(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 910 962**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **07 00033**

(51) Int Cl[8] : ***G 01 D 18/00*** *(2006.01), G 01 K 19/00*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 03.01.07.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 04.07.08 Bulletin 08/27.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *SOCIETE DE TECHNOLOGIE MICHELIN Société par actions simplifiée* — FR et *MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE SA* — CH.

(72) **Inventeur(s) :** FAGOT REVURAT LIONEL.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN.

(54) METHODE DE CALIBRATION POUR CAPTEURS SAW.

(57) Procédé de calibration pour un capteur SAW de type résonateur différentiel, incorporé dans un ensemble, le capteur ayant deux fréquences de résonance qui évoluent différemment en fonction de la valeur d'une grandeur physique de l'ensemble, le procédé comportant les étapes suivantes: (A) Etablir une fonction de calibration moyenne reliant la fréquence différentielle, et la grandeur physique, la fonction de calibration moyenne étant obtenue en moyennant sur une pluralité de capteurs du même type; (B) Déterminer la fréquence différentielle du capteur lorsque la grandeur physique correspond à une valeur prédéterminée; (C) Déterminer le décalage du capteur par rapport à la fonction de calibration moyenne; (D) Déterminer la valeur de la grandeur physique correspondant à la fréquence différentielle mesurée, en tenant compte du décalage.

FR 2 910 962 - A1

Méthode de calibration pour capteurs SAW

Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne les méthodes de calibration de capteurs SAW équipant un véhicule, et en particulier des capteurs intégrés dans un ensemble pneumatique-roue de véhicules deux-roues motorisés. Par "méthode de calibration" on entend ici la détermination de la relation entre (a) la réponse d'un capteur destiné à mesurer une grandeur physique et (b) la valeur « vraie » de cette grandeur (c'est-à-dire la détermination de la « fonction de calibration »), suivie par l'ajustement de la réponse du capteur, dans le but de réduire l'écart entre la réponse du capteur et la valeur « vraie » de la grandeur physique.

Arrière-plan technologique

[0002] Une onde acoustique de surface (SAW, de l'anglais *Surface Acoustic Wave*) est une onde acoustique qui se propage le long de la surface d'un matériau ayant une certaine élasticité, avec une amplitude qui décroît exponentiellement avec la profondeur du substrat. Les dispositifs SAW qui mettent en œuvre ce type d'ondes sont très couramment utilisés comme filtres, mais trouvent également une application comme capteurs. Les dispositifs SAW se distinguent par leur grande sensibilité, par leur petite consommation en énergie et par la possibilité de les faire fonctionner dans la gamme des fréquences radio, ce qui est avantageux pour la transmission sans fil des données.

[0003] Il est connu d'utiliser des capteurs SAW dans des éléments pneumatique-roue, comme cela est décrit, par exemple, dans le document **WO 2006/058918** où la mesure d'une température du pneumatique est effectuée par un capteur de ce type. Dans ces applications, on peut notamment utiliser des capteurs SAW de type « résonateur différentiel », qui comprennent deux résonateurs ayant des fréquences de résonance différentes (f1 et f2) et qui sont dimensionnés de telle sorte que la différence entre les fréquences (f2-f1) est une fonction de la température.

[0004] Une des difficultés liées à l'utilisation de capteurs SAW consiste en la faible reproductibilité entre différents capteurs, ce dont la Figure 1 donne l'illustration, pour des capteurs de type « résonateur différentiel ». Dans ce cas précis, la valeur de la température n'est reproductible qu'avec une précision d'environ 20° C, ce qui est insuffisant pour la plupart des applications, du moins dans le domaine du pneumatique.

[0005] Plusieurs solutions à ce problème ont été proposées. Il est notamment possible d'associer un dispositif de radio-identification ou RFID (de l'anglais *Radio Frequency Identification*) à chaque capteur SAW, et de stocker la fonction de calibration sur le dispositif RFID (voir, par exemple, le brevet **US 7,129,828**). Lorsque le capteur SAW est interrogé, le lecteur interroge également le dispositif RFID pour récupérer la fonction de calibration correspondante. Cette approche permet effectivement d'obtenir une calibration satisfaisante, mais elle comporte un certain nombre d'inconvénients. Outre le coût élevé, on peut signaler la nécessité d'avoir deux émetteurs (par exemple, à 433 MHz pour le capteur SAW et à 915 MHz pour le dispositif RFID) ainsi que deux antennes, etc.

[0006] Une autre approche a été proposée dans le document **WO 2005/087518**. On y décrit l'utilisation d'une carte mémoire associée à chaque capteur, contenant les paramètres de calibration du capteur. Les cartes mémoire sont mises en place dans le lecteur après l'installation des capteurs sur le véhicule. On peut ainsi obtenir une bonne calibration, mais un tel système s'expose au risque d'une mauvaise correspondance, c'est-à-dire l'association d'un capteur avec une carte mémoire contenant la fonction de calibration d'un autre capteur.

[0007] Signalons enfin les travaux entrepris par les fabricants de dispositifs SAW pour améliorer la reproductibilité des capteurs SAW, notamment par des procédés de fabrication collective. Des avancées très notables ont été obtenus récemment, mais on peut penser que les nouveaux procédés de fabrication vont conduire à une augmentation des coûts.

[0008] En résumé, la tendance actuelle est de résoudre les problèmes de calibration des capteurs SAW par une complexification des dispositifs et/ou des procédés de fabrication, ce qui entraîne une augmentation des prix.

Description de l'invention

[0009] Un objectif de la présente invention est d'obtenir une amélioration de la précision des mesures obtenues avec les capteurs SAW de type « résonateur » actuellement disponibles, sans augmenter les coûts et sans alourdir l'équipement nécessaire.

