



(11) **EP 1 452 701 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
18.02.2009 Bulletin 2009/08

(51) Int Cl.:
F01M 5/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **04300088.4**

(22) Date de dépôt: **19.02.2004**

(54) **Procédé et système d'évaluation de la température de l'huile d'un moteur à combustion**

Verfahren und Vorrichtung zur Berechnung der Öltemperatur einer Brennkraftmaschine

Method and device of oil temperature evaluation of a combustion engine

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **27.02.2003 FR 0302379**

(43) Date de publication de la demande:
01.09.2004 Bulletin 2004/36

(73) Titulaire: **Peugeot Citroën Automobiles S.A.
78140 Vélizy Villacoublay (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Bonnet, Jean-Baptiste
75018 Paris (FR)**

• **Sedda, Emmanuel
78700 Conflans Sainte Honorine (FR)**

(74) Mandataire: **Ménès, Catherine et al
Peugeot Citroën Automobiles SA
PI (LG081)
18, rue des Fauvelles
92250 La Garenne-Colombes (FR)**

(56) Documents cités:
**DE-A- 10 006 533 DE-A- 10 119 786
DE-A- 19 961 118 US-A- 4 847 768
US-A- 5 633 796 US-B1- 6 393 357
US-B1- 6 449 538**

EP 1 452 701 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne un procédé d'évaluation de la température de l'huile d'un moteur à combustion interne et un système permettant de mettre en oeuvre ce procédé. Elle est applicable notamment aux moteurs automobiles.

[0002] La connaissance de la température de l'huile d'un moteur est souvent utilisée pour le contrôle d'un moteur à essence ou diesel. Cette information est parfois indiquée sur le tableau de bord du véhicule. Elle provient le plus souvent d'un capteur de température d'huile directement placé dans le moteur. Cela nécessite alors de prévoir un capteur qui est généralement en contact avec l'huile du moteur, des circuits électroniques qui traduisent cette information en signaux électriques et une liaison permettant de transmettre ces signaux au dispositif d'affichage sur le tableau de bord du véhicule.

[0003] La présente invention se propose d'estimer la température de l'huile du moteur d'un véhicule à partir d'informations disponibles dans les dispositifs de contrôle du moteur sans avoir à utiliser un capteur de température d'huile du moteur. En d'autres termes, l'invention permet d'éviter l'utilisation d'un capteur de la température de l'huile du moteur et les circuits électroniques associés (voir par exemple DE-A-19 961 118, US-A-5 633 796, US-A-4847768, US-A-6449538, US-A-639337).

[0004] L'invention concerne donc un procédé d'estimation de la température de l'huile d'un moteur à explosion comprenant notamment un circuit de refroidissement à fluide de refroidissement et un dispositif de mesure de la température du fluide de refroidissement fournissant une température mesurée du fluide de refroidissement. Ce procédé comporte les étapes suivantes :

- (a) Calcul de prédiction d'une température prédite du fluide de refroidissement en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur,
- (b) Mesure de la température du liquide de refroidissement à l'aide du dispositif de mesure,
- (c) Calcul d'une erreur entre la température mesurée et la température prédite du fluide de refroidissement,
- (d) Calcul de prédiction d'une température d'huile prédite en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur,
- (e) Correction de la température d'huile prédite à l'aide de ladite erreur pour fournir une température d'huile estimée.

[0005] Dans ce procédé, les étapes (e) et (d) peuvent être effectuées en une seule étape. Le calcul de prédiction incorpore alors une correction tenant compte de l'erreur calculée sur la température de l'eau.

[0006] La prédiction de la température de refroidissement est déterminée par exemple, en résolvant l'équation différentielle :

$$\frac{dT_{\text{peau}}}{dt} = \frac{T_{\text{peau}}}{t_{\text{eau}}} + \frac{g(c, n)}{t_{\text{eau}}}$$

dans laquelle :

- T_{peau} est la température d'eau prédite par la formule,
- t_{eau} est la constante de temps de l'évolution de la température du fluide de refroidissement,
- $g(c, n)$ est une cartographie de différentes températures atteintes en régime permanent en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur tels que le couple moteur réel et le régime de rotation du moteur.

[0007] La prédiction de la température d'huile peut être obtenue en résolvant l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dT_{\text{phuile}}}{dt} = \frac{T_{\text{phuile}}}{t_{\text{huile}}} + \frac{[f(c, n) + \vartheta_{\text{huile}}]}{t_{\text{huile}}}$$

dans laquelle :

- T_{phuile} est la température de l'huile moteur prédite,
- t_{huile} est la constante de temps de l'évolution de la température de l'huile,
- $f(c, n)$ est une cartographie de différentes températures en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur tels que le couple moteur réel et le régime de rotation du moteur,
- ϑ_{huile} , est une valeur d'erreur à corriger sur la valeur de la température prédite de l'huile moteur.

[0008] La valeur d'erreur de la température prédite de l'huile à corriger est sensiblement proportionnelle à l'erreur entre la température mesurée du fluide de refroidissement et la température prédite du fluide de refroidissement.

[0009] Pour mettre en oeuvre ce procédé, on prévoit au préalable d'établir et d'enregistrer en mémoire une cartographie des températures du liquide de refroidissement pour différents paramètres de fonctionnement du moteur et d'une cartographie des températures de l'huile pour les mêmes paramètres de fonctionnement du moteur.

[0010] L'invention se rapporte également à un système d'estimation de la température de l'huile d'un moteur à explosion (M) mettant en oeuvre ce procédé. Ce système comporte un système de traitement mettant en oeuvre un premier algorithme de prédiction de la température du fluide de refroidissement en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur et fournissant une température prédite du fluide de refroidissement. Un circuit de calcul d'erreur calcule l'erreur entre une température mesurée du fluide de refroidissement et la température ainsi prédite. De plus le système de traitement met en oeuvre un deuxième algorithme de prédiction de la température de l'huile du moteur en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur et fournit une température d'huile prédite. Enfin, un circuit de correction corrige la température d'huile prédite à l'aide de l'erreur calculée par le circuit de calcul d'erreur et fournit une température d'huile estimée.

[0011] Le système selon l'invention fait appel à des fonctions non linéaires ($f(c,n)$, $g(c,n)$) approchées par des cartographies des températures du liquide de refroidissement et des températures de l'huile pour différents paramètres de fonctionnement du moteur.

[0012] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement avec la description qui suit et les figures annexées qui représentent :

- La figure 1, un exemple d'organigramme du procédé de l'invention,
- Les figures 2a et 2b, des courbes d'évolution des température du liquide de refroidissement et de l'huile,
- les figures 3a et 3b, des cartographies des températures du liquide de refroidissement et de l'huile pour différentes valeurs du couple moteur et différentes valeur du régime,
- les figures 4a et 4b, des diagrammes de liaisons d'un système permettant de mettre en oeuvre l'invention,
- les figures 5a et 5b, des courbes de températures mettant en évidence la convergence correcte du système de l'invention,
- la figure 6, l'évolution de la chute de température lors d'un arrêt du moteur, et
- les figures 7a à 7d, des relevés d'essais mettant en évidence le fonctionnement de l'invention dans différentes conditions d'essais.

[0013] On précise tout d'abord que la température d'un moteur varie principalement en fonction:

- de la vitesse du véhicule,
- de la température extérieure,
- de la charge du moteur (couple délivré par le moteur)
- et du régime moteur.

[0014] La température de l'huile de lubrification du moteur et du liquide de refroidissement (c'est-à-dire l'eau de refroidissement) d'un moteur subit donc aussi des variations en fonction de ces paramètres.

[0015] Un véhicule possède en général un capteur de température d'eau, une information sur le couple moteur et son régime.

[0016] L'objet de l'invention est de déterminer la valeur de la température de l'huile d'un moteur à l'aide de la température de l'eau et de divers paramètres de fonctionnement du moteur et cela sans l'aide d'un capteur de mesure de température de l'huile.

[0017] Un premier algorithme prédit la température d'eau à partir d'un modèle interne (mathématique) utilisant en entrée des informations telles que la charge et le régime du moteur. Cette température d'eau prédite est alors comparée alors à la température d'eau mesurée par le capteur.

[0018] Un deuxième algorithme prédit la température de l'huile à partir d'un modèle interne (mathématique) utilisant en entrée des informations telles que la charge et le régime du moteur. L'erreur entre la température d'eau prédite par le premier algorithme et la température d'eau mesurée permet d'effectuer une correction de la température d'huile prédite par le deuxième algorithme. Cette correction permet d'obtenir une estimation de la température de l'huile du moteur.

[0019] Dans le système selon l'invention, on estime l'évolution de la température d'huile en utilisant un modèle interne de température d'eau et d'huile dont le comportement est proche de celui d'un système régi par deux équations différentielles du premier ordre. Il est basé sur l'observation de mesures d'évolution des températures d'eau et d'huile en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur et notamment de la charge, du régime du moteur et du temps. Il s'agit d'un modèle d'état écrit sous forme différentielle.

