

Accéléromètres linéaires à balances de forces



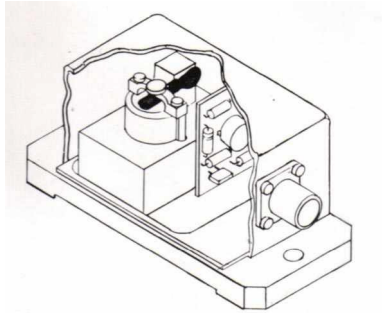
Technologie des servo-accéléromètres à balances de force.

Préambule

Dans la jungle des technologies utilisées pour mesurer une accélération, le concept basé sur la balance de forces est celui qui offre, pour certaines applications, les avantages les plus consistants. Les éléments sensibles piézoélectriques, s'ils offrent des bandes passantes larges ne permettent pas de mesurer l'accélération continue. Les capteurs LVDT, potentiométriques, à réluctance variable ou les capacitifs permettent cette mesure continue mais présentent des inconvénients inhérents à la technologie utilisée. Ces inconvénients se traduisent par une imprécision liée, pour les LVDT, potentiométriques et à réluctance, au déplacement important de la masse inertielle créant des erreurs de non-linéarité, hystérésis, non-fidélité et valeurs minimums de seuil de déclenchement. Pour les capacitifs, si les déplacements sont plus faibles, les imprécisions tiennent plus au mode de traduction du mouvement et aux niveaux de bruit. Les capteurs résistifs, basés sur des ponts de Wheatstone ne nécessitent pas de déplacements importants mais présentent une instabilité due, entre autre, aux effets de la température, au fluage et au vieillissement.

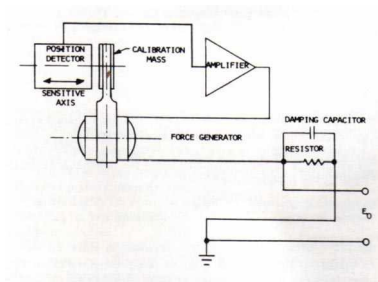
Ce qui suit traite des capteurs à balance de force.

Comment cela fonctionne-t-il ?



Le comportement d'un accéléromètre est expliqué par la seconde loi de Newton ou la Force est égale à la masse multipliée par l'accélération : $F = M\gamma$. Cette loi permet d'affirmer que si une masse subit une accélération, une Force proportionnelle à cette accélération doit exister. Si cette force peut être mesurée, l'accélération peut en être déduite. Dans le cadre d'accéléromètres de type pendulaire, la forme polaire de l'équation est applicable. Le couple de torsion T est égal à la masse pendulaire fois l'accélération ou $T = M\gamma$.

L'accéléromètre pendulaire à balance de force est constitué d'un détecteur de position, pas nécessairement linéaire, d'un amplificateur et d'un système électromécanique. L'ensemble a pour fonction de convertir l'effort mécanique en un courant proportionnel identique mais de signe opposé. La position de la masse pendulaire couplée au générateur de force est contrôlée par le détecteur de position. Une variation externe induisant un changement de position de la masse résulte en une combinaison de réaction ' capteur de position, amplificateur ' qui conduit le générateur de force à ramener la masse pendulaire dans sa position initiale. La sortie du capteur est, en réalité la mesure du courant au travers du générateur de force. Ce courant est proportionnel à la force permettant de restaurer la position de la masse et égal mais de signe inverse à l'effort exercé. L'accélération est déduite de la force exercée sur la masse calibrée. Lorsqu'il n'y a pas d'accélération, le courant au travers du générateur de force est nul. Le courant au travers du générateur de force est contrôlé par une résistance disposée en série permettant la lecture d'une tension directement et exactement proportionnelle à l'effort mécanique initial. Un amortissement électrique est réalisé avec une capacité en parallèle sur la résistance.



Le circuit constitué par la résistance et la capacité élimine les hautes fréquences de l'amplificateur de tension, ces hautes fréquences, par ailleurs nécessaires pour le courant de restauration.

L'option ' HP '

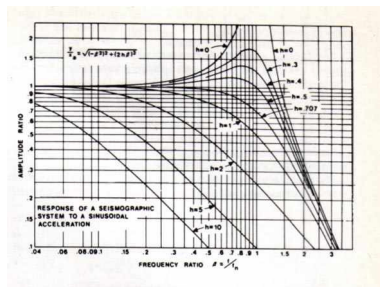
Un accéléromètre à balance de force impose l'utilisation d'une masse suspendue permettant ainsi de traduire l'accélération en force mesurable. Un moyen doit être également présent pour appliquer un courant au circuit de la bobine magnétique de sorte à contrebalancer la force induite par d'accélération. Cet équipement ' mobile ' est un ' forceur ' ou un ' coupleur '. Le problème le plus critique pour ce générateur de couple réside dans la méthode utilisée pour suspendre la masse. Cette suspension doit permettre le mouvement selon un seul axe et éliminer tout mouvement transverse. Mais cette suspension ne doit pas ajouter d'efforts comme des efforts de friction ou des effets de ressort. Le support doit également être suffisamment robuste pour survivre dans l'environnement physique sans être endommagé. Trois méthodes sont utilisées habituellement : Bandes en flexion, bandes tendues et roulements ou pivots. Si les deux premiers concepts ne présentent pas de frottements, la bande tendue est sujette aux transverses et doit impérativement être maintenue dans un fluide pour s'affranchir d'efforts et vibrations parasites. Les deux types sont fragiles, le dispositif métallique en flexion peut, lors d'un choc, être déformé définitivement ce qui induit une erreur de biais du zéro, les types non métalliques peuvent se casser et les ensembles rigides ont pour conséquence des erreurs de linéarité.

