RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 489 418**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) **N° 80 18493**

(54) **Procédé et dispositif de récupération des pertes thermiques des moteurs à combustion interne.**

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). **F 02 G 5/02; F 01 K 23/06.**

(22) Date de dépôt..... 26 août 1980.
(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 9 du 5-3-1982.

(71) Déposant : Société anonyme dite : BERTIN & CIE, résidant en France.

(72) Invention de : Jean-Paul René Ribault, Pierre Ferdinand Jean Sagnes et Serge Galant.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet L. A. de Boisse,
37, av. Franklin-Roosevelt, 75008 Paris.

L'invention est destinée surtout à l'industrie des véhicules et en particulier des véhicules automobiles routiers. Elle tend à diminuer la consommation des moteurs thermiques par la récupération de leurs pertes de chaleur et transformation de celles-ci en énergie mécanique supplémentaire.

La récupération en énergie mécanique des pertes thermiques des machines motrices est une idée fort ancienne, puisqu'elle est déjà parfaitement décrite en 1844 dans la 3ème addition au brevet français n° 12 114 par P. VERDAT du TREMBLAY. Il avait même fait fonctionner un circuit étanche alimentant un moteur à vapeur d'éther, celui-ci étant vaporisé dans une chaudière chauffée par l'échappement d'une machine à vapeur d'eau, et ensuite condensé et recyclé.

Les progrès des moteurs à combustion interne, ainsi que la baisse des coûts des combustibles et carburants, avaient jusqu'ici éliminé ce genre d'économiseur à cycle thermodynamique indépendant, constitué généralement d'une boucle thermodynamique à cycle de RANKINE laquelle constitue un circuit étanche avec condenseur, comme ci-dessus.

Depuis peu la nécessité de réduire les consommations des combustibles, surtout du fait de leurs coûts, mais aussi pour la protection de l'environnement, ont remis en honneur l'étude de telles boucles.

L'état de la technique actuelle est résumé par exemple dans un article de J. GALLOIS dans la revue "Science et Technique" n° 55 de décembre 1978.

On y trouve en particulier, appliquée à des moteurs diesels fixes ou marins à grande puissance, l'idée de l'utilisation d'une première boucle chauffée par les gaz ou fumées d'échappement et d'une seconde boucle indépendante chauffée par le liquide de refroidissement du moteur diesel.

Pour les moteurs à combustion interne plus petits, en particulier pour ceux des véhicules, on a jusqu'ici négligé de récupérer autre chose que la chaleur des gaz d'échappement et même ceci n'est qu'au stade expérimental car le gain d'énergie est faible et l'installation est coûteuse, tout au moins pour les petits moteurs des automobiles.

Par rapport à ce qui précède, l'invention se caractérise en premier lieu par l'utilisation de la chaleur des parois du moteur à combustion interne pour réchauffer le fluide de la boucle d'un cycle de RANKINE unique, où l'énergie à haute température arrive dans une chaudière chauffée par les fumées de l'échappement du moteur.

D'une façon inattendue en effet, il apparait alors que

le fait de chauffer le fluide par l'essentiel des pertes thermiques du moteur (refroidissement des parois et fumées de l'échappement) permet d'actionner un moteur à vapeur non seulement plus puissant, mais aussi moins miniaturisé, donc moins délicat et pas plus coûteux que si l'on utilise seulement la chaleur des fumées ou gaz d'échappement.

L'amortissement financier de l'installation de récupération est donc plus court et le système devient industriellement envisageable.

Ceci est encore amélioré, selon l'invention par une élévation de la température des parois du moteur à combustion interne.

Celle-ci peut atteindre environ 150° C à 180° C au lieu de 100°C à 110°C pour les moteurs connus.

On a intérêt en outre à refroidir l'huile qui lubrifie le moteur, pour limiter sa température à 180° C par exemple et pour chauffer le fluide de la même boucle : ainsi l'huile est protégée de la surchauffe et l'ensemble des pertes thermiques se trouve récupéré à la plus haute température possible, au bénéfice du rendement de cette récupération en énergie mécanique.

Selon l'invention, le circuit de refroidissement à température plus élévée peut être réalisé de façon avantageuse sans modifier le moteur à combustion interne, en le remplissant d'un fluide calopoteur organique à température d'ébullition élevée à la pression atmosphérique, tel par exemple que celui vendu sous le nom de "GILOTHERM" par la Société RHONE-POULENC. On peut aussi employer pour ce faire l'huile même du moteur.

On pourrait cependant introduire directement le fluide de la boucle dans le circuit de refroidissement du moteur. Dans ce circuit serait soumis à une pression élevée, par exemple 15 à 25 bars, ce qui peut nécessiter une fabrication spéciale et un entretien plus difficile, tant du moteur que de la boucle de RANKINE. En outre le fluide pourrait être peu à peu détérioré par des surchauffes localisées ou accidentelles.

