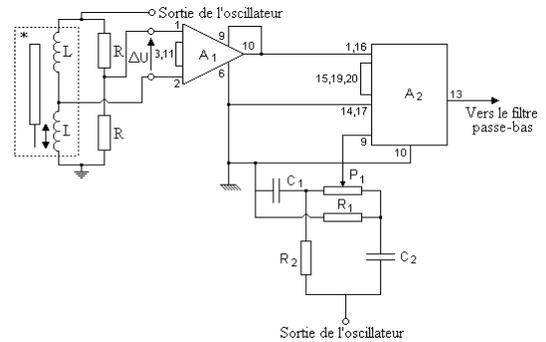


**Figure 3.** Le schéma de l'oscillateur à contrôle automatique de gain.

Cet oscillateur utilise un pont de Wien construit autour d'un amplificateur opérationnel, la fréquence d'oscillation étant déterminée par les composants R et C. Bien que le pont de Wien puisse générer un signal sinusoïdal pur, un contrôle automatique de gain est requis pour régler l'amplitude de sortie. Le montage a été réalisé autour d'un intégrat de type AD 536J (A1), un convertisseur rms/dc, qui détecte le signal de sortie et le convertit en sa valeur efficace. Un amplificateur opérationnel (A3) compare ensuite la sortie rectifiée avec une tension continue de référence (donnée par la composant REF 01). Dans ce processus l'amplificateur intègre l'entrée et soumet la sortie résultante à la base du transistor T (J-FET). C'est la différence de potentiel qui apparaît aux bornes de ce transistor qui ajuste le gain. On obtient alors un signal sinusoïdal très pur et de gain fixe. Pour que la charge imposée à l'oscillateur ne vienne pas perturber le contrôle automatique de gain, un dernier étage amplificateur est utilisé et c'est lui qui fournit la puissance nécessaire au reste du circuit, tout en ayant comme autre avantage de pouvoir régler l'amplitude nominale du signal.

La détection synchrone se fait à la sortie du pont de mesure (fig. 4). On utilise d'abord un

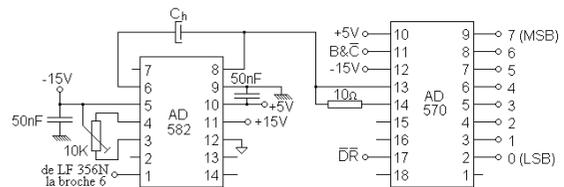
amplificateur différentiel A1 (de type AD 624), qui permet d'amplifier la différence de potentiel existant entre les deux branches du pont de mesure, et de plus, il permet de ne pas perturber le pont par toutes les opérations que subit le signal après sa sortie. Ensuite on démodule le signal obtenue à l'aide de l' A2 (un AD 630), puis le signal est filtré, par l'intermédiaire d'un filtre passe-bas et amplifié, utilisant un amplificateur final de type LF 356N (vois figure 1).



**Figure 4.** Ensemble capteur, amplificateur différentiel et démodulateur avec correction de phase sur la porteuse.

Le signal résulté à la sortie d'amplifier final s'applique à un ensemble qui est constitué d'un échantillonneur-bloqueur (de type AD 582) et un convertisseur analogique-numérique (de typer AD 570) (Fig. 5).

L'ensamble est connecté à un ordinateur personnel par l'intermédiaire d'une interface parallèle, de type PDMA-16, parce que celle assure une complexité hardware et software réduite.



**Figure 5.** Ensemble échantillonneur-bloqueur/ convertisseur analogique-numérique.

## 2 Le Modelage et la Simulation avec SPICE

Pour la vérification du fonctionnement du système de mesure à capteur inductif a été réalisé un modelage SPICE [4] de l'ensemble fonctionnel. Ainsi dans la construction du modèle SPICE pour le système de mesure de déplacement linéaire avec capteur inductif a été utilisé pour l'oscillateur une source de tension sinusoïdale de fréquence fixe, 10 kHz et amplitude constante, 1V, permettant une diminution considérable du volume de calcul. Pour l'amplificateur différentiel AD 624 et pour le démodulateur (détecteur synchrone) AD 630 ont été utilisés leurs modèles du bibliothèque SPICE. Le modèle du capteur inductif a été réalisé par tenant compte de les données de catalogue et les résultats expérimentaux obtenus.

La nécessité d'atténuation des composantes alternatives de la tension de sortie du détecteur synchrone a imposé l'étude du filtre passe-bas. Pour une déplacement linéaire de 9 mm, cette tension est représentée par la Fig. 6, alors que ses composantes spectrales sont présentées dans la tableau 1.

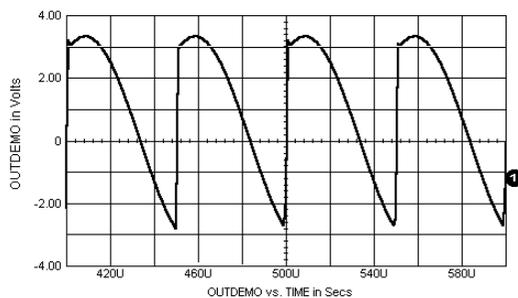


Figure 6. La tension de sortie du détecteur synchrone.

Table 1. Composantes spectrales.