[0010] Pour atteindre cet objectif, les inventeurs ont choisi une approche opposée aux tendances du marché, tendances qui vont vers la recherche d'une calibration individuelle de chaque capteur. L'invention se fonde notamment sur l'observation que, si, dans certaines applications des capteurs SAW, une précision de mesure de l'ordre de 20°C est insuffisante, il n'est pas non plus nécessaire d'obtenir une calibration très précise (de l'ordre d'un degré), telle qu'elle peut être obtenue par une fonction de calibration individuelle.

[0011] L'objectif est atteint par un procédé de calibration pour un capteur SAW de type résonateur différentiel, incorporé dans un ensemble, le capteur ayant deux fréquences de résonance (f1, f2) qui évoluent différemment en fonction de la valeur d'une grandeur physique (G) de l'ensemble, le procédé comportant les étapes suivantes :

(A) Etablir une fonction de calibration moyenne ($F_C^{moy}(G)$) reliant la différence entre les deux fréquences de résonance ($\Delta f = f2-f1$), et la grandeur physique (G), la fonction de calibration moyenne étant obtenue en moyennant sur une pluralité de capteurs du même type ($\Delta f = F_C^{moy}(G)$) ;

(B) Déterminer la différence entre les deux fréquences de résonance (Δf_0^{Cap}) du capteur lorsque la grandeur physique (G) correspond à une valeur prédéterminée (G_0) ;

(C) Déterminer le décalage du capteur par rapport à la fonction de calibrage moyenne, en fréquence ou en termes de différence entre la valeur rendue par le capteur (G^{Cap}) et la valeur prédéterminée (G_0) ;

(D) Déterminer une valeur corrigée à rendre par le capteur (G^{corr}), en tenant compte du décalage.

[0012] Selon un mode de réalisation particulier, on considère le décalage du capteur en fréquence ($D_f^{Cap} = F_C^{moy}(G_O) - \Delta f_0^{Cap}$) et la valeur corrigée de la grandeur physique à rendre par le capteur (G^{corr}) pour une différence entre les deux fréquences de résonance du capteur (Δf^{Cap}) est déterminée comme suit :

$$\begin{aligned} G^{corr} &= \left(F_C^{moy}\right)^{-1}\left(\Delta f^{Cap} + D_f^{cap}\right) \\ &= \left(F_C^{moy}\right)^{-1}\left(\Delta f^{Cap} + F_C^{moy}(G_O) - \Delta f_0^{Cap}\right) \end{aligned} \quad (1)$$

où $\left(F_C^{moy}\right)^{-1}(\Delta f)$ désigne la fonction inverse à la fonction de calibration moyenne $F_C^{moy}(G)$.

[0013] Selon un autre mode de réalisation particulier, on considère le décalage du capteur en unités de G ($D_G^{cap} = G_0 - \left(F_C^{moy}\right)^{-1}\left(\Delta f_0^{Cap}\right)$) et la valeur corrigée de la grandeur physique à rendre par le capteur (G^{corr}) pour une différence entre les deux fréquences de résonance du capteur (Δf^{Cap}) est déterminée comme suit :

$$\begin{aligned} G^{corr} &= \left(F_C^{moy}\right)^{-1}\left(\Delta f^{Cap}\right) + D_G^{Cap} \\ &= \left(F_C^{moy}\right)^{-1}\left(\Delta f^{Cap}\right) - \left(F_C^{moy}\right)^{-1}\left(\Delta f_0^{Cap}\right) + G_0 \end{aligned} \quad (2)$$

où $\left(F_C^{moy}\right)^{-1}(\Delta f)$ désigne de nouveau la fonction inverse à la fonction de calibration moyenne $F_C^{moy}(G)$.

[0014] La fonction de calibration moyenne ($F_C^{moy}(G)$) peut être obtenue en moyennant des fonctions de calibration de chacun des capteurs de ladite pluralité de capteurs (F_C^i) selon la formule :

$$F_C^{moy}(G) = \frac{1}{N} \cdot \sum_i^N F_C^i(G). \quad (3)$$

NB : F_C^i est la fonction qui relie, pour chaque capteur i, la valeur Δf^i du capteur à la grandeur physique G : $\Delta f^i = F_C^i(G)$

[0015] Une autre façon d'obtenir une fonction de calibration moyenne consiste à ajuster un polynôme, par exemple d'ordre 2, à l'ensemble des fonctions de calibrations individuelles, ce qui permet notamment de choisir une plage réduite de la grandeur physique pour laquelle la méthode de calibration est optimisée.

[0016] L'invention peut notamment trouver application dans des ensembles où l'espace disponible pour des systèmes de mesure est réduit et/ou où les contraintes de coût sont importantes, comme par exemple la mesure de la température d'un pneumatique faisant partie d'un ensemble pneumatique-roue d'un véhicule, et notamment d'un véhicule deux-roues motorisé (motocyclette).

[0017] Lorsqu'on s'intéresse à la température d'un pneumatique, on s'intéressera en général à une température relative à une température de référence. La grandeur physique (G) est alors la différence entre la température du pneumatique et une température de référence. A titre d'exemple, la température ambiante, la température de l'huile du moteur du véhicule, ou encore la température de l'eau de refroidissement peuvent notamment servir de température de référence.

[0018] Selon un mode de réalisation préférentiel, l'étape (A) du procédé selon l'invention (c'est-à-dire l'établissement d'une fonction de calibration moyenne) est exécutée une fois pour toutes, en amont, par exemple par le fabricant de capteurs.

[0019] Les étapes (B) et (C) sont, de préférence, effectuées périodiquement. Dans le cas de la mesure de la température d'un pneumatique d'un véhicule, ces étapes impliquent la mesure de la température du pneumatique lorsque celui-ci a une température connue par ailleurs. La configuration la plus simple est d'utiliser la température ambiante comme température de référence et de déterminer le décalage du capteur lorsqu'on est sûr que le pneumatique est a la température ambiante, c'est-à-dire lorsque le véhicule est à l'arrêt. Pour éviter les périodes où, bien que le véhicule soit à l'arrêt, le pneumatique est en train de refroidir et n'a pas encore atteint la température ambiante, il est proposé d'exécuter l'étape (B) seulement lorsque la durée de l'arrêt dépasse une limite prédéterminée (par exemple, une heure).