Un autre fluide intermédiaire pourrait être à base d'eau : sa pression serait alors de 5 à 10 bars, ce qui pose les mêmes difficultés.

Le fluide de la boucle de RANKINE peut être choisi parmi les nombreux "fluides thermodynamiques" connus. Par exemple on a étudié l'emploi du perfluordiméthyltétrahydrofurane , du dichlorobenzène, du trifluoroéthanol et de l'hexafluorobenzène.

La turbine qu'entraîne ce fluide est de préférence une turbine supersonique à action pure ou avec un faible degré de réaction, et avec une injection partielle, d'environ la moitié de sa périphérie,

ceci de façon à ce que son diamètre ne soit pas trop petit et sa vitesse pas trop grande.

Exemple : Pour le moteur d'une automobile économique ne récupérant, selon la technique antérieure, que l'énergie thermique des fumées un exemple d'application avait conduit à choisir le perfluorodiméthyltétrahydrofurane. Celui-ci entraînait une turbine de diamètre 76mm tournant à 27200 tr/mn donnant une puissance mécanique de 2,3 KW. Ceci s'obtient avec une turbine à action à roue unique utilisée avec une injection partielle au taux de 0,5 environ . On obtient un volume global de 48 litres pour l'ensemble échangeur et condenseur.

Si on applique le procédé selon l'invention, en adjoignant l'énergie thermique de refroidissement des parois du moteur et avec augmentation de la température de celles-ci jusqu'à 180° C, les valeurs deviennent :

diamètre 94 mm, vitesse 27000 tr/mn, puissance 3,8 KW (soit 29% de la puissance du moteur considéré) et volume 58 litres pour les deux échangeurs et le condenseur.

La figure jointe représente une boucle disposée selon le procédé objet de l'invention. A titre d'exemple, cette boucle est disposée dans le capot-moteur d'une automobile, elle est vue partiellement en coupe. Les divers organes figurés ainsi que leurs emplacements ne sont indiqués qu'à titre d'illustration particulière et ne sont pas tous nécessaires à l'application de l'invention.

Le moteur à combustion 1 est disposé transversalement avec des cylindres en ligne d'axes inclinés vers l'arrière. La boîte de transmission aux roues motrices est figurée en 2.

La turbine à vapeur dans son carter 3 est disposée à proximité de la tubulure d'échappement 4 des fumées du moteur ainsi que de la chaudière 5 qui reçoit directement celles-ci et les évacue, tout en jouant en outre le rôle de silencieux, par le tube d'échappement 6. La turbine 3 et la chaudière 5 peuvent être fixées à la carrosserie de la voiture pour éviter qu'elles soient soumises aux vibrations du moteur 1, à condition que la transmission de la puissance fournie par la turbine ne soit pas perturbée par ces vibrations. Ici cette transmission comporte un démultiplicateur à engrenage incorporé au carter 3 de turbine, puis une longue courroie 7 qui coopère avec la poulie 8 entraînant le vilbrequin du moteur par l'intermédiaire d'une roue libre coaxiale. Cette courroie entraîne aussi la pompe 9 du liquide de refroidissement du bloc-moteur 1, et éventuellement d'autres accessoires.

La transmission au véhicule de la puissance fournie par

la turbine pourrait être d'un autre type, électrique par exemple.

La pompe 9 fait circuler dans un échangeur de chaleur 10 le liquide de refroidissement depuis sa sortie chaude sur le bloc-moteur 1 jusqu'à son retour refroidi, en 11 sur la culasse de celui-ci.

Cet échangeur 10 réchauffe le fluide thermodynamique sortant liquide et sous pression de la pompe de circulation 12 montée sur le carter 3 de la turbine. Selon l'invention l'échangeur 10 est inséré en série dans la boucle thermodynamique qui comprend la turbine et la chaudière 5. Dans celle-ci ce fluide se vaporise, par exemple dans un faisceau tubulaire où il circule de bas en haut et qui est en liaison directe par une courte tubulure 15 avec l'admission du carter 3 de la turbine. Selon un perfectionnement de l'invention, un radiateur d'huile 13 pour le lubrifiant du moteur 1 constitue un second réchauffeur du fluide dans la boucle thermodynamique. Il peut être monté, comme figuré ici, en série par rapport au réchauffeur principal 10, auquel il est relié par une tuyauterie 14 issue de la sortie de celui-ci. Il pourrait aussi être monté en parallèle avec lui, et/ou placé dans la même enveloppe 10.

Lorsque, selon un mode préféré d'emploi de l'invention, le liquide de refroidissement du moteur 1 est à haute température, les divers organes ci-dessus, et les conduites de liaisons, doivent être calorifugés tant pour éviter des accidents corporels que pour conserver le rendement thermodynamique de la boucle.

De même les parois externes du carter moteur 1 y compris le carter d'huile 16 de celui-ci doivent être calorifugés.

