

(19)



(11)

EP 2 853 710 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
01.04.2015 Bulletin 2015/14

(51) Int Cl.:
F01P 7/16 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14184123.9**

(22) Date de dépôt: **09.09.2014**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA ME

(71) Demandeur: **PEUGEOT CITROËN AUTOMOBILES
SA**
78140 Velizy-Villacoublay (FR)

(72) Inventeur: **Coffy, Christophe**
95130 Le Plessis Bouchard (FR)

(30) Priorité: **30.09.2013 FR 1359381**

(54) **Procédé de régulation thermique d'un moteur à combustion interne en fonction du couple et du régime moteur**

(57) Procédé de régulation thermique d'un moteur (1) à combustion interne muni d'un carter (2) surmonté d'une culasse (4), ce moteur (1) délivrant à chaque instant un couple moteur pour un régime moteur donné, ce procédé comprenant les opérations suivantes :

- prise en compte du couple moteur instantané ;
- prise en compte du régime moteur correspondant ;
- calcul d'une puissance effective délivrée par le moteur en fonction du couple moteur et du régime moteur ;

- comparaison de la puissance effective avec une valeur seuil fixe prédéterminée, calculée en fonction d'une température limite de fonctionnement de la culasse ;
- si la puissance effective est supérieure à la valeur seuil, délivrer une première consigne de température de liquide de refroidissement ;
- si la puissance effective est inférieure à la valeur seuil, délivrer une deuxième consigne de température de liquide de refroidissement, inférieure à la première consigne.

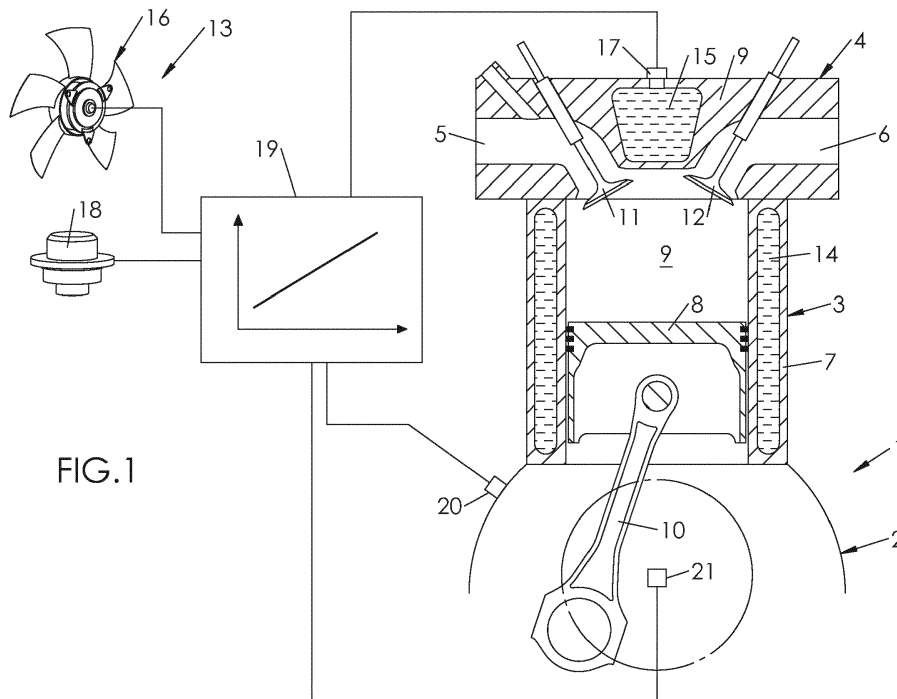


FIG.1

EP 2 853 710 A1

Description

[0001] L'invention a trait au domaine des moteurs à combustion interne des véhicules automobiles, et plus particulièrement au refroidissement des moteurs à combustion interne.

[0002] Le moteur permet, par combustion d'un carburant, de générer un couple permettant de mouvoir le véhicule. La combustion dégage une importante quantité de chaleur qui induit un échauffement du moteur. Cet échauffement risque d'altérer les propriétés des matériaux du moteur (et donc de dégrader celui-ci) si la température atteinte dépasse une température nominale de fonctionnement prédéterminée. Plus précisément, une température trop élevée peut induire une fissuration, une déformation ou une fusion partielle des matériaux.