[0020] Plusieurs moyens peuvent être utilisés pour détecter que le véhicule est à l'arrêt ; citons la présence de la clé de contact, l'état de l'embrayage (point mort), le kilométrage du compteur kilométrique, le nombre de tours effectués par le moteur, ou l'un des paramètres fournis par un système ABS. Dans le cas d'une motocyclette, on pourrait également envisager l'utilisation d'un capteur de poids permettant de conclure à l'absence du conducteur.

[0021] L'invention pourrait être utilement appliquée à des capteurs autres que des capteurs SAW qui souffrent d'une mauvaise reproductibilité.

Brève description des dessins

[0022] L'invention sera mieux comprise grâce à la description des dessins selon lesquels :

- la Figure 1 montre la dispersion des valeurs obtenues avec une vingtaine de capteurs SAW différents ;
- la Figure 2 illustre plusieurs fonctions utiles dans la compréhension du procédé selon l'invention ;
- la Figure 3 représente l'écart en température ΔT entre les capteurs SAW de la Figure 1 et la fonction de calibrage moyenne, en fonction de la valeur de Δf, après correction du décalage en un point de température T_0 ;
- la Figure 4 montre un schéma de principe de l'application du procédé d'invention à un véhicule ;
- la Figure 5 illustre la précision des résultats obtenus, par le biais de l'erreur quadratique moyenne (σ) pour trois logiques de correction différentes.

Description détaillée des dessins

[0023] La Figure 1 montre la dispersion des valeurs obtenues avec une vingtaine de capteurs SAW de même type. Le graphe montre la différence Δf^i = f2-f1 pour chacun des capteurs (en kHz), en fonction de la température, $\Delta f^i \equiv F_C^i(T)$. Vu l'écart type de la distribution de valeurs pour les capteurs considérés, il est évident que la précision de la mesure ne pourra pas être inférieure à environ 20 °C, ce qui est insuffisant pour un certain nombre de mesures, telle la surveillance de la température d'un pneumatique.

[0024] L'idée de base de l'invention est d'établir une fonction de calibrage moyenne ($F_C^{moy}(T)$), qui correspond par exemple à la moyenne des valeurs obtenues pour N capteurs différents, $F_C^{moy}(T) = \frac{1}{N} \cdot \sum_i^N F_C^i(T)$, et de déterminer, en un point donné ($T = T_0$), le décalage δ^{Cap} du capteur considéré par rapport à cette fonction moyenne :

$$\delta^{Cap} = F_C^{moy}(T_0) - F_C^{Cap}(T_0). \quad (4)$$

On effectue alors une approximation consistant à considérer que ce décalage reste constant sur tout le domaine des températures considéré. On établit donc, pour le capteur considéré, une nouvelle fonction :

$$F_C^{Cap,corr}(T) = F_C^{Cap}(T) - \delta^{Cap} = F_C^{Cap}(T) - F_C^{Cap}(T_0) + F_C^{Moy}(T_0) \quad (5)$$

[0025] La Figure 2 illustre ces différentes grandeurs. Une fois que l'on a déterminé la fonction $F_C^{Cap,corr}(T)$, il est facile d'attribuer, par inversion, à chaque fréquence Δf du capteur une température corrigée T^{corr} :

$$T^{corr} = (F_C^{Cap,corr})^{-1}(\Delta f) \quad (6)$$

[0026] La Figure 3 illustre la validité de l'approximation évoquée plus haut pour les capteurs de la Figure 1. Le graphe montre, pour chaque valeur de Δf (en kHz), la différence entre la température obtenue pour chaque capteur i et la température correspondant à la fonction de calibrage moyenne, après une correction du décalage à une température de référence de 20°C :

$$\Delta T^{i} = (F_C^{Cap,corr})^{-1}(\Delta f) - \left(F_C^{Moy}\right)^{-1}(\Delta f) \qquad (7)$$

On constate que, pour cet exemple, l'approximation selon l'invention permet, pour la totalité des capteurs considérés et sur l'essentiel du domaine des températures considéré un écart inférieur à 5°C, ce qui est à comparer avec la précision de l'ordre de 20° C mentionnée dans la description de la Figure 1. A une température « vraie » de 100° C, correspondant a un Δf de 800 kHz, la précision est d'environ ± 4 °C : la précision de la mesure est améliorée d'un facteur 3.

[0027] La Figure 4 montre un schéma de principe de l'application du procédé d'invention à un véhicule, à un moment où l'étape (A) du procédé selon l'invention a déjà été effectuée : on dispose donc de la fonction de calibration moyenne $F_C^{moy}(G)$ du modèle de capteur qui est utilisé.

[0028] Le véhicule se trouve dans un certain état, caractérisé par les grandeurs 10, qui peuvent comprendre la position « contact » de la clé de contact, l'état de l'embrayage (point mort), le kilométrage du compteur kilométrique, le nombre de tours effectués par le moteur, ou l'un des paramètres fournis par un système ABS. Il s'agit, dans un premier temps, de déterminer si le véhicule est à l'arrêt (et éteint) ou non.