L'usage de pivots permet de limiter les efforts de frottements appliqués entre les extrémités de l'axe de suspension et le fond conique des pivots. De ce fait, les transverses sont éliminées et l'inertie réduite à néant permet un seuil de déclenchement particulièrement bas. L'inconvénient de ce dispositif est sa relative fragilité dans le cadre de certaines applications. Toutefois, ce concept répond en terme de précision et de fiabilité à la plupart des applications.

Pour les capteurs hautes performances, les pivots sont remplacés par des roulements à bille micro-usinés. Ces roulements aux billes de céramique ont des tolérances d'usinage 20 fois supérieures à celles des pivots. Ce système ne se détériore pas au fil du temps et offre une précision importante lors de mesures statiques dans des environnements vibratoires importants. C'est ce qui est utilisé pour les instruments ' HP '.

Ce dispositif rivalise avec les meilleures barres de flexion et offre une tenue aux chocs et vibrations élevées très nettement meilleure.

La réponse en fréquence des accéléromètres à balance de force fait l'objet de la figure suivante.



Explication des caractéristiques

Facteur d'échelle : Le facteur d'échelle est le rapport existant entre la variation de sortie de l'instrument par rapport à la variation du phénomène appliqué à l'entrée. Dans le cas des capteurs qui nous intéressent, la valeur est exprimée en V/g.

Les accéléromètres à balances de forces peuvent être utilisés pour mesurer un angle grâce à une mesure de la projection de g. La valeur mesurée est alors le Sinus de l'angle appliqué. Pour déterminer l'angle, la formule $\theta = \text{Sin}^{-1} E_0/K$ ou θ est l'angle, E_0 la sortie mesurée et K la sortie pour 90 degrés angulaires. Lorsque l'instrument est utilisé avec le modèle DVM, ce calcul est directement réalisé par l'électronique.

Biais : Ou tension de sortie lorsque aucun phénomène mécanique n'est appliqué.

Axe d'entrée : C'est l'axe selon lequel le phénomène est mesuré.

Transverses : C'est la sensibilité de l'instrument aux phénomènes n'étant pas appliqués selon l'axe de mesure mais selon d'autres axes.

Erreur composite : Il s'agit de la déviation maximale de la sortie par rapport au phénomène réel. Cette erreur comprend habituellement les effets d'hystérésis, la résolution, la non-linéarité, la non-fidélité et autres incertitudes entachant la valeur de la sortie. D'ordinaire, cette erreur composite est exprimée en pourcentage de la pleine échelle de sortie.

Fidélité : Il s'agit de la capacité du capteur à restituer pour un phénomène mécanique de même valeur une mesure correspondante lorsque les conditions d'environnement sont identiques. La fidélité contient les valeurs de seuil de déclenchement, la résolution et d'autres incertitudes entachant la valeur de sortie.

Linéarité : L'erreur de linéarité est la déviation de la sortie mesure par rapport à une ligne droite définie par l'entrée zéro (le biais) et le coefficient du facteur d'échelle.

Hystérésis : C'est l'erreur de sortie que présente le capteur entre application croissante puis décroissante du phénomène sur l'ensemble de la plage de mesure.

Résolution : Il s'agit de la plus forte valeur pour une variation minimum du phénomène mécanique plus grand que le seuil de déclenchement et produisant une variation en sortie équivalente à un pourcentage spécifié (au moins 50 %) de variation supposée de la sortie en utilisant le facteur d'échelle nominal.

Seuil : C'est la valeur absolue du phénomène la plus forte du minimum en entrée produisant un signal de sortie d'un pourcentage spécifié (au moins 50 %) en utilisant le facteur d'échelle

Erreur de rectification : C'est l'erreur induite sur le signal de sortie par une perturbation vibratoire.

Conclusions

Les accéléromètres à balances de force et leurs dérivés comme les inclinomètres pour mesurer des angles ou les accéléromètres angulaires utilisés pour mesurer une vitesse angulaire sans être perturbés par les accélérations linéaires, existent en différents types distingués par leur sensibilité, leur volume, leur capacité à fonctionner en environnement ou existent des chocs et des vibrations, en environnement thermique particuliers etc. .. Ils se distinguent aussi par l'éventuel amortissement mécanique ou électrique, les moyens de montage et d'installation ainsi que le raccordement électrique de la sortie.

Les critères de choix sont fonction du type d'application comme Génie Civil ou Avionique, Missiles etc. ...

Giacintec Mesure, Télémessure, Equipement
7 rue Gounod - 94 400 Vitry sur Seine – France
Tel : 33 (0) 1 46 80 96 91 - Mobile : 33 (0) 6 84 61 15 46
Courriel : giacintec@aol.com

T.C.E. Télémessure, Capteurs, Electronique
708 Av. de Caupos - 40 600 Biscarrosse - France
Tel : 33 (0) 5 58 78 16 48 - Mobile : 33 (0) 6 71 33 55 77
Courriel : tce40@hotmail.fr