[0003] C'est pourquoi, pour optimiser le rendement du moteur en maintenant sa température proche de la température nominale, il est usuel de refroidir le moteur, généralement par circulation d'un liquide de refroidissement dont la température est régulée. On observera qu'une température de régulation trop basse est contre-productive, car elle contrarie la réaction de combustion et induit une augmentation de la consommation de carburant. Il est donc essentiel d'assurer une régulation aussi précise que possible de la température du liquide de refroidissement.

[0004] Le document DE 102005009704 (ROBERT BOSCH GMBH) présente une méthode de contrôle de la température du liquide de refroidissement par mesure de la température du liquide et comparaison de cette mesure avec une température seuil prédéterminée à laquelle devrait être le liquide pour assurer un refroidissement correct. La température seuil est définie en fonction du kilométrage du véhicule. Entre un kilométrage nul et quelques milliers de kilomètres, la température seuil est relativement basse. Après 5 000 km, la température seuil demeure constante, à son maximum.

[0005] Cette méthode se fonde sur l'idée qu'il y a lieu de faire progresser la température seuil lorsque le véhicule présente un faible kilométrage. Elle ne tient cependant pas compte (ou n'indique pas comment elle tient compte) des caractéristiques intrinsèques du moteur, dont dépendent plus immédiatement ses performances (et en particulier le rendement), notamment en termes de rendement, de consommation et de fiabilité.

[0006] Un premier objectif est de proposer un procédé de régulation thermique d'un moteur à combustion interne permettant d'optimiser la consommation de carburant.

[0007] Un deuxième objectif est de proposer un procédé de régulation thermique permettant de limiter les risques de défaillance du moteur (et donc d'accroître sa fiabilité et sa longévité).

[0008] A cet effet, il est proposé un procédé de régulation thermique d'un moteur à combustion interne muni d'un carter surmonté d'une culasse, ce moteur délivrant à chaque instant un couple moteur pour un régime mo-

teur donné, ce procédé comprenant les opérations suivantes :

- prise en compte du couple moteur instantané ;
- prise en compte du régime moteur correspondant ;
- calcul d'une puissance effective délivrée par le moteur en fonction du couple moteur et du régime moteur ;
- comparaison de la puissance effective avec une valeur seuil fixe prédéterminée, calculée en fonction d'une température limite de fonctionnement de la culasse ;
- si la puissance effective est supérieure à la valeur seuil, délivrer une première consigne de température de liquide de refroidissement ;
- si la puissance effective est inférieure à la valeur seuil, délivrer une deuxième consigne de température de liquide de refroidissement, inférieure à la première consigne.

[0009] Diverses caractéristiques supplémentaires peuvent être prévues, seules ou en combinaison :

- la première consigne de température de liquide de refroidissement est comprise entre 92°C et 98°C ;
- la première consigne de température de liquide de refroidissement est de 95°C ;
- la deuxième consigne de température de liquide de refroidissement est comprise entre 80°C et 86°C ;
- la deuxième consigne de température de liquide de refroidissement est de 83°C ;
- la température limite de fonctionnement de la culasse est comprise entre 140°C et 200°C ;
- la température de limite de fonctionnement de la culasse est de 170°C.

[0010] Il est proposé, en deuxième lieu, un véhicule automobile comprenant un moteur à combustion interne muni d'un carter surmonté d'une culasse, le moteur comprenant en outre des moyens de détermination du couple et des moyens de détermination du régime moteur, ce véhicule comprenant un calculateur programmé pour :

- calculer d'une puissance effective délivrée par le moteur en fonction du couple moteur et du régime moteur ;
- comparer la puissance effective avec une valeur seuil fixe prédéterminée, calculée en fonction d'une température limite de fonctionnement de la culasse ;
- si la puissance effective est supérieure à la valeur seuil, délivrer une première consigne de température de liquide de refroidissement ;
- si la puissance effective est inférieure à la valeur seuil, délivrer une deuxième consigne de température de liquide de refroidissement, inférieure à la première consigne.