[0029] Si le véhicule est à l'arrêt et éteint, on surveille les températures. Le système « guette » le moment où les conditions de calibrage sont remplies, par exemple lorsque le véhicule a été à l'arrêt pendant un temps préconisé ou la température de l'huile du moteur correspond à la température ambiante etc. Tant que ces conditions ne sont pas remplies, le système continue à surveiller les températures. Lorsque les conditions sont remplies, on attend encore le moment où le véhicule se met à nouveau en marche, puis on procède aux étapes (B) et (C) du procédé selon l'invention. Dans le cas considéré, on détermine la température de référence (par exemple, la température ambiante, la température de l'huile du moteur du véhicule ou du liquide de refroidissement, la température de l'air dans le système d'admission d'air, la température d'un système TPMS (c'est-à-dire d'un système de contrôle de la pression d'un pneumatique), etc.), comprise dans ou déduite des grandeurs mesurées 20 qui sont disponibles. Si cette température de référence est comprise dans une gamme de valeur jugée acceptable (par

exemple, si la température de l'huile est la référence, on attendra que le moteur ait suffisamment refroidi après usage), on détermine la décalage entre la température du pneumatique (telle qu'obtenue par le capteur SAW) et cette température. La calibration du capteur se fera alors comme décrit plus haut, en prenant en compte ce décalage.

[0030] Si, en revanche, le véhicule n'est pas à l'arrêt, on ne détermine pas le décalage mais on utilisera les valeurs du décalage obtenues précédemment.

[0031] Dans l'exemple de la Figure 4, le système attend que le véhicule se mette à nouveau en marche avant de procéder au calibrage proprement dit. Ceci peut s'avérer utile lorsqu'on mesure la température d'un pneumatique d'une motocyclette. Etant donné les distances de lecture des systèmes actuellement utilisés, une lecture fiable de la réponse du capteur n'est possible que lorsque le véhicule est en mouvement : on est alors certain que le capteur se trouve périodiquement près du lecteur, ce qui n'est pas nécessairement le cas quand le véhicule est à l'arrêt. Il ne s'agit cependant pas d'une nécessité inhérente à la méthode selon l'invention. Si on dispose d'un système permettant une lecture à plus grande distance (de l'ordre d'un mètre dans le cas d'une motocyclette), on peut se passer de la deuxième boucle d'interrogation de la figure (« Véhicule en marche ? ») et passer immédiatement à l'étape (C) lorsque les conditions de calibrage sont remplies.

[0032] Pour illustrer encore mieux l'invention, considérons un cas simple, à savoir une situation où la « signature » du capteur SAW peut s'écrire comme un polynôme de deuxième degré :

$$\Delta f^{Cap} = F_C^{Cap}(T) = C_0 + C_1 \cdot (T - T_R) + C_2 \cdot (T - T_R)^2 \qquad (8)$$

où C_0, C_1 et C_2 sont des coefficients et T_R est une température de référence (à ne pas confondre avec la température de référence T_0 de la méthode selon l'invention).

[0033] Cette fonction peut être facilement inversée ; on obtient pour la valeur de température mesurée par le capteur :

$$T^{Cap} = A_0 + \sqrt{A_1 + A_2 \cdot \Delta f^{Cap}} \quad (9)$$

où A_0, A_1 et A_2 sont des coefficients qui peuvent être exprimés sans difficulté en termes de C_0, C_1, C_2 et T_R.

[0034] La correction des valeurs mesurées peut être effectuée de plusieurs manières, dont trois seront décrites dans ce qui suit.

[0035] Considérons une température T_0 de référence (ou de « recalage ») à laquelle la méthode de calibration opère.

[0036] Premièrement (« logique 1 »), il est possible, de déterminer le décalage en fréquence et de corriger en conséquence. En définissant :

$$\delta^{Cap} \equiv F_C^{moy}(T_0) - F_C^{Cap}(T_0) \quad (10)$$

on obtient

$$T^{corr} = A_0 + \sqrt{A_1 + A_2 \cdot \left(\Delta f^{Cap} + \delta\right)} \quad (11)$$

[0037] Deuxièmement, on peut déterminer le décalage en température. Une première voie (« logique 2 ») consiste à considérer la sensibilité moyenne S des capteurs, c'est-à-dire la pente moyenne de la dérivée de la fonction de calibrage moyenne dans le domaine de température considéré. On peut alors postuler :

$$T^{offset} = S \cdot \delta^{Cap} \quad (12)$$

et introduire la correction suivante

$$T^{corr} = A_0 + \sqrt{A_1 + A_2 \cdot \Delta f^{Cap}} + T^{offset} \quad (13)$$

[0038] Une autre voie (« logique 3 ») évite le passage par la sensibilité moyenne. On détermine le décalage en température (entre la « vraie » température et la température T^{Cap} que fournit le capteur SAW) à la température de référence T_0 :

$$\begin{aligned} T^{offset} &= T_0 - T_0^{Cap} \\ &= T_0 - \left(F_C^{Cap}\right)^{-1}(\Delta f^{Cap}) \end{aligned} \qquad (14)$$

et on procède ensuite comme pour la « logique 2 » :

$$T^{corr} = A_0 + \sqrt{A_1 + A_2 \cdot \Delta f^{Cap}} + T^{offset} \qquad (15)$$

[0039] La Figure 5 illustre la précision des résultats obtenus, pour trois logiques de correction différentes. On a tracé l'erreur quadratique moyenne (σ) entre la « vraie » température à mesurer et la température déterminée par le capteur SAW, en fonction de la température (en °C). La courbe pleine correspond aux résultats obtenus pour un capteur choisi au hasard, sans aucune correction. Les résultats obtenus avec les trois logiques décrites plus haut (ici pour $T_0 = 20°C$) sont également représentées : la courbe en trait tireté correspond à la « logique 1 » (facile à reconnaître, car l'erreur quadratique doit être 0 à T_0), la courbe en pointillé à la « logique 2 » (sans surprise moins précise dans le voisinage de T_0). La courbe correspondant à la « logique 3 » n'a pas été reproduite ; elle est en effet très proche de celle correspondant à la « logique 1 ».

[0040] L'amélioration de la précision de la mesure est très nette pour les deux logiques. A une température de 100° C, σ est réduit d'un facteur 3 par rapport à la situation sans correction. Au lieu d'une précision de ± 18° C, on obtient une précision d'environ ± 6° C.