[0020] Une première équation différentielle du premier ordre permet d'estimer la température de l'eau de refroidisse-

ment, une deuxième équation différentielle du premier ordre permet d'estimer la température de l'huile du moteur.

[0021] Selon un mode de réalisation de l'invention, le modèle d'évolution de la température de l'eau est identique à celui utilisé pour l'huile. La température d'eau prédite par le modèle est corrigée par la mesure de la température réelle. Cette correction effectuée sur la température de l'eau permet de corriger la température prédite de l'huile.

[0022] L'invention permet donc de se passer d'un capteur de température d'huile et du système associé de traitement et de transmission des signaux électriques.

[0023] En se reportant à la figure 1, on va donc tout d'abord décrire un exemple d'organigramme général illustrant le procédé de l'invention.

[0024] Le procédé selon l'invention prévoit donc, comme indiqué précédemment, à partir de différentes informations de fonctionnement du moteur - telles que la température de l'eau de refroidissement, la charge du moteur, son régime - de déterminer la température de l'huile du moteur.

[0025] Ce procédé comporte les étapes suivantes :

- élaboration d'un algorithme de prédiction de la température de l'eau de refroidissement en fonction de certains paramètres de fonctionnement du moteur tels que ceux indiqués précédemment. Cet algorithme peut être représenté par une équation différentielle représentant les évolutions de la température de l'eau de refroidissement du moteur:

$$\frac{dT_{\text{eau}}}{dt} = \frac{T_{\text{eau}}}{\tau_{\text{eau}}} + \frac{g(c,n)}{\tau_{\text{eau}}}$$

où :

- T_{eau} est la température d'eau prédite par la formule,
- τ_{eau} est la constante de temps de l'évolution de la température de l'eau,
- $g(c,n)$ est une cartographie de différentes températures en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur tels que le couple moteur réel et le régime de rotation du moteur.

- mesure de la température réelle T_{eau} de l'eau de refroidissement du moteur à l'aide du capteur de température de l'eau ;
- comparaison de la température prédite T_{eau} de l'eau lors de la première étape du procédé et de la température mesurée T_{eau} et calcul de la différence ϑ_{eau} entre ces deux températures ;
- élaboration d'un autre algorithme de prédiction d'une température prédite T_{huile} de l'huile du moteur en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur tels que ceux indiqués précédemment. Comme l'algorithme précédent, cet algorithme peut être représenté par une équation différentielle représentant les évolutions de la température de l'huile du moteur:

$$\frac{dT_{\text{huile}}}{dt} = \frac{T_{\text{huile}}}{\tau_{\text{huile}}} + \frac{f(c,n)}{\tau_{\text{huile}}}$$

où :

- T_{huile} est la température de l'huile prédite par la formule,
- τ_{huile} est la constante de temps de l'évolution de la température de l'huile,
- $f(c,n)$ est une cartographie de différentes températures en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur tels que le couple moteur réel et le régime de rotation du moteur.

- calcul d'une valeur de température estimée T_{huile} de l'huile du moteur par correction de la température prédite T_{huile} à l'aide de la différence ϑ_{eau} obtenue précédemment entre la température prédite de l'eau et la température mesurée de l'eau. Cette correction peut prendre simplement la forme d'une somme algébrique de la température prédite T_{huile} et de la différence ϑ_{eau} .

[0026] Les deux dernières étapes peuvent être réalisées en une seule étape en intégrant une incertitude ϑ_{huile} de la valeur de la température prédite de l'huile dans l'équation différentielle de prédiction de cette température :

$$\frac{dT_{phuille}}{dt} = \frac{T_{phuille}}{t_{huile}} + \frac{[f(c, n) + \vartheta_{huile}]}{t_{huile}}$$

[0027] Dans le procédé qui précède, il convient de connaître les constantes de temps τ_{eau} et τ_{huile} ainsi que les fonctions $f(c, n)$ et $g(c, n)$.

[0028] Pour identifier les constantes de temps τ_{eau} et τ_{huile} , on peut prévoir des essais de montées en températures sur un banc d'essais. A titre d'exemple on considérera que les variables à prendre en compte sont des échelons de charges et de régimes du moteur et qu'elles permettent l'identification des constantes de temps.

[0029] Par exemple, en mesurant le temps nécessaire pour atteindre une valeur de la température à 63% ($t = T$) de la valeur finale puis à 95% ($t = 3.T$) de la valeur finale, il est possible de déduire la constante de temps du système. Pour l'huile comme pour l'eau, on trouve que les constantes de temps ont des valeurs similaires, 150s par exemple. La figure 2a et 1a. figure 2b montrent des courbes d'évolution des températures de l'eau de refroidissement et des températures de l'huile respectivement, avec les constantes de temps identifiées précédemment. Ces courbes sont comparées aux courbes de température réelles.

[0030] Les non linéarités apparaissant sur la figure 2a à 100s et 300s sont respectivement l'ouverture du thermostat et la mise en marche des groupes moto ventilateurs. Dans ces conditions, pour conserver un modèle simple, on ne tiendra pas compte de ces phénomènes. Toutefois, en variante, pour une meilleure précision sur l'estimation de la température d'huile, on tient compte du thermostat et de la mise en marche des GMV.

[0031] Pour obtenir les fonctions $f(c, n)$ et $g(c, n)$ on prévoit de réaliser des cartographies de points de fonctionnement possibles. Ces cartographies peuvent être réalisées sur un banc en se fixant des conditions de fonctionnement typiques. Par exemple, on pourra prévoir les conditions de fonctionnement suivantes:

- fonctionnement du banc d'essai en mode iso vitesse (vitesse constante),
- le véhicule est sur le second rapport de boîte de vitesse,
- le régime du moteur est fixé par la vitesse de rotation des rouleaux du banc d'essai,
- la charge est ajustée par la pression sur la pédale d'accélérateur,
- le refroidissement est assuré par un ventilateur dont la vitesse de l'air pulsé est égale une vitesse de déplacement simulée,
- le capot moteur est ouvert (pour des raisons d'instrumentation).

[0032] A titre d'exemple, des points de fonctionnement sont choisis sur la plage d'utilisation du moteur:

- vitesses : 2000 tr/min, 3000 tr/min et 4000 tr/min
- couples : 30 Nm, 74 Nm et 130 Nm (mesurés grâce à la variable « Couple Réel » sur un réseau CAN (« Control Area Network ») inter système.

[0033] Dans cet exemple, on dispose donc d'un total de neuf points d'étalonnage pour chaque fluide (eau et huile).

[0034] Des essais ont donc permis d'établir des cartographies à régime constant en fonction de la charge telles que celle de la figure 3a pour la cartographie de la température de l'eau de refroidissement du moteur, et celle de la figure 3b pour la cartographie de la température de l'huile du moteur.

[0035] En régime permanent, la température d'eau T_{eau} est mesurée puis comparée à la valeur prédite T_{peau} . On en déduit la valeur de ϑ_{eau} , l'erreur commise sur la température de l'eau étant :

$$\vartheta_{eau} = T_{eau} - T_{peau}$$

[0036] Si on considère que les énergies dissipées par pertes pour l'huile et pour l'eau sont quasi identiques, on obtient une relation entre ϑ_{eau} et ϑ_{huile} qui est de la forme :

$$\vartheta_{huile} = \vartheta_{eau} [f(c, n) / g(c, n)]$$

[0037] Comme décrit précédemment, les cartographies $f(c, n)$ et $g(c, n)$ sont définies, à titre d'exemple, pour neuf points de fonctionnement relevés sur banc à rouleaux. Entre ces points de fonctionnement, on effectue une interpolation linéaire pour déterminer une température de fonctionnement déterminée qu'on appellera température cible.

[0038] Afin de déterminer $f(c,n)/g(c,n)$, on a, pour simplifier le système, effectué la division des températures «cibles» pour les neuf points de fonctionnements relevés puis on a calculé la valeur moyenne de ces rapports. Dans le modèle ainsi implémenté, $f(c,n)/g(c,n)$ est donc considéré comme une constante.

[0039] En se reportant aux figures 4a et 4b, on va maintenant décrire un exemple de réalisation d'un système permettant de mettre en oeuvre le procédé précédemment décrit.

[0040] La figure 4a représente un exemple général de réalisation de ce système.

[0041] Le moteur M est équipé d'un capteur de température TE capable de mesurer la température Teau de l'eau de refroidissement du moteur. Le moteur M comporte des dispositifs tels que P1 et P2 capables d'indiquer des paramètres de fonctionnement du moteur tels que, par exemple, le couple développé par le moteur et le régime de rotation comme cela a été considéré dans les exemples précédents.