[0011] D'autres objets et avantages de l'invention ap-

paraîtront à la lumière de la description d'un mode de réalisation, faite ci-après en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un moteur à combustion interne muni d'un système de refroidissement à régulation électronique ;
- la figure 2 est une matrice de calcul d'une consigne de régulation thermique du moteur ;
- la figure 3 est un graphique représentant, en nuage de points, les températures de la peau intérieure d'une culasse du moteur en fonction de la puissance effective délivrée par le moteur, et une droite de régression linéaire calculée à partir des points du nuage ;

[0012] Sur la figure 1 est représenté un moteur 1 à combustion interne d'un véhicule automobile.

[0013] Le moteur 1 comprend un carter 2 moteur dans lequel sont formés des cylindres 3. Pour des raisons de clarté, seul un unique cylindre 3 est représenté sur la figure. Le carter 2 moteur, réalisé en alliage d'aluminium, est surmonté d'une culasse 4 (également réalisée en alliage d'aluminium) dans laquelle sont percés un conduit 5 d'admission et un conduit 6 d'évacuation des gaz d'échappement.

[0014] Dans le ou chaque cylindre 3, délimité par une paroi 7, un piston 8 est monté coulissant. Le piston 8 définit, avec la paroi 7 et la culasse 4, une chambre 9 de combustion.

[0015] Le piston 8 est relié par l'intermédiaire d'une bielle 10 à un vilebrequin (illustré par un cercle en trait mixte sur la figure) monté en rotation par rapport au carter 2 moteur.

[0016] Une ou plusieurs soupape(s) 11 d'admission ainsi qu'une ou plusieurs soupape(s) 12 d'évacuation sont montées au droit des embouchures des conduits 5, 6 dans la chambre 9 de combustion, qu'elles obturent ou libèrent alternativement au cours du cycle de combustion.

[0017] Le moteur 1 fournit un couple moteur donné, mesuré sur le vilebrequin (et exprimé en N.m), pour un régime moteur (c'est-à-dire la vitesse de rotation du vilebrequin, exprimé en tr/min) donné.

[0018] Le refroidissement du moteur 1 est assuré par un système 13 de refroidissement comprenant une canalisation 14 primaire intégrée à la paroi 7 du cylindre 3, et une canalisation 15 secondaire formée dans la culasse 4, dans lesquelles circule un liquide de refroidissement (illustré par le motif à tirets sur la figure 1). De manière classique, le liquide de refroidissement est un mélange d'eau et d'antigel (typiquement de l'éthylène glycol), auxquels sont éventuellement ajoutés divers inhibiteurs de corrosion.

[0019] Le système 13 de refroidissement comprend en outre un ventilateur 16 positionné face à un radiateur dans lequel circule le liquide de refroidissement, un capteur 17 de température, de préférence monté sur la cu-

lasse 4 pour y mesurer la température du liquide de refroidissement, ainsi qu'un thermostat 18. Le thermostat 18 est de préférence du type cartographique, c'est-à-dire qu'il est équipé d'une résistance permettant de chauffer l'eau qui le traverse.

[0020] Le moteur 1 est à gestion électronique et comprend un calculateur 19 comprenant un processeur dans lequel sont implémentés des programmes de gestion de divers organes du moteur. En particulier, le calculateur 19 est programmé pour gérer le refroidissement du moteur 1. Le calculateur 19 est à cet effet connecté :

- au ventilateur 16, dont il commande le démarrage, l'arrêt et la vitesse de rotation,
- au thermostat 18, dont il commande la température de chauffe de la résistance,
- au capteur 17 de température,
- à un capteur 20 de régime moteur, monté sur le carter 2,
- à un capteur 21 de couple, monté sur le vilebrequin, et mesurant le couple fourni par celui-ci sous l'action des pistons 8 via les bielles 10.

[0021] Le capteur 21 de couple représente un exemple de moyens de détermination du couple. Le capteur 21 de couple peut être remplacé par un estimateur de couple.

[0022] Le capteur 20 de régime moteur représente un exemple de moyens de détermination du régime moteur. Le capteur 20 de régime moteur peut être remplacé par un estimateur de régime moteur.