[0041] D'autres logiques sont bien évidemment possibles. Au fond, quelle que soit la logique choisie, le concept de base est toujours le même : on s'appuie sur la connaissance du capteur moyen, disponible grâce à une étude statistique (le plus souvent effectuée par le fournisseur du capteur) des fonctions de calibrations des capteurs (moyenne, écart type). Pour un capteur donné, on détermine judicieusement une fréquence ou une température de correction, en comparant, dans un domaine de fréquences ou de températures très limité, le capteur au capteur moyen, et on extrapole en estimant que la correction s'applique à l'ensemble des fréquences ou températures dans lesquelles le capteur est censé opérer.

Revendications

1 – Procédé de calibration pour un capteur SAW de type résonateur différentiel, incorporé dans un ensemble, le capteur ayant deux fréquences de résonance (f1, f2) qui évoluent différemment en fonction de la valeur d'une grandeur physique (G) de l'ensemble, le procédé comportant les étapes suivantes :

(A) Etablir une fonction de calibration moyenne ($F_C^{moy}(G)$) reliant la différence entre les deux fréquences de résonance (Δf = f1-f2), et la grandeur physique (G), la fonction de calibration moyenne étant obtenue en moyennant sur une pluralité de capteurs du même type ($\Delta f = F_C^{moy}(G)$) ;

(B) Déterminer la différence entre les deux fréquences de résonance (Δf_0^{Cap}) du capteur lorsque la grandeur physique (G) correspond à une valeur prédéterminée (G_0) ;

(C) Déterminer le décalage du capteur par rapport à la fonction de calibrage moyenne, en fréquence ou en termes de différence entre la valeur rendue par le capteur (G^{Cap}) et la valeur prédéterminée (G_0) ;

(D) Déterminer une valeur corrigée à rendre par le capteur (G^{corr}), en tenant compte du décalage.

2 – Procédé de calibration selon la revendication 1, dans lequel le décalage du capteur est un décalage en fréquence ($D_f^{Cap} = F_C^{moy}(G_O) - \Delta f_0^{Cap}$) et dans lequel la valeur corrigée de la grandeur physique à rendre par le capteur (G^{corr}) pour une différence entre les deux fréquences de résonance du capteur (Δf^{Cap}) est déterminée comme suit :

$$G^{corr} = \left(F_C^{moy}\right)^{-1}\left(\Delta f^{Cap} + F_C^{moy}(G_O) - \Delta f_0^{Cap}\right)$$

où $\left(F_C^{moy}\right)^{-1}(\Delta f)$ désigne la fonction inverse à la fonction de calibration moyenne $F_C^{moy}(G)$.

3 – Procédé de calibration selon la revendication 1, dans lequel le décalage du capteur est un décalage en unités de G ($D_G^{cap} = G_0 - \left(F_C^{moy}\right)^{-1}\left(\Delta f_0^{Cap}\right)$) et dans lequel la valeur corrigée de la grandeur physique à rendre par le capteur (G^{corr}) pour une différence entre les deux fréquences de résonance du capteur (Δf^{Cap}) est déterminée comme suit :

$$G^{corr} = \left(F_C^{moy}\right)^{-1}\left(\Delta f^{Cap}\right) - \left(F_C^{moy}\right)^{-1}\left(\Delta f_0^{Cap}\right) + G_0$$

où $\left(F_C^{moy}\right)^{-1}(\Delta f)$ désigne la fonction inverse à la fonction de calibration moyenne $F_C^{moy}(G)$.

4 – Procédé de calibration selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la fonction de calibration moyenne ($F_C^{moy}(G)$) est obtenue en moyennant des fonctions de calibration de chacun des capteurs de ladite pluralité de capteurs ($F_C^i(G)$) selon la formule :

$$F_C^{moy}(G) = \frac{1}{N} \cdot \sum_i^N F_C^i(G).$$

5 – Procédé de calibration selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la grandeur physique (G) est une température.

6 – Procédé de calibration selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ensemble est un ensemble pneumatique-roue d'un véhicule.

7 – Procédé de calibration selon la revendication 6, dans lequel le véhicule est un véhicule deux-roues motorisé.

8 – Procédé de calibration selon les revendications 6 ou 7 et 5, dans lequel la grandeur physique (G) est la différence entre la température du pneumatique et une température de référence.

9 – Procédé de calibration selon la revendication 8, dans lequel la température de référence est choisie du groupe comprenant : la température ambiante, la température de l'huile du moteur du véhicule, la température de l'eau de refroidissement.

10 – Procédé de calibration selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape (A) est exécutée en amont, par exemple par le fabricant de capteurs.

11 – Procédé de calibration selon l'une des revendications 6 à 10 et 5, dans lequel l'étape (B) est exécutée lorsque le véhicule est à l'arrêt.

12 – Procédé de calibration selon la revendication 11, dans lequel l'arrêt du véhicule est déterminé par l'évaluation d'un paramètre caractérisant l'état du véhicule, choisi du groupe comprenant : la présence de la clé de contact, l'état de l'embrayage (point mort), le kilométrage du compteur kilométrique, le nombre de tours effectués par le moteur, ou l'un des paramètres fournis par un système ABS.

13 – Procédé de calibration selon la revendication 11 ou 12, dans lequel l'étape (B) est exécutée uniquement lorsque la durée de l'arrêt dépasse une limite prédéterminée.