[0042] Les valeurs de ces paramètres de fonctionnement sont appliquées aux entrées de deux dispositifs de traitement A1 et A2 qui fournissent, respectivement, une température prédite Tpeau de l'eau de refroidissement et une température prédite Tphuille de l'huile du moteur.

[0043] Un circuit de calcul D1 reçoit la température mesurée Teau la température prédite Tpeau de l'eau de refroidissement, compare ces températures et fournit une valeur veau représentant cette différence.

[0044] Par ailleurs, un autre circuit de calcul D2 reçoit la température prédite Tphuille de l'huile du moteur ainsi que la valeur veau calculée précédemment et fournit une valeur de la température d'huile corrigée Thuile.

[0045] La figure 4b représente un système plus détaillé permettant de mettre en oeuvre l'invention. Ce système comporte, comme en figure 4a, des dispositifs P1 et P2 fournissant des paramètres de fonctionnement du moteur ainsi qu'un capteur de température TE fournissant la température de l'eau de refroidissement du moteur.

[0046] De plus le système possède en mémoire une cartographie $G(c,n)$ des températures de l'eau de refroidissement en fonction d'un type de paramètre (le couple par exemple) pour différentes valeurs d'un autre paramètre (le régime du moteur par exemple). Il possède également une cartographie similaire $f(c,n)$ pour les températures de l'huile du moteur.

[0047] La cartographie $g(c,n)$ est exploitée dans un algorithme A1 à l'aide des paramètres c et n fournis par les dispositifs P1 et P2. L'algorithme fournit une température prédite Tpeau. Un circuit de différence reçoit cette température prédite ainsi que la température Teau mesurée par le capteur TE et fournit une valeur de différence ϑ_{eau} . Cette différence est transmise à un opérateur OP1 qui la multiplie par une valeur moyenne de différents rapports $f(c,n)/g(c,n)$ calculés pour différents points de fonctionnement du moteur. L'opérateur OP1 fournit une valeur ϑ_{huile} qui représente sensiblement l'incertitude sur le calcul de la valeur de la température d'huile à atteindre en régime permanent.

[0048] Par ailleurs, la cartographie $G(c,n)$ est exploitée dans un algorithme A2 à l'aide des paramètres c et n fournis par les dispositifs P1 et P2. L'algorithme prend en compte également la valeur de ϑ_{huile} et fournit une température Thuile.

[0049] Dans la description qui précède, on a utilisé à titre d'exemple deux paramètres de fonctionnement (le couple du moteur et le régime) mais on pourrait utiliser d'autres paramètres sans sortir du cadre de l'invention.

[0050] Pour initialiser le système, la température de l'eau au moment du démarrage est utilisée comme valeur initiale de la température de l'huile. Si le moteur est froid lors du démarrage, Teau est sensiblement égal à Thuile. Si le moteur est chaud, les deux températures peuvent être différentes (en principe, une différence inférieure à la dizaine de degrés). Initialiser l'estimateur de température d'huile à une valeur erronée ne perturbe pas sa convergence, comme le montre les figures 5a et 5b. Dans ce qui va suivre, la valeur initiale de la température d'huile sera donc initialisée à la valeur initiale de la température d'eau.

[0051] On observe la convergence de l'estimateur quelle que soit la valeur initiale de la température d'huile.

[0052] Par ailleurs, on observe que le système est efficace lors d'un arrêt du moteur suivi d'un redémarrage (donc à chaud). En effet, l'estimation de la température d'huile lors de l'arrêt du moteur sert à initialiser l'estimateur lors du démarrage suivant. La figure 6 présente une diminution de température lors d'un arrêt du moteur. On constate que, dans l'exemple, les températures d'huile et d'eau sont sensiblement égales au temps 0 (instant d'arrêt du moteur), puis, les deux températures décroissent de manière quasi identique. Au bout de 1800s environ, il existe une différence d'environ 5°C entre l'eau et l'huile. Si l'on utilise, à ce moment là, la température d'eau pour initialiser l'estimateur, on commet une erreur d'environ 5°C.

[0053] Or, comme cela a été décrit précédemment en relation avec les figures 5a et 5b, grâce à la convergence rapide de l'estimateur comportemental, une erreur de 5°C sur la température initiale de l'huile ne perturbe pas sa convergence.

Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser un modèle d'estimateur particulier pour la phase d'arrêt du moteur, la différence entre la température de l'eau et la température de l'huile en phase d'arrêt du moteur n'étant pas suffisamment importante.

[0054] Pour valider le fonctionnement du système d'estimation de la température d'huile, différents essais ont été réalisés dans différentes conditions de circulation :

- en roulage urbain par temps frais (figure 7a),
- en roulage urbain par temps chaud (figure 7b),
- en roulage extra urbain (figure 7c),
- en roulage autoroutier avec un moteur chaud (figure 7d) .

[0055] Chacune de ces figures comporte trois graphiques :

- le graphique du haut représente les températures d'eau en degrés C en fonction du temps, en secondes, et cela durant une variation du régime du moteur et du couple,
- le graphique du milieu fournit les températures estimées de l'huile et les températures d'huile qui ont été mesurées pour vérification, en degrés C en fonction du temps,
- le graphique du bas fournit les écarts, en degrés, en fonction du temps, entre les températures d'huile mesurées et les températures estimées.

[0056] Comme on peut le voir sur la figure 7a, lors d'un roulage urbain dans des conditions tempérées (21°C par exemple) on constate une convergence de l'estimateur vers des valeurs proches des valeurs réelles au bout d'environ 600s. De plus, l'erreur commise reste dans une gamme comprise entre 2,4 et 7 pour cent.

[0057] En roulage urbain par temps chaud (figure 7b), par exemple par 33°C de température extérieure, avec une période de circulation dense entre les temps 400s et 2200s, la température a fortement augmenté. On a enregistré des températures d'eau atteignant 97°C. On constate que l'erreur sur l'estimation de la température d'huile est inférieure à environ 6%. On a constaté également que lorsque la circulation était plus fluide, l'erreur chutait à 3%.

[0058] En roulage extra urbain illustré en figure 7c, le temps de stabilisation du système pour obtenir une erreur réduite à moins de 2% est d'environ 600s. Par ailleurs, on constate que lors de l'essai, deux maxima de températures ont été produits aux temps 1500s et 1800s, et les températures estimées ont pris en compte ces maxima.

[0059] Enfin en roulage autoroutier à moteur chaud représenté en figure 7d, le système a tendance à surestimer la température réelle. L'erreur relative maximale est de 11,2%. Puis, lors d'un ralentissement (sortie d'autoroute), et un retour à un roulage modéré (au temps 1050s environ), le système retrouve un niveau de performance correspondant à une erreur de 5%.

[0060] On constate donc que le système de l'invention donne de bons résultats tant en ce qui concerne le respect de la dynamique de la température d'huile que pour la valeur de régime permanent.

[0061] Un avantage de ce système est la rapidité de convergence de l'estimation qui le rend peu sensible à la valeur d'initialisation. Cela supprime le problème de l'estimation de la température à l'arrêt car il est possible d'initialiser le système avec la température de l'eau au démarrage.

[0062] Sans sortir du cadre de l'invention, on pourrait :

- prendre en compte d'autres paramètres de fonctionnement que le couple ou le régime : la vitesse du véhicule, la température extérieure par exemple,
- réaliser les cartographies des températures avec un plus grand nombre de points de fonctionnement.

Revendications

1. Procédé d'estimation de la température de l'huile d'un moteur à explosion (M) comprenant un circuit de refroidissement à fluide de refroidissement, un dispositif de mesure (TE) de la température de ce fluide de refroidissement fournissant une température mesurée (Teau) dudit fluide de refroidissement, **caractérisé en ce qu'il** comporte les étapes suivantes :

- (a) calcul de prédiction (A1) d'une température prédite (TPeau) du fluide de refroidissement en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur,
- (b) mesure de la température (Teau) du liquide de refroidissement à l'aide du dispositif de mesure (TE),
- (c) calcul d'une erreur entre la température mesurée (Teau) du fluide de refroidissement et la température prédite (Tpeau) du fluide de refroidissement,
- (d) calcul de prédiction (A2) d'une température d'huile prédite (Tphuille) en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur, et
- (e) correction de la température d'huile prédite (Tphuille) à l'aide de ladite erreur pour fournir une température d'huile estimée (Thuile).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les étapes (e) et (d) sont effectuées en une seule étape, le calcul de prédiction de la température d'huile (A2) incorporant une correction tenant compte de l'erreur calculée sur la température de l'eau.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le calcul de prédiction (A1) de la température du fluide de refroidissement se base sur l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dT_{\text{peau}}}{dt} = \frac{T_{\text{peau}}}{\tau_{\text{eau}}} + \frac{g(c,n)}{\tau_{\text{eau}}}$$

dans laquelle :

- T_{peau} est la température d'eau prédite,
- τ_{eau} est la constante de temps de l'évolution de la température de l'eau,
- g(c,n) est une cartographie de différentes températures en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur tels que le couple moteur réel et le régime de rotation du moteur.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le calcul de prédiction de la température de l'huile se base sur l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dT_{\text{phuille}}}{dt} = \frac{T_{\text{phuille}}}{\tau_{\text{huile}}} + \frac{[f(c, n) + \vartheta_{\text{huile}}]}{\tau_{\text{huile}}}$$

dans laquelle :

- T_{phuille} est la température de l'huile moteur prédite par la formule,
- τ_{huile} est la constante de temps de l'évolution de la température de l'huile,
- g(c,n) est une cartographie de différentes températures en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur tels que le couple moteur réel et le régime de rotation du moteur,
- ϑ_{huile} , est une valeur d'erreur à corriger sur la valeur de la température prédite de l'huile moteur.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la valeur d'erreur (ϑ_{huile}) à corriger est sensiblement proportionnelle à l'erreur entre la température mesurée (T_{eau}) du fluide de refroidissement et la température prédite (T_{peau}) du fluide de refroidissement.

6. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comporte une étape préalable d'établissement et d'enregistrement en mémoire d'une cartographie (g (c,n)) des températures du liquide de refroidissement pour différents paramètres de fonctionnement du moteur et d'une cartographie (F (c,n)) des températures de l'huile pour les mêmes paramètres de fonctionnement du moteur.

7. Système d'estimation de la température de l'huile d'un moteur à explosion (M) comprenant un circuit de refroidissement à fluide de refroidissement, un dispositif de mesure (TE) de la température dudit fluide de refroidissement fournissant une température mesurée (T_{eau}) dudit fluide de refroidissement, **caractérisé en ce qu'il** comporte un système de traitement comportant :

- un premier moyen (A1) de prédiction de la température du fluide de refroidissement en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur et fournissant une température prédite (T_{peau}) du fluide de refroidissement,
- un moyen de calcul d'erreur (D) calculant l'erreur entre la température mesurée (T_{eau}) du fluide de refroidissement et la température prédite (T_{peau}) du fluide de refroidissement,
- un deuxième moyen de prédiction de la température de l'huile du moteur en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur et fournissant une température d'huile prédite (T_{phuille}),
- un moyen de correction corrigeant la température d'huile prédite (T_{phuille}) à l'aide de l'erreur calculée par le moyen de calcul d'erreur et fournissant une température d'huile estimée (T_{huile}).

8. Système selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la correction de la température d'huile prédite (T_{phuille}) est exécutée dans le deuxième moyen de prédiction.

9. Système selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** le premier moyen de prédiction (A1) comporte un moyen de résolution de l'équation différentielle :

$$\frac{dT_{\text{peau}}}{dt} = \frac{T_{\text{peau}}}{\tau_{\text{eau}}} + \frac{g(c,n)}{\tau_{\text{eau}}}$$

dans laquelle :

- T_{peau} est la température d'eau prédite par la formule;
- τ_{eau} est la constante de temps de l'évolution de la température de l'eau,
- g(c,n) est une cartographie de différentes températures en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur tels que le couple moteur réel et le régime de rotation du moteur.

10. Système selon l'une des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que** le deuxième moyen de prédiction (A2) comporte un moyen de résolution de l'équation différentielle :

$$\frac{dT_{\text{phuile}}}{dt} = \frac{T_{\text{phuile}}}{\tau_{\text{huile}}} + \frac{[f(c,n) + \vartheta_{\text{huile}}]}{\tau_{\text{huile}}}$$

dans laquelle :

- T_{phuile} est la température de l'huile moteur prédite par la formule,
- τ_{huile} est la constante de temps de l'évolution de la température de l'huile,
- f(c,n) est une cartographie de différentes températures en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur tels que le couple moteur réel et le régime de rotation du moteur,
- ϑ_{huile} , est une valeur d'erreur à corriger sur la valeur de la température prédite de l'huile moteur.

11. Système selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'il** comporte un moyen pour que la valeur d'erreur (ϑ_{huile}) à corriger soit sensiblement proportionnelle à l'erreur entre la température mesurée (T_{eau}) du fluide de refroidissement et la température prédite (T_{peau}) du fluide de refroidissement.

12. Système selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens (f(c,n), g(c,n)) permettant d'établir et d'enregistrer en mémoire d'une cartographie (g(c,n)) des températures du liquide de refroidissement en fonction du temps pour différents paramètres de fonctionnement du moteur et d'une cartographie (f(c,n)) des températures de l'huile en fonction du temps pour les mêmes paramètres de fonctionnement du moteur.

13. Moteur à explosion comprenant un système selon l'une des revendications 7 à 12.

Claims

1. Method of estimating the oil temperature of a combustion engine (M) comprising a coolant cooling circuit, a device (TE) for measuring the temperature of this coolant providing a measured temperature (T_{eau}) of said coolant, **characterized in that** it involves the following steps:

- (a) a predictive calculation (A1) of a predicted temperature (T_{peau}) of the coolant on the basis of engine operating parameters,
- (b) measuring the temperature (T_{eau}) of the coolant using the measurement device (TE),
- (c) calculating an error between the measured temperature (T_{eau}) of the coolant and the predicted temperature (T_{peau}) of the coolant,
- (d) predictive calculation (A2) of a predicted oil temperature (T_{phuile}) on the basis of engine operating parameters, and
- (e) correcting the predicted oil temperature (T_{phuile}) using said error in order to provide an estimated oil temperature (T_{huile}).

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** steps (e) and (d) are performed in a single step, the predicted calculation of oil temperature (A2) incorporating a correction to take account of the calculated error in water tem-

perature.

3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the predictive calculation (A1) of coolant temperature is based on the following differential equation:

$$\frac{dT_{\text{peau}}}{dt} = \frac{T_{\text{peau}}}{\tau_{\text{eau}}} + \frac{g(c,n)}{\tau_{\text{eau}}}$$

in which:

- T_{peau} is the predicted water temperature,
- τ_{eau} is the time constant for the change in water temperature,
- $g(c, n)$ is a map of various temperatures as a function of engine operating parameters such as actual engine torque and engine rotational speed.

4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the predictive calculation of water temperature is based on the following differential equation:

$$\frac{dT_{\text{phuille}}}{dt} = \frac{T_{\text{phuille}}}{\tau_{\text{huile}}} + \frac{[f(c,n) + \vartheta_{\text{huile}}]}{\tau_{\text{huile}}}$$

in which:

- T_{phuille} is the engine oil temperature predicted by the formula,
- τ_{huile} is the time constant for the change in oil temperature,
- $f(c, n)$ is a map of various temperatures as a function of engine operating parameters such as actual engine torque and engine rotational speed,
- ϑ_{huile} is an error value to be corrected in the predicted engine oil temperature value.

5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the error value (ϑ_{huile}) to be corrected is substantially proportional to the error between the measured coolant temperature (T_{eau}) and the predicted coolant temperature (T_{peau}).

6. Method according to Claim 1, **characterized in that** it comprises a prior step of establishing and of recording in memory a map ($g(c, n)$) of coolant temperatures for various engine operating parameters and a map ($F(c, n)$) of oil temperatures for the same engine operating parameters.

7. System for estimating the oil temperature of a combustion engine (M) comprising a coolant cooling circuit, a device (TE) for measuring the temperature of said coolant providing a measured temperature (T_{eau}) of said coolant, **characterized in that** it comprises a processing system comprising:

- a first means (A1) of predicting the coolant temperature on the basis of engine operating parameters and providing a predicted coolant temperature (T_{peau}),
- an error calculating means (D) calculating the error between the measured coolant temperature (T_{eau}) and the predicted coolant temperature (T_{peau}),
- a second means of predicting the engine oil temperature on the basis of engine operating parameters and supplying a predicted oil temperature (T_{phuille}),
- a correction means correcting the predicted oil temperature (T_{phuille}) using the error calculated by the error calculation means and providing an estimated oil temperature (T_{huile}).

8. System according to Claim 7, **characterized in that** the predicted oil temperature (T_{phuille}) is corrected in the second prediction means.

9. System according to Claim 7 or 8, **characterized in that** the first prediction means (A1) comprises a means for

solving the differential equation:

5

$$\frac{dT_{\text{peau}}}{dt} = \frac{T_{\text{peau}}}{\tau_{\text{eau}}} + \frac{g(c,n)}{\tau_{\text{eau}}}$$

in which:

10

- T_{peau} is the water temperature predicted by the formula,
- τ_{eau} is the time constant for the change in water temperature,
- $g(c, n)$ is a map of various temperatures as a function of engine operating parameters such as actual engine torque and engine rotational speed.