[0023] Lors du fonctionnement du moteur, la culasse 4 est soumise à de fortes contraintes thermiques. Selon le matériau utilisé pour fabriquer la culasse 4, il existe une température T_N nominale offrant un bon compromis entre les performances du matériau (notamment en termes de raideur) et la consommation en carburant, que l'on souhaite minimiser (notamment à faible régime). Plus précisément, cette température nominale correspond à une température limite de fonctionnement de la culasse 4, au-delà de laquelle la culasse 4 voit ses performances mécaniques (en particulier sa raideur) diminuer, et en-deçà de laquelle ce sont les performances du moteur qui sont affectées (baisse de rendement, augmentation de la consommation à bas régime).

[0024] Dans ce qui suit, on part de l'hypothèse que le matériau constituant la culasse (au moins la culasse, et par exemple le carter) est un alliage d'aluminium dont la température nominale de fonctionnement de la culasse est de 170°C.

[0025] La régulation thermique du moteur est assurée par le calculateur 19 en fonction de cette température nominale et en tenant compte des paramètres suivants :

- couple moteur instantané, tel que mesuré par le capteur 21 de couple ;
- prise en compte du régime moteur correspondant, tel que mesuré par le capteur 20 de régime moteur ;

[0026] Ces deux paramètres sont connus à chaque instant par le calculateur **19**, qui est programmé pour :

- calculer une puissance effective délivrée par le moteur **1** en fonction du régime et du couple moteur mesurés par les capteurs **20, 21** ;
- comparer la puissance effective ainsi calculée avec une valeur P_S seuil fixe prédéterminée, calculée en fonction de la température nominale T_N ;
- si la puissance effective est supérieure à la valeur P_S seuil, délivrer une première consigne $T1$ (ci-après dénommée consigne haute) de température pour le liquide de refroidissement ;
- si la puissance effective est inférieure à la valeur P_S seuil, délivrer une deuxième consigne $T2$ (ci-après dénommée consigne basse) de température pour le liquide de refroidissement, inférieure à la première consigne $T1$.

[0027] Selon un mode de réalisation préféré la consigne haute $T1$ est comprise entre 98°C et 92°C (en étant avantageusement de 95°C environ), tandis que la consigne basse $T2$ est comprise entre 80°C et 86°C (en étant avantageusement de 83°C environ).

[0028] La consigne de température du liquide de refroidissement est définie à l'aide d'une table de valeurs illustrée sur la figure 2, dans laquelle les lignes correspondent (de gauche à droite) à une augmentation du couple à régime moteur constant, tandis que les colonnes correspondent (de haut en bas) à une augmentation du couple moteur à régime moteur constant.

[0029] La table est séparée par une droite représentant une valeur constante de puissance effective délivrée par le moteur pour le couple fourni tel qu'indiqué en ordonnée, au régime moteur indiqué en abscisse. Une telle droite est dénommée droite d'isopuissance. La droite d'isopuissance tracée sur la figure 2 correspond à la valeur P_S seuil évoquée ci-dessus, qui est la puissance effective délivrée par le moteur **1** à la température T_N nominale de fonctionnement de la culasse **4**.

[0030] Le calcul de la valeur seuil P_S est effectué comme suit, en référence à la figure 3 sur laquelle on a représenté l'évolution de la température de la culasse (en ordonnée) en fonction de la puissance effective délivrée par le moteur (en abscisse). A partir d'un nuage de points correspondant aux mesures de températures de la culasse effectuées pour diverses puissances effectives mesurées en sortie du vilebrequin, on a calculé une droite de régression linéaire (typiquement par la méthode des moindres carrés) illustrant l'évolution statistique de la température de culasse en fonction de la puissance effective délivrée par le moteur.

[0031] Puis on a calculé, à partir de cette régression linéaire, la puissance effective fournie par le moteur à la température T_N nominale de fonctionnement de la culasse. Cette puissance est retenue comme valeur P_S seuil

[0032] Ainsi, le calculateur, en fonction d'un couple et d'un régime, qui lui sont communiqués depuis le moteur,

utilise la table illustrée sur la figure 2 pour déterminer la consigne de température à appliquer au liquide de refroidissement. Lorsque la puissance effective calculée pour un régime moteur et un couple moteur donnés se trouve au-dessus de la droite d'isopuissance tracée dans la table de valeurs (cases blanches sur la figure 2 : la puissance effective délivrée instantanément par le moteur est supérieure à la valeur P_S seuil), la consigne de température à appliquer au liquide de refroidissement est la consigne haute $T1$. Lorsqu'au contraire la puissance effective se trouve au-dessous de la droite d'isopuissance (cases grisées sur la figure 2 : la puissance effective délivrée instantanément par le moteur est inférieure à la valeur P_S seuil), la consigne de température à appliquer au liquide de refroidissement est la consigne basse $T2$.