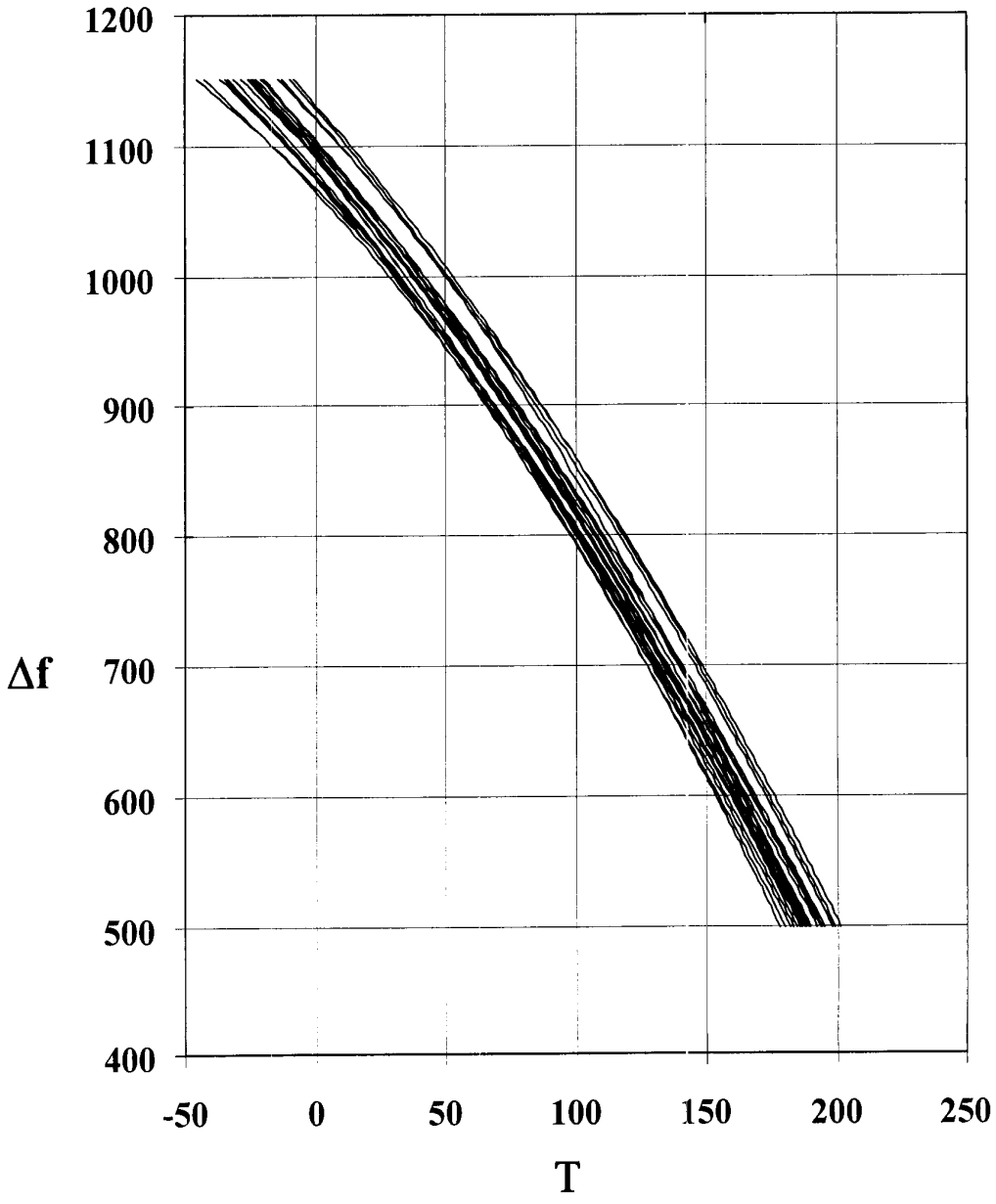

1200
1100
1000
900
800
Δf
700
600
500
400
-50
0
50
100
150
200
250
T

FIG. 1

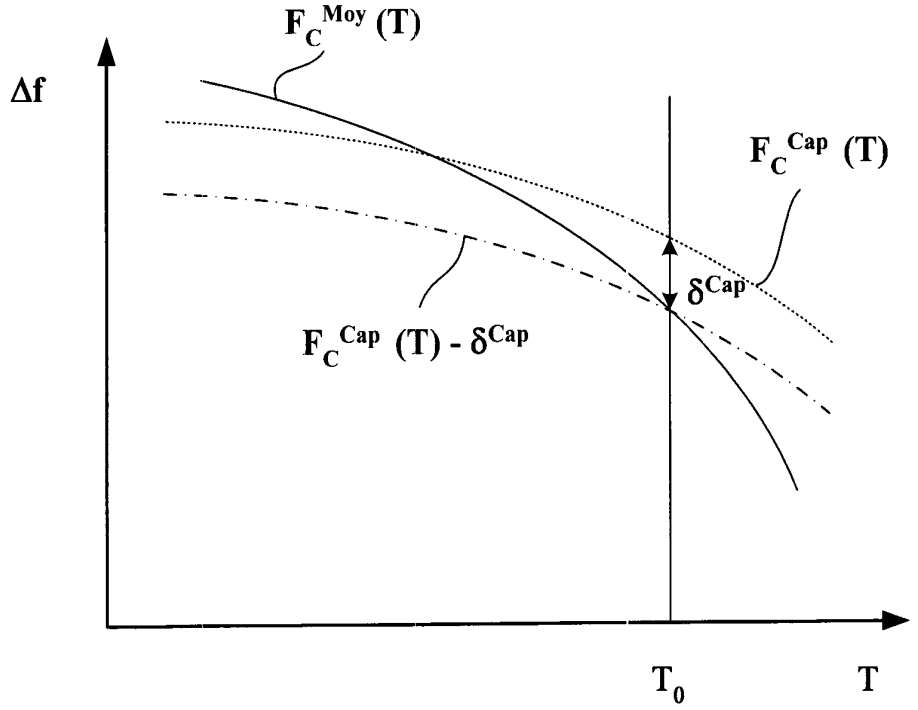

F_C^{Moy} (T)
Δf
F_C^{Cap} (T)
δ^{Cap}
F_C^{Cap} (T) - δ^{Cap}
T_0
T

FIG. 2

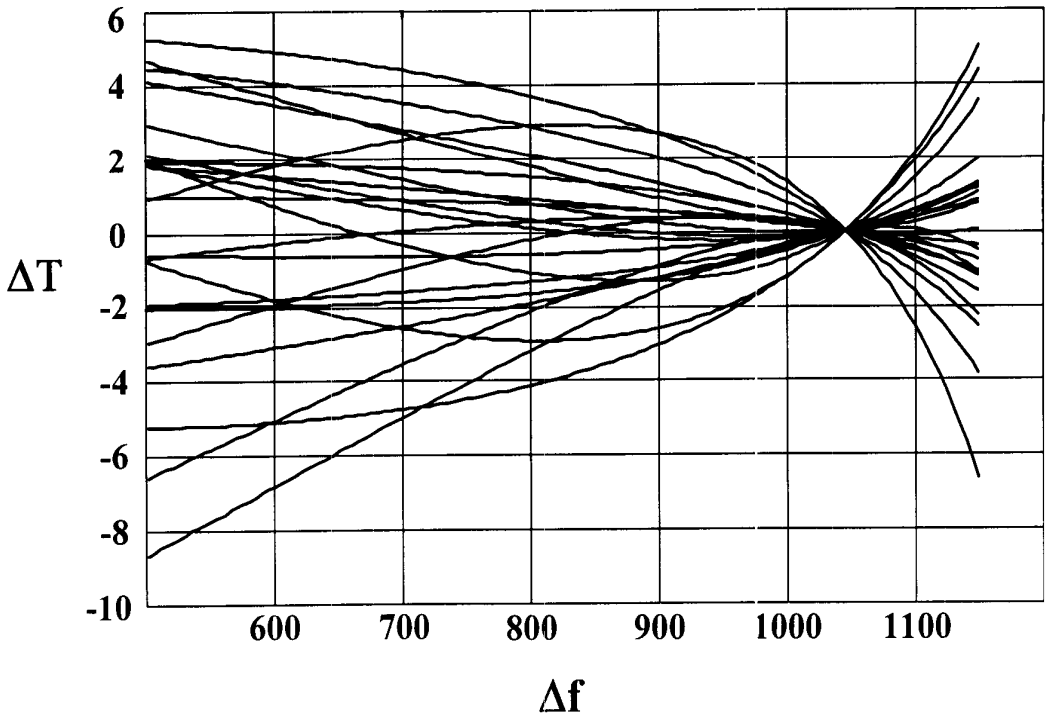

6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