15

10. System according to one of Claims 7 to 9, **characterized in that** the second prediction means (A2) comprises a means of solving the differential equation:

20

$$\frac{dT_{\text{phuille}}}{dt} = \frac{T_{\text{phuille}}}{\tau_{\text{huile}}} + \frac{[f(c,n) + \vartheta_{\text{huile}}]}{\tau_{\text{huile}}}$$

in which:

25

- T_{phuille} is the engine oil temperature predicted by the formula,
- τ_{huile} is the time constant for the change in oil temperature,
- $f(c, n)$ is a map of various temperatures as a function of engine operating parameters such as actual engine torque and engine rotational speed,
- ϑ_{huile} is an error value to be corrected in the predicted engine oil temperature value.

30

11. System according to Claim 10, **characterized in that** it comprises a means such that the error value (ϑ_{huile}) to be corrected is substantially proportional to the error between the measured coolant temperature (T_{eau}) and the predicted coolant temperature (T_{peau}).

35

12. System according to Claim 7, **characterized in that** it comprises means ($f(c, n)$, $g(c, n)$) for establishing and recording in memory a map ($g(c, n)$) of coolant temperatures for various engine operating parameters and a map ($f(c, n)$) of oil temperatures for the same engine operating parameters.

40

13. Combustion engine comprising a system according to one of Claims 7 to 12.

Patentansprüche

45

1. Verfahren zur Ermittlung der Öltemperatur eines Verbrennungsmotors (M), der einen Kühlkreislauf mit Kühlfluid, eine Vorrichtung (TE) zum Messen der Temperatur dieses Fluids umfasst, die eine gemessene Temperatur (T_{eau}) des Kühlfluids bereitstellt, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die folgenden Schritte umfasst:

50

- (a) Vorausberechnen (A1) einer vorausgesagten Temperatur (T_{peau}) des Kühlfluids in Abhängigkeit von Betriebsparametern des Motors,
- (b) Messen der Temperatur (T_{eau}) der Kühlflüssigkeit mit Hilfe der Vorrichtung zum Messen (TE),
- (c) Berechnen eines Fehlers zwischen der gemessenen Temperatur (T_{eau}) des Kühlfluids und der vorausgesagten Temperatur (T_{peau}) des Kühlfluids,
- (a) Vorausberechnen (A2) einer vorausgesagten Öltemperatur (T_{phuille}) in Abhängigkeit von Betriebsparametern des Motors, und
- (e) Korrigieren der vorausgesagten Öltemperatur (T_{phuille}) mit Hilfe des Fehlers, um eine ermittelte Öltemperatur (T_{huile}) bereitzustellen.

55

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schritte (e) und (d) in einem einzigen Schritt durchgeführt werden, wobei die Vorausberechnung der Öltemperatur (A2) eine Korrektur beinhaltet, die den bezogen auf die Wassertemperatur berechneten Fehler berücksichtigt.
- 5 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorausberechnung (A1) der Temperatur des Kühlfluids auf der folgenden Differentialgleichung basiert:

$$\frac{dT_{\text{peau}}}{dt} = \frac{T_{\text{peau}}}{\tau_{\text{eau}}} + \frac{g(c,n)}{\tau_{\text{eau}}}$$

worin:

- T_{peau} die vorausgesagte Wassertemperatur ist,
- τ_{eau} die Zeitkonstante der Entwicklung der Wassertemperatur ist,
- g(c,n) ein Kennfeld verschiedener Temperaturen in Abhängigkeit von den Betriebsparametern des Motors, wie etwa dem realen Motormoment und der Drehzahl des Motors, ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorausberechnung der Öltemperatur auf der folgenden Differentialgleichung basiert:

$$\frac{dT_{\text{huile}}}{dt} = \frac{T_{\text{huile}}}{\tau_{\text{huile}}} + \frac{[f(c,n) + \vartheta_{\text{huile}}]}{\tau_{\text{huile}}}$$

worin:

- T_{huile} die mit der Formel vorausgesagte Temperatur des Motoröls ist,
- τ_{huile} die Zeitkonstante der Entwicklung der Öltemperatur ist,
- f(c,n) ein Kennfeld verschiedener Temperaturen in Abhängigkeit von den Betriebsparametern des Motors, wie etwa dem realen Motormoment und der Drehzahl des Motors, ist.
- ϑ_{huile} ein Fehlerwert ist, der bezogen auf den Wert der vorausgesagten Temperatur des Motoröls zu korrigieren ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zu korrigierende Fehlerwert (ϑ_{huile}) im Wesentlichen proportional zum Fehler zwischen der gemessenen Temperatur (T_{eau}) des Kühlfluids und der vorausgesagten Temperatur (T_{peau}) des Kühlfluids ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen vorherigen Schritt zur Erstellung und Speicherung eines Kennfelds (g(c,n)) der Temperaturen der Kühlflüssigkeit für verschiedene Betriebsparameter des Motors und eines Kennfelds (F(c,n)) der Öltemperaturen für die gleichen Betriebsparameter des Motors umfasst.

7. System zur Berechnung der Öltemperatur eines Verbrennungsmotors (M), der einen Kühlkreislauf mit Kühlfluid, eine Vorrichtung (TE) zum Messen der Temperatur des Kühlfluids umfasst, die eine gemessene Temperatur (T_{eau}) des Kühlfluids bereitstellt, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein System zur Behandlung umfasst, umfassend:

- ein erstes Mittel (A1) zur Voraussage der Temperatur des Kühlfluids in Abhängigkeit von Betriebsparametern des Motors, und das eine vorausgesagte Temperatur (T_{peau}) des Kühlfluids bereitstellt,
- ein Mittel zur Fehlerberechnung (D), das den Fehler zwischen der gemessenen Temperatur (T_{eau}) des Kühlfluids und der vorausgesagten Temperatur (T_{peau}) des Kühlfluids berechnet,
- ein zweites Mittel zur Voraussage der Öltemperatur des Motors in Abhängigkeit von Betriebsparametern des Motors, und das eine vorausgesagte Öltemperatur (T_{huile}) bereitstellt,
- ein Mittel zur Korrektur, das die vorausgesagte Öltemperatur (T_{huile}) mit Hilfe des Fehlers korrigiert, der mit dem Mittel zur Fehlerberechnung berechnet wurde, und das eine ermittelte Öltemperatur (T_{huile}) bereitstellt.

8. System nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrektur der vorausgesagten Öltemperatur (Tphui-le) im zweiten Mittel zur Voraussage ausgeführt wird.
9. System nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Mittel zur Voraussage (A1) ein Mittel zur Lösung der Differentialgleichung:

$$\frac{dT_{\text{peau}}}{dt} = \frac{T_{\text{peau}}}{\tau_{\text{eau}}} + \frac{g(c,n)}{\tau_{\text{eau}}}$$

umfasst, worin:

- Tpeau die von der Formel vorausgesagte Wassertemperatur ist,
- Teau die Zeitkonstante der Entwicklung der Wassertemperatur ist,
- g(c,n) ein Kennfeld der verschiedenen Temperaturen in Abhängigkeit von den Betriebsparametern des Motors, wie etwa dem realen Motormoment und der Drehzahl des Motors, ist.

10. System nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Mittel zur Voraussage (A2) ein Mittel zur Lösung der Differentialgleichung :

$$\frac{dT_{\text{phuille}}}{dt} = \frac{T_{\text{phuille}}}{\tau_{\text{huile}}} + \frac{[f(c,n) + \vartheta_{\text{huile}}]}{\tau_{\text{huile}}}$$

umfasst, worin:

- Tphuille die mit der Formel vorausgesagte Temperatur des Motoröls ist,
- Thuile die Zeitkonstante der Entwicklung der Öltemperatur ist,
- f(c,n) ein Kennfeld der verschiedenen Temperaturen in Abhängigkeit von den Betriebsparametern des Motors, wie etwa dem realen Motormoment und der Drehzahl des Motors, ist,
- ϑ_{huile} ein Fehlerwert ist, der bezogen auf den Wert der vorausgesagten Temperatur des Motoröls zu korrigieren ist.

11. System nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein Mittel umfasst, damit der zu korrigierende Fehlerwert (ϑ_{huile}) im Wesentlichen proportional zum Fehler zwischen der gemessenen Temperatur (Teau) des Kühlfluids und der vorausgesagten Temperatur (Tpeau) des Kühlfluids ist.

12. System nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Mittel (f (c,n), g (c,n)) umfasst, die es ermöglichen, ein Kennfeld (g(c,n)) der Temperaturen der Kühlflüssigkeit in Abhängigkeit von der Zeit für verschiedene Betriebsparameter des Motors und ein Kennfeld (f(c,n)) der Öltemperaturen in Abhängigkeit von der Zeit für die gleichen Betriebsparameter des Motors zu erstellen und zu speichern.