[0033] A titre d'exemple, pour un couple de 110 N.m à un régime moteur de 2250 tr/min, on voit sur la table de la figure 2 que la case correspondante se trouve au-dessus de la droite d'isopuissance. Par conséquent le calculateur applique alors la consigne de température haute $T1$. A contrario, et pour un couple de 210 N.m à un régime moteur de 3500 tr/min, le calculateur appliquera une consigne de température basse $T2$.

[0034] Le procédé qui vient d'être décrit procure un certain nombre d'avantages :

- il permet d'accroître la fiabilité (et donc la durée de vie) du moteur en limitant les sollicitations de la culasse à haut régime ;
- il permet de diminuer la consommation de carburant du moteur en augmentant la température de fonctionnement à régime modéré.

35 Revendications

1. Procédé de régulation thermique d'un moteur **(1)** à combustion interne muni d'un carter **(2)** surmonté d'une culasse **(4)**, ce moteur **(1)** délivrant à chaque instant un couple moteur pour un régime moteur donné, ce procédé étant **caractérisé en ce qu'il** comprend les opérations suivantes :

- prise en compte du couple moteur instantané ;
- prise en compte du régime moteur correspondant ;
- calcul d'une puissance effective délivrée par le moteur en fonction du couple moteur et du régime moteur ;
- comparaison de la puissance effective avec une valeur seuil fixe prédéterminée, calculée en fonction d'une température limite de fonctionnement de la culasse ;
- si la puissance effective est supérieure à la valeur seuil, délivrer une première consigne de température de liquide de refroidissement ;
- si la puissance effective est inférieure à la valeur seuil, délivrer une deuxième consigne de

température de liquide de refroidissement, inférieure à la première consigne.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la première consigne de température est comprise entre 92°C et 98°C. 5

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la première consigne de température est de 95°C environ. 10

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la deuxième consigne de température est comprise entre 80°C et 86°C. 15

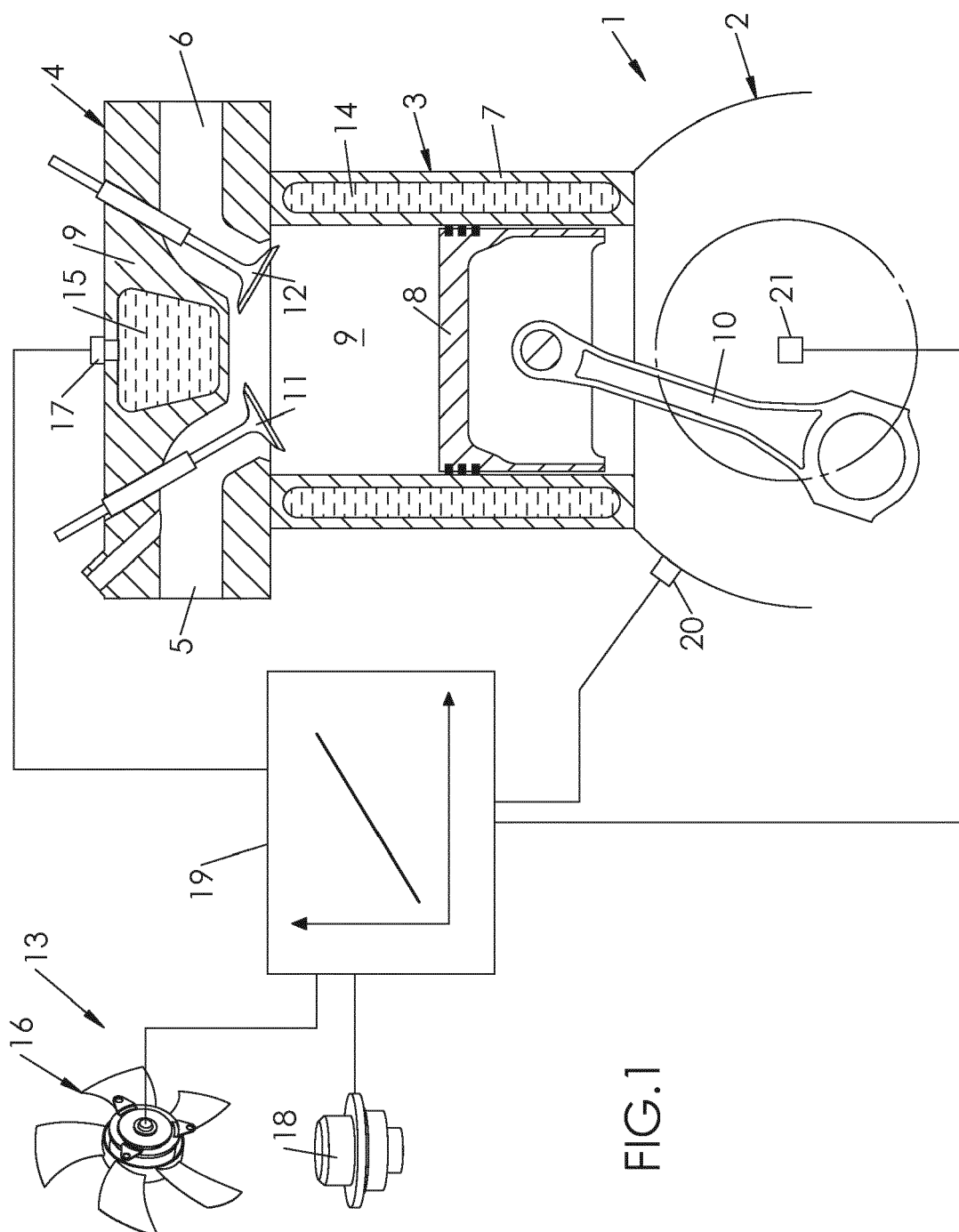
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la deuxième consigne de température est de 83°C. 20