Numéro de la composante spectrale	Fréquence [kHz]	Amplitude [V]
0	0	1.069
1	10	0.0104
2	20	2.53

Pour une atténuation forte du composante de fréquence 20 kHz, qui est la plus dérangeant, ont

été utilisées deux cellules de filtrage de type filtre passe-bas avec la fréquence de coupe  $f_t = 100$  Hz et une atténuation de 20 dB/décade.

Dans la figure 7 est représentée la tension de sortie du système de mesure de déplacement linéaire à capteur inductif, pour un déplacement  $d = 9$  mm. On peut remarquer la nécessité d'un temps de mesure d'au moins 30 ms. Les composantes spectrales les plus importantes sont présentées dans le tableau 2.

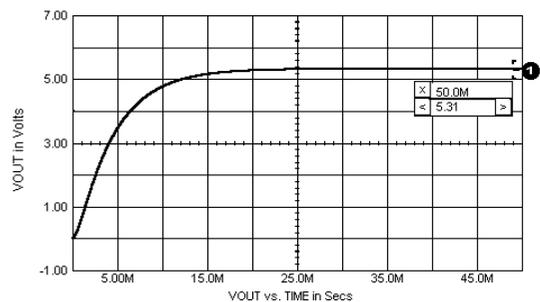


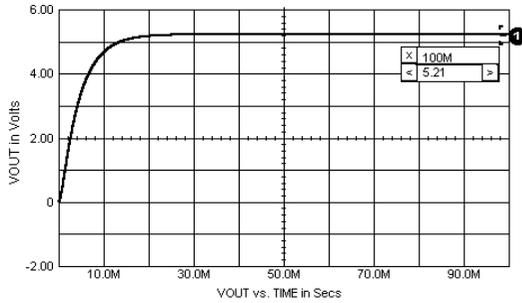
Figure 7. La tension de sortie du système de mesure de déplacement linéaire à capteur inductif.

Table 2. Les composantes spectrales les plus importantes

Numéro de la composante spectrale	Fréquence [kHz]	Amplitude [V]
0	0	5.31152
1	10	0.000023
2	20	0.000303

La modification de l'amplitude de l'oscillateur avec 1% a conduit à la modification du tension de sortie dans la même mesure (1%).

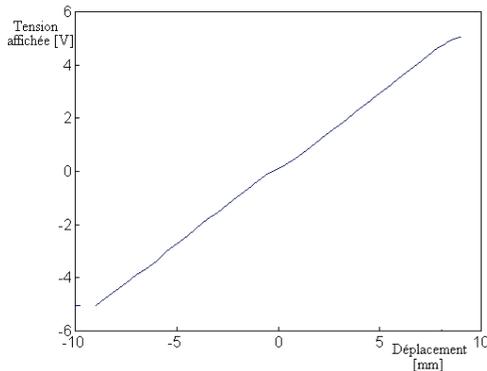
La modification du fréquence de l'oscillateur est également une source d'erreur, une modification du fréquence de l'oscillateur avec 3% a déterminé, derrière du simulation, une croissance de la tension de sortie avec 4.12 %, mais une diminution du fréquence de l'oscillateur avec 1% a conduit à la baisse du tension de sortie avec - 1.87%. Ainsi dans la figure 8 est présentée la tension de sortie pour cette dernière situation.



**Figure 8.** La variation de la tension affichée en fonction de déplacement.

### 3 Des Résultats Expérimentaux

Les mesures ont été effectuées pour des déplacements du noyau ferromagnétique dans le domaine  $[-9, +9]$  mm. Les résultats expérimentaux obtenus sont représentés par la Fig. 9 et ont été commentés utilisant le langage MATLAB, ce qui a conduit à la diminution du temps nécessaire pour l'écriture des programmes, faisant usage des fonctions spécialisées existant et des facilités graphiques du MATLAB.



**Figure 9.** La variation de la tension affichée en fonction de déplacement.

### 4 Conclusions

Comme suite de l'importance spéciale accordée à l'oscillateur à contrôle automatique de gain (qui doit être très stable), à l'utilisation des composantes électroniques sensibles et de qualité, le système de

mesure présenté permet la mesure du déplacement linéaire avec une erreur de linéarité de 0.602%.

La simulation a mis en évidence le fonctionnement du système de mesure et a permis son optimisation. On a été observé que la précision avec laquelle se mesure le déplacement dépend tant de la linéarité du capteur, tant que de la stabilité de l'oscillateur (en fréquence et amplitude). On ne doit pas négliger ni la caractéristique du filtre passe-bas. Ainsi une fréquence de coupe très petite du filtre passe-bas permet un bon filtrage nécessaire à une mesure. Par exemple, pour une fréquence de coupe de 100 Hz, l'intervalle de temps nécessaire à une mesure, avec une précision meilleure de 1% est de minimum 150 ms. Par exemple, pour une fréquence de coupe de 100 Hz, l'intervalle de temps nécessaire à une mesure, avec une précision meilleure de 1% est de minimum 150 ms.

L'utilisation du capteur inductif de type ACCEL IW 12, avec les caractéristiques techniques présentées en le tableau 1, tenue aux chocs, vibration et humidité et avec un large domaine de mesure, élargit les domaines de l'applicabilité du système présenté.

### Bibliographie

- 1) P. Parrate et P. Robert, *Systèmes de mesures*, (Edition Dunod, Paris, 2003), 41.
- 2) G. Asch et collaborateur, *Les capteurs en instrumentation industrielle*, (Edition Dunod, Paris, 2001), 67.
- 3) \*\*\* Documentation ACCEL.