13. Verbrennungsmotor, der ein System gemäß einem der Ansprüche 7 bis 12 umfasst.

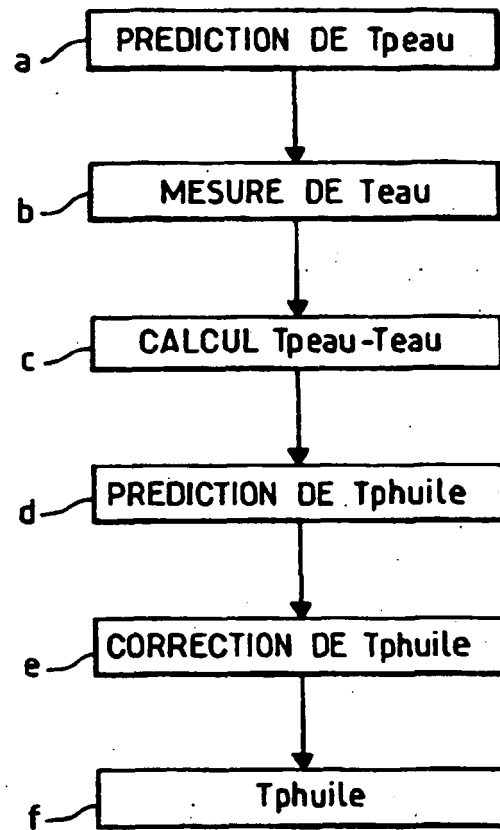


FIG.1

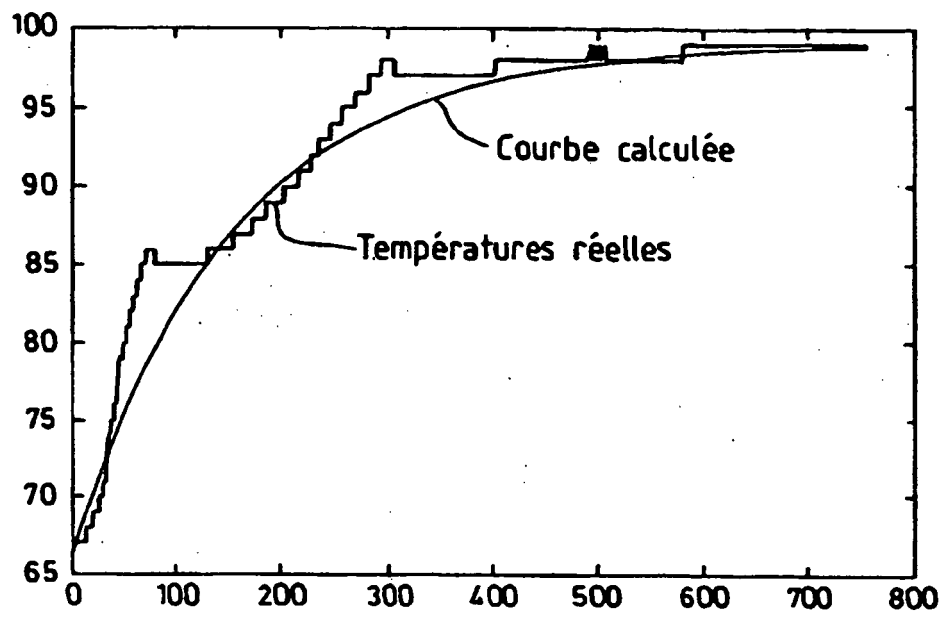


FIG.2a