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température limite de fonctionnement de la culasse est comprise entre 140°C et 200°C. 25

7. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la température de limite de fonctionnement de la culasse est de 170°C environ.

8. Véhicule automobile comprenant un moteur (1) à combustion interne muni d'un carter (2) surmonté d'une culasse (4), le moteur (1) comprenant en outre des moyens de détermination du couple et des moyens de détermination du régime moteur; ce véhicule étant **caractérisé en ce qu'il** comprend un 30
calculateur programmé pour : 35
 - calculer d'une puissance effective délivrée par le moteur en fonction du couple moteur et du régime moteur ; 40
 - comparer la puissance effective avec une valeur seuil fixe prédéterminée, calculée en fonction d'une température limite de fonctionnement de la culasse ;
 - si la puissance effective est supérieure à la valeur seuil, délivrer une première consigne de température de liquide de refroidissement ; 45
 - si la puissance effective est inférieure à la valeur seuil, délivrer une deuxième consigne de température de liquide de refroidissement, inférieure à la première consigne. 50

55



C (N.m)	CT (°C)									
	R (tr/min)									
	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	5000
0	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1
70	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1
90	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T2
110	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T2	T2
130	T1	T1	T1	T1	T1	T1	T2	T2	T2	T2
150	T1	T1	T1	T1	T2	T2	T2	T2	T2	T2
170	T1	T1	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2
190	T1	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2
210	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2
230	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2
250	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2	T2