ΔT
600
700
800
900
1000
1100
Δf

FIG. 3

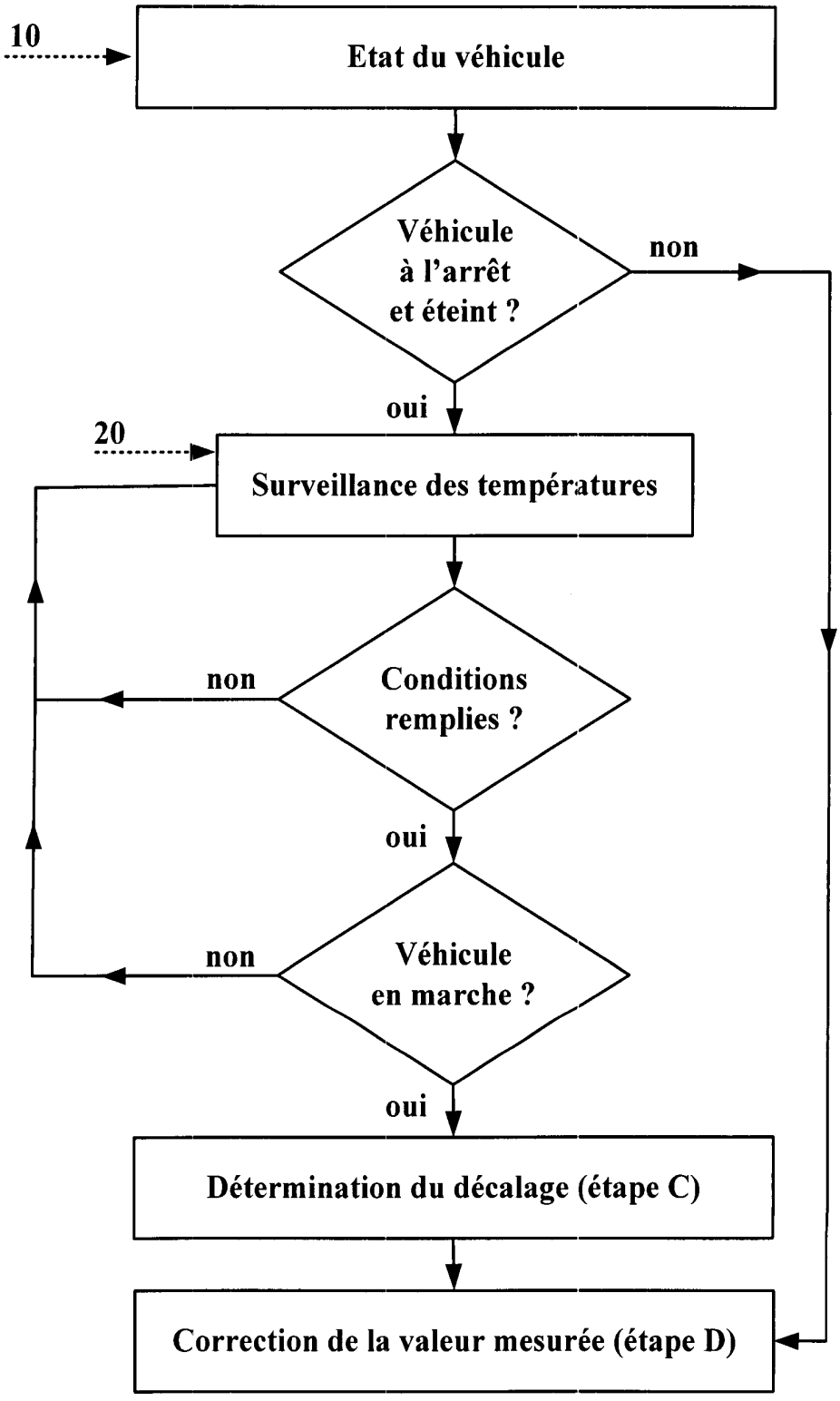

10
Etat du véhicule
Véhicule à l'arrêt et éteint ?
non
oui
20
Surveillance des températures
Conditions remplies ?
non
oui
Véhicule en marche ?
non
oui
Détermination du décalage (étape C)
Correction de la valeur mesurée (étape D)