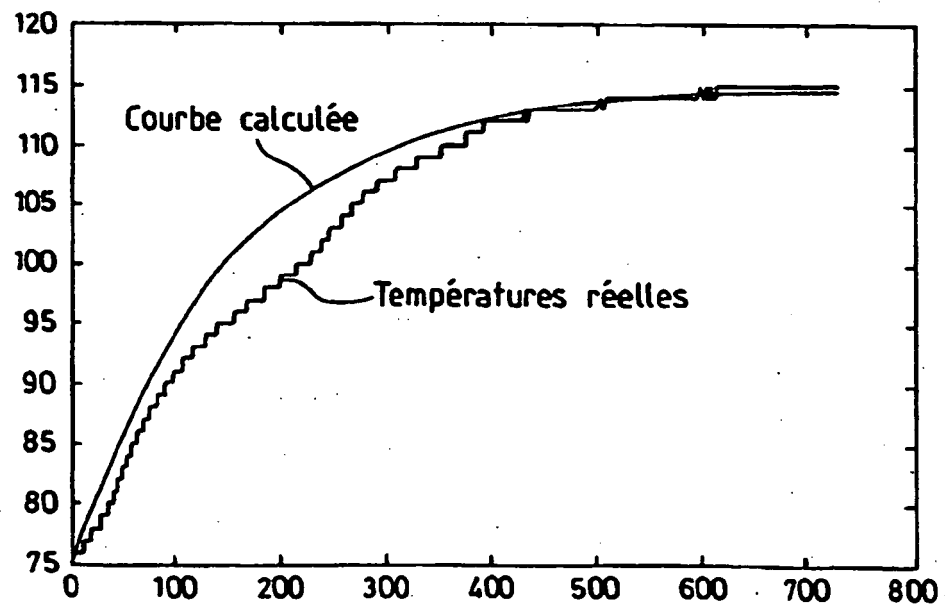


FIG.2b

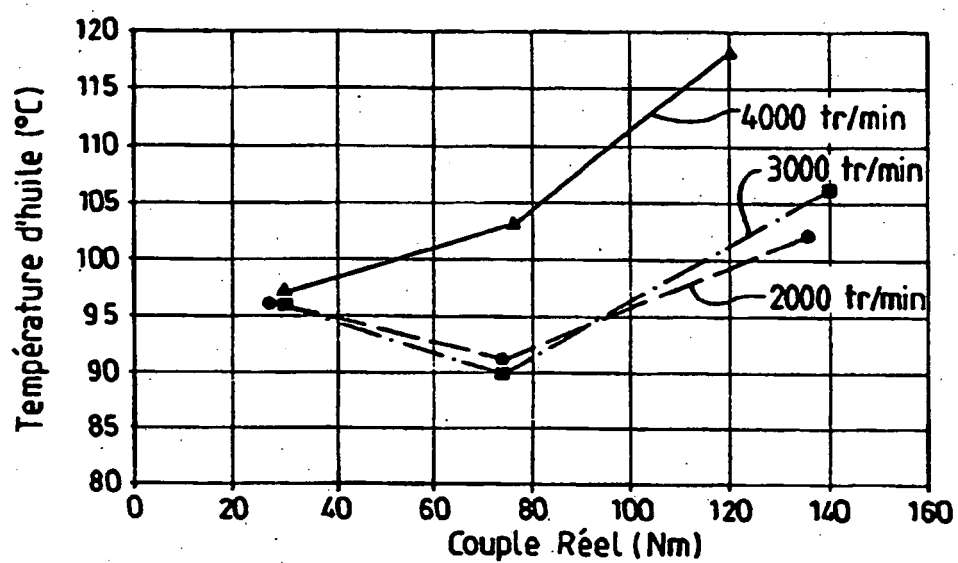


FIG.3a

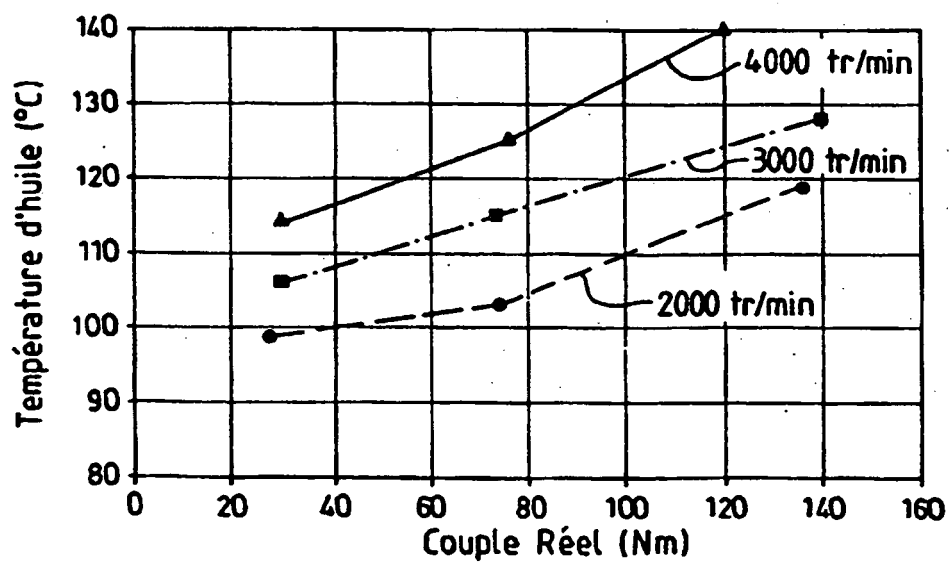
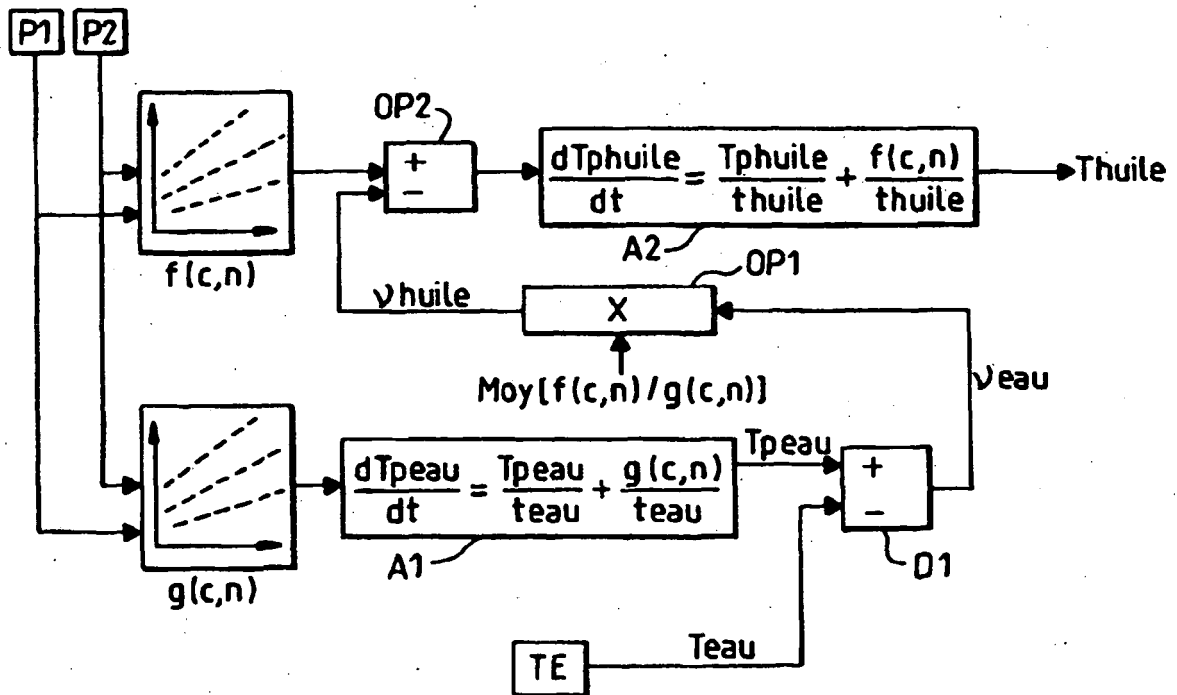
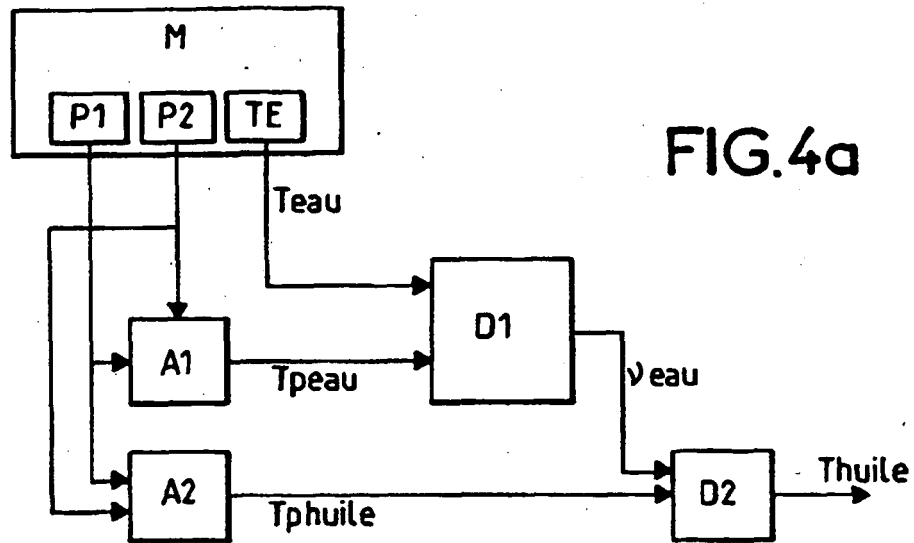