FIG.2

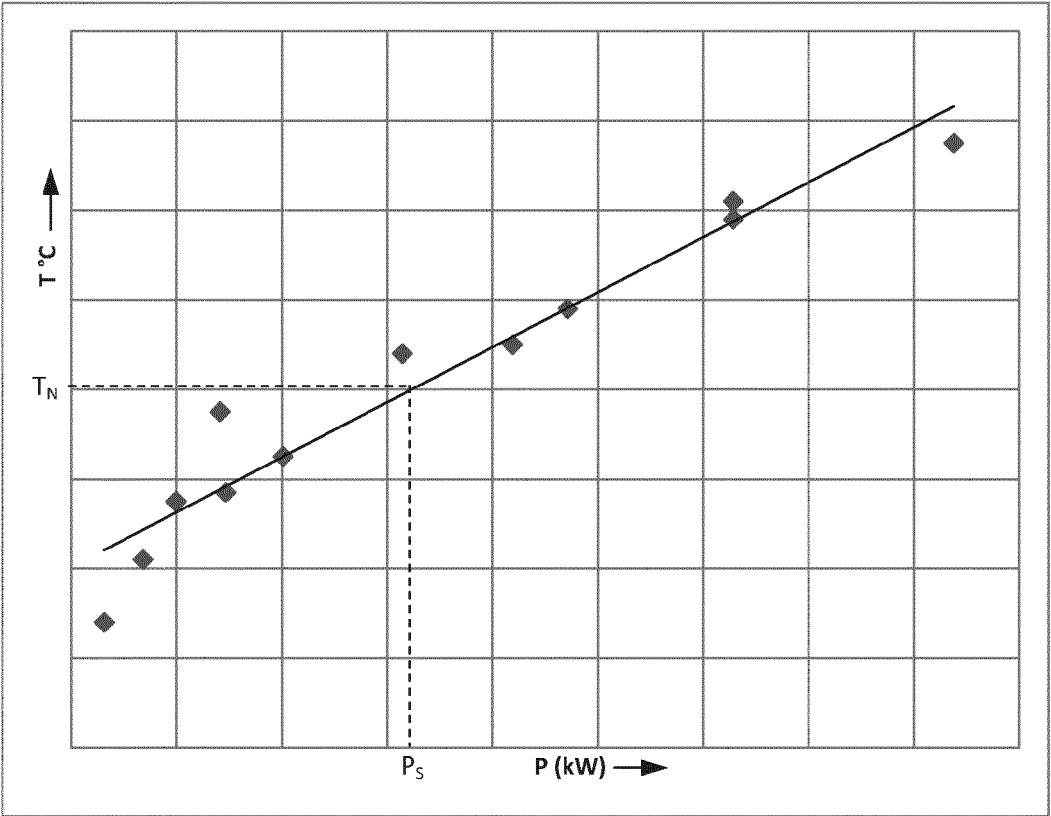


FIG.3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 14 18 4123

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	GB 2 425 619 A (VISTEON GLOBAL TECH INC [US]; UNIV BATH [GB]) 1 novembre 2006 (2006-11-01) * page 4, ligne 1-12; figures 1,2; tableaux * * page 10, ligne 19-20 *	1-8	INV. F01P7/16
A	WO 02/23022 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]; STIEBELS BERND [DE]; GOERNER STEFFEN [DE]) 21 mars 2002 (2002-03-21) * page 2, ligne 1-13; figure 2 * * page 6, alinéas 2,3 *	1-5,8	
A	WO 03/056152 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10 juillet 2003 (2003-07-10) * page 14, alinéa 1-3; figures 1-3 * * page 18, ligne 1-18 *	1,8	
A	WO 02/101210 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; HERYNEK ROLAND [DE]; VOLLMER MARTIN [DE]) 19 décembre 2002 (2002-12-19) * page 4, ligne 28 - page 5, ligne 5; figures 1,2 * * page 8, ligne 20 - page 9, ligne 18 *	1,8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F01P
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		30 septembre 2014	Luta, Dragos
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P4C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 14 18 4123

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

30-09-2014

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2425619 A	01-11-2006	GB 2425619 A	01-11-2006
		US 2006288967 A1	28-12-2006
-----	-----	-----	-----
WO 0223022 A1	21-03-2002	AT 338202 T	15-09-2006
		DE 10045613 A1	18-04-2002
		EP 1320669 A1	25-06-2003
		WO 0223022 A1	21-03-2002
-----	-----	-----	-----
WO 03056152 A1	10-07-2003	DE 10163944 A1	03-07-2003
		EP 1461516 A1	29-09-2004
		WO 03056152 A1	10-07-2003
-----	-----	-----	-----
WO 02101210 A1	19-12-2002	DE 10128423 A1	02-01-2003
		EP 1399656 A1	24-03-2004
		JP 4069068 B2	26-03-2008
		JP 2004529287 A	24-09-2004
		KR 20030077527 A	01-10-2003
		US 2004011305 A1	22-01-2004
		WO 02101210 A1	19-12-2002
-----	-----	-----	-----

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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 102005009704 [0004]