FIG. 4

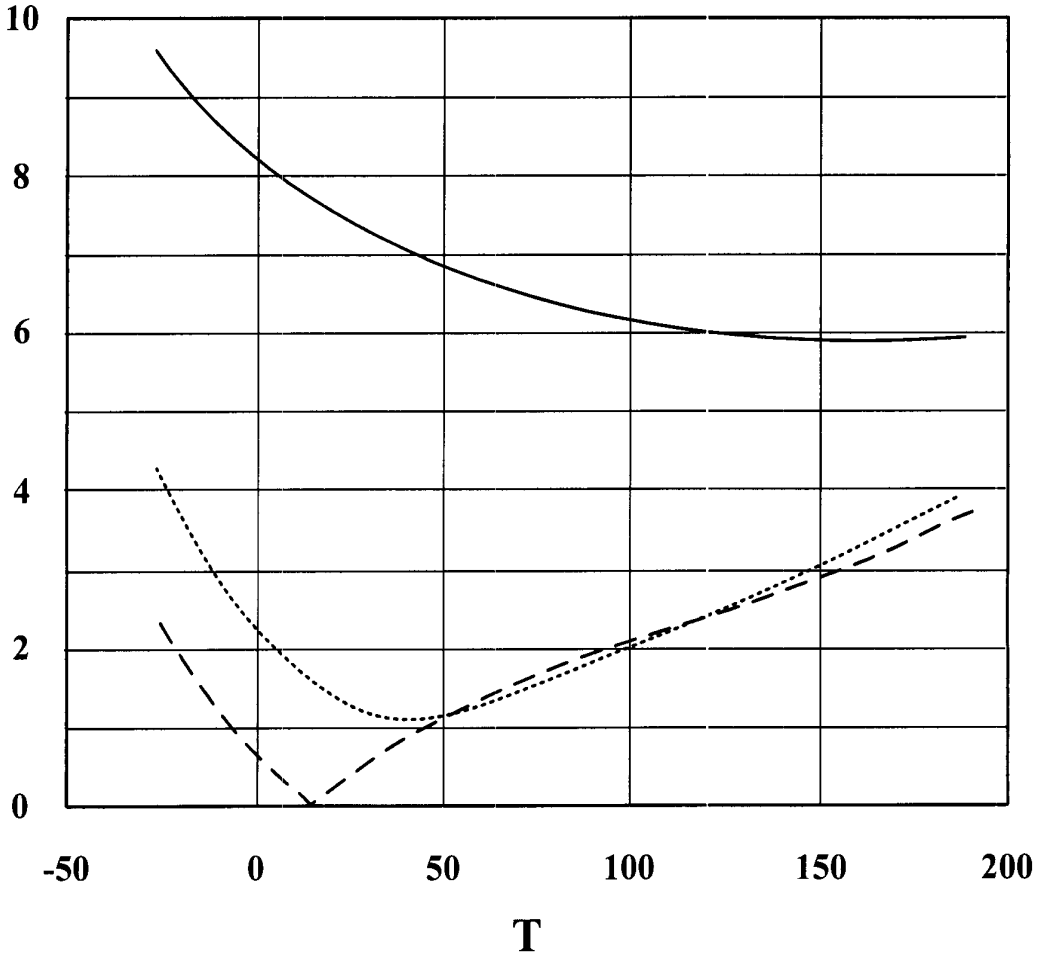


FIG. 5

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

2910962

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 689672
FR 0700033

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
D,A	WO 2005/087518 A (TRANSENSE TECHNOLOGIES PLC [GB]; BECKLEY JOHN PETER [GB]; VICKERY PAUL) 22 septembre 2005 (2005-09-22) * abrégé * -----	1-13	G01D18/00 G01K19/00
A	US 6 321 171 B1 (BAKER CLIFFORD E [US]) 20 novembre 2001 (2001-11-20) * revendication 1 * * colonne 1, ligne 24-36 * -----	1-13	
A	US 6 850 859 B1 (SCHUH WILLIAM C [US]) 1 février 2005 (2005-02-01) * figure 12 * * revendication 1 * * figure 1B * -----	1-13	
A	US 5 014 229 A (MCEACHERN ALEXANDER [US]) 7 mai 1991 (1991-05-07) * figure 1B * * colonne 2, ligne 9-31 * * revendication 1 * -----	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01D B60C

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
3 octobre 2007	Moulara, Guilhem

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

.....

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0700033 FA 689672

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 03-10-2007
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2005087518 A	22-09-2005	CN 1930009 A	14-03-2007
		EP 1722988 A1	22-11-2006
		GB 2411960 A	14-09-2005
		US 2007194894 A1	23-08-2007
US 6321171 B1	20-11-2001	AUCUN	
US 6850859 B1	01-02-2005	AT 370396 T	15-09-2007
		EP 1692478 A1	23-08-2006
		TW 256465 B	11-06-2006
		WO 2005057152 A1	23-06-2005
US 5014229 A	07-05-1991	AUCUN	

EPO FORM P0465