FIG.3b



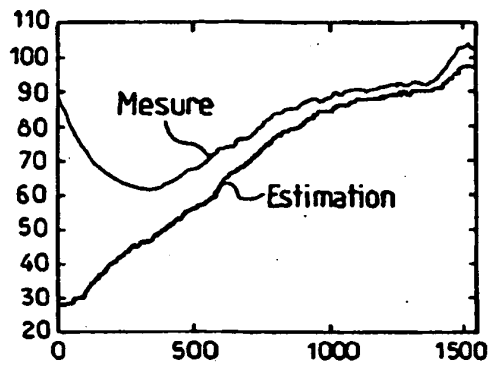


FIG. 5a

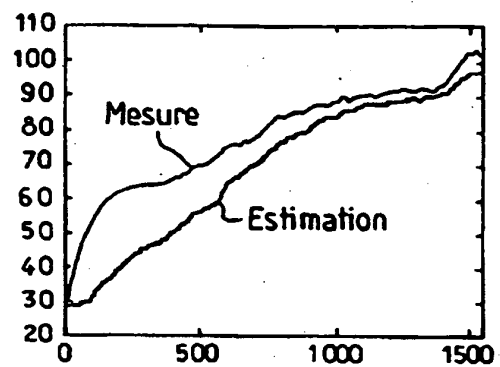


FIG. 5b

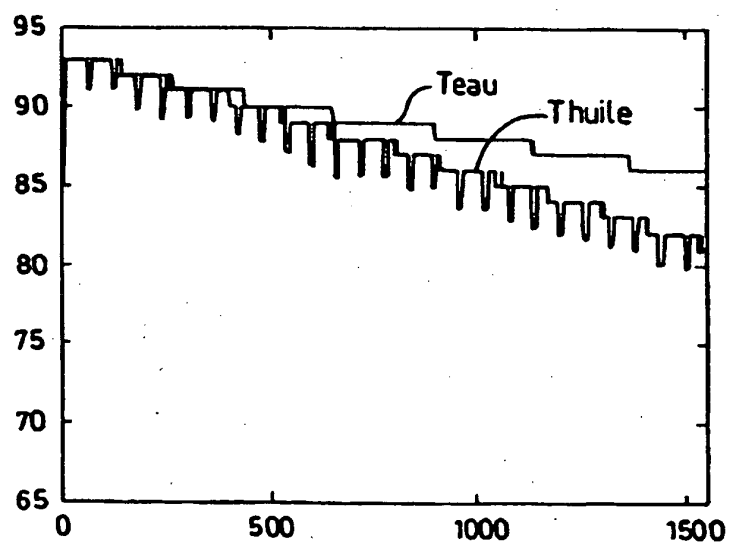


FIG. 6

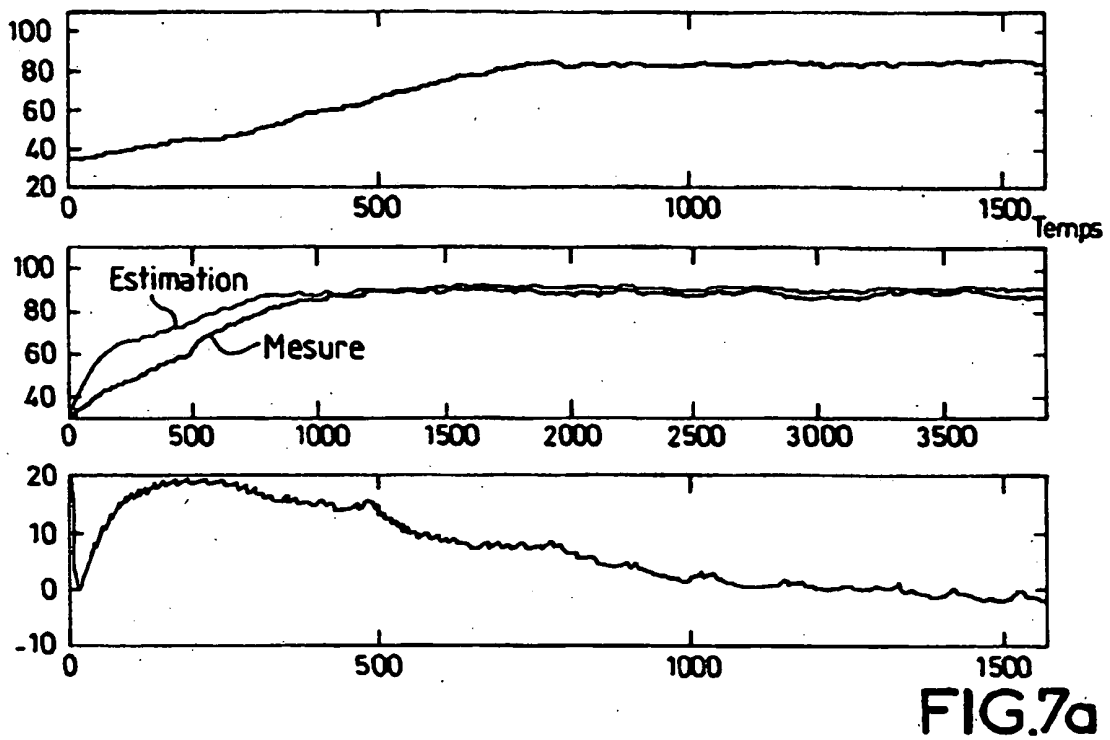


FIG.7a

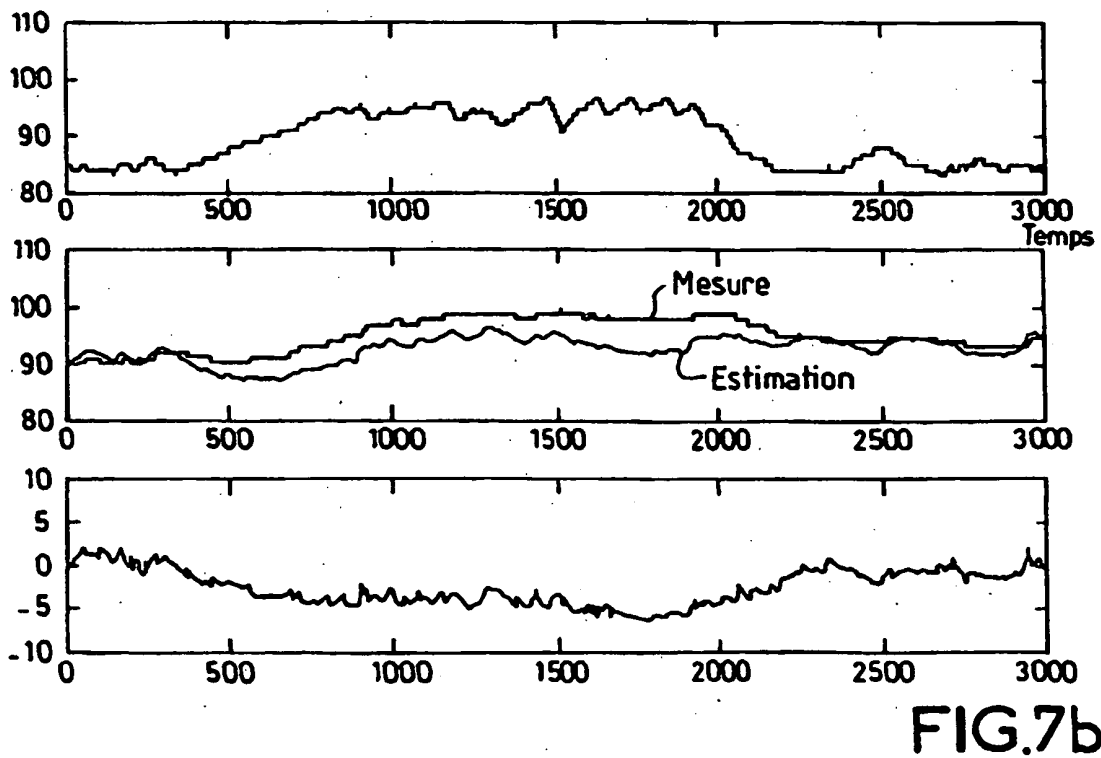


FIG.7b

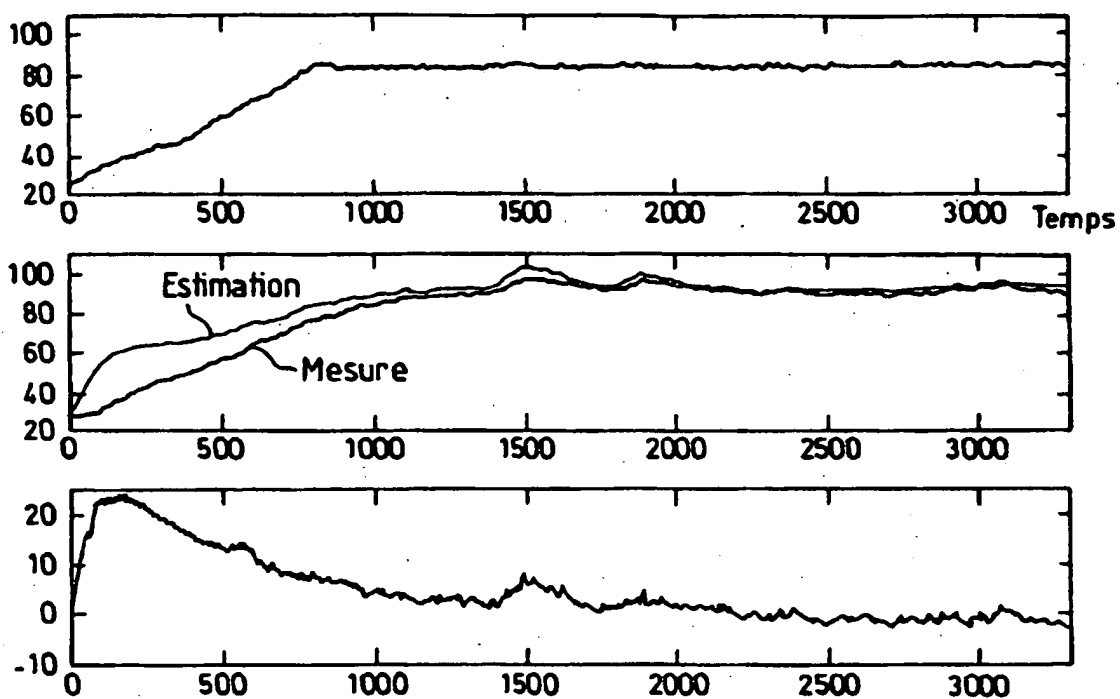


FIG.7c

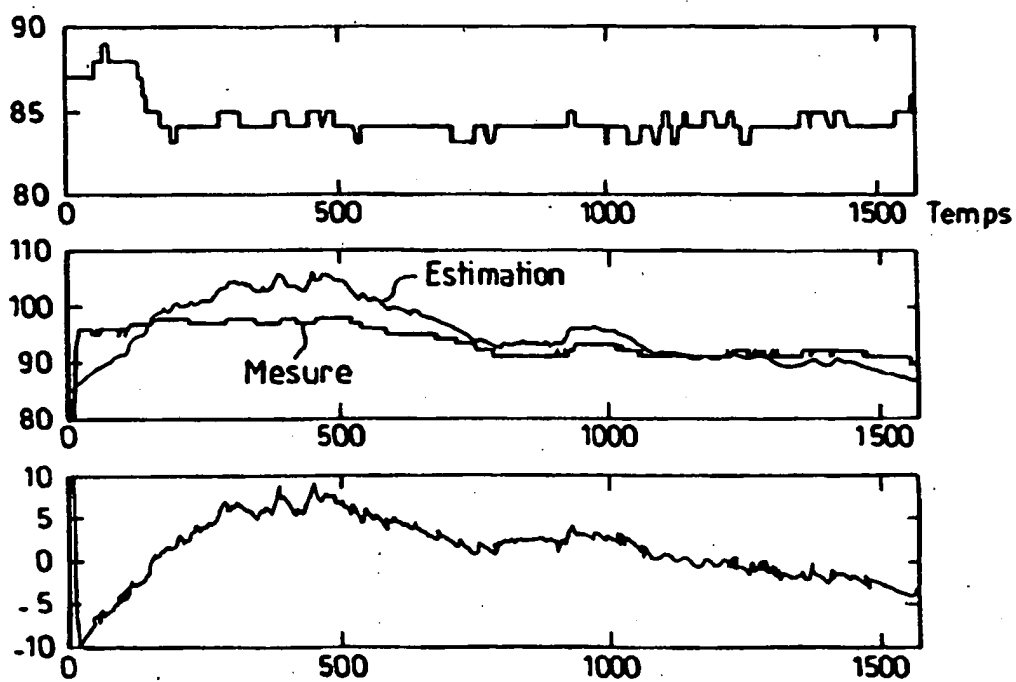


FIG.7d

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- DE 19961118 A [0003]
- US 5633796 A [0003]
- US 4847768 A [0003]
- US 6449538 A [0003]
- US 639337 A [0003]