La vapeur détendue sort par l'échappement 17 de la turbine à vapeur et traverse de façon classique un récupérateur de chaleur 18 qui préchauffe le fluide thermodynamique liquide refoulé par la pompe 12 dans le tube 19. On peut aussi disposer ce récupérateur dans la même enveloppe que le réchauffeur 10 et même y disposer en parallèle les circuits du fluide thermodynamique. Après le récupérateur 18, la vapeur refroidie par lui, est conduite par une large tubulure 20 jusqu'au condenseur 21. Celui-ci peut être construit comme un radiateur habituel d'automobile, sauf qu'il doit résister au vide, la pression de la vapeur détendue étant par exemple de 0,1 bar absolu.

D'une façon avantageuse ce condenseur occupe la place habituelle du radiateur dans l'avant du capot-moteur. Il faut noter qu'il est beaucoup plus grand qu'un radiateur normal de façon à réchauffer beaucoup moins l'air ambiant. On cherche en effet à refroidir le fluide thermodynamique jusqu'à 50° C ou même 40° C. Le

fluide condensé en bas du condenseur 21 est renvoyé par le tube 22 à l'entrée de la pompe de circulation 12. Au moins un ventilateur 23 accélère la circulation d'air ambiant à travers le condenseur 21, en cas de nécessité, par exemple en cas de ralentissement du véhicule. Il peut alors être entraîné par un moteur électrique 24 actionné par un thermocontact selon un principe connu.

A titre d'exemple on peut indiquer des ordres de grandeur indicatifs des pressions et températures du fluide en divers points de la boucle :

- sortie 22 du condenseur 21 : 0,1 bar - 40°C
- refoulement 19 de la pompe 12 : 25 bar - 40° C
- sortie du récupérateur 18 : 25 bar - 100° C
- sortie 14 de l'échangeur 10 : 25 bar - 180° C
- sortie 15 de la chaudière 5 : 25 bar - 240° C
- sortie 17 du carter-turbine 3 : 0,1 bar - 170° C
- sortie 20 du récupérateur 18 : 0,1 bar - 100° C

On peut noter que l'utilisation d'un liquide de refroidissement du bloc-moteur n'est pas nécessaire à l'application de l'invention. En effet celle-ci peut être mise en oeuvre en utilisant l'air réchauffé d'un moteur à refroidissement par air. Sur l'exemple de la figure, la pompe 9 serait un ventilateur et les tubulures telles que 11 seraient de section agrandie. Pour éviter des pertes thermiques on aurait alors intérêt soit à recycler cet air, soit à intervertir ou bien disposer en parallèle le récupérateur 18 et l'échangeur 10 pour le réchauffage du liquide thermodynamique refoulé par la pompe 12, de façon dans ces deux derniers cas à n'évacuer que de l'air aussi refroidi que possible au contact du fluide liquide froid refoulé par la pompe 12.

Le refroidissement du moteur peut aussi être mixte, par exemple les fûts des cylindres l'étant par l'air et les culasses par un liquide. Chacun de ces éléments alimente alors un échangeur adapté selon le fluide et selon la quantité de chaleur reçue.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour récupérer en énergie mécanique les chaleurs perdues d'un moteur à combustion interne, au moyen d'un circuit de fluide dit boucle à cycle thermodynamique de RANKINE, où le fluide rendu liquide dans un condenseur est vaporisé sous pression dans une chaudière chauffée par les fumées d'échappement du moteur, pour actionner une machine motrice à vapeur, caractérisé par l'utilisation de la chaleur de refroidissement du moteur pour réchauffer le fluide liquide avant son introduction dans la chaudière.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les parois du moteur sont maintenues à une température supérieure à 150° C.

---

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'huile de lubrification du moteur sert aussi à réchauffer le liquide de la boucle avant son introduction dans la chaudière, par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que des parois du moteur sont refroidies par un fluide autre que celui de la machine à vapeur, avec un échangeur de chaleur entre ces deux fluides.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que des parois du moteur sont refroidies par un liquide à point d'ébullition supérieur à 150° C à la pression atmosphérique.

6. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que des parois du moteur sont refroidies par un liquide sous pression.

7. Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que des parois du moteur sont refroidies par de l'air.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'air qui sort de l'échangeur de chaleur est recyclé sur les parois du moteur.

9. Procédé selon l'une des revendications 4 à 8, rattachée à 3, caractérisé en ce qu'un même échangeur de température reçoit l'huile de lubrification et le fluide qui refroidit des parois du moteur.

10. Dispositif pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 9 caractérisé par une enveloppe calorifuge sur des parois externes du moteur à combustion interne.

11. Dispositif selon la revendication 10, pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une des revendications 3 à 9, avec un

récupérateur préchauffant le fluide thermodynamique liquide refoulé par sa pompe de circulation en refroidissant sa vapeur après détente dans le moteur à vapeur, caractérisé en ce que ce récupérateur est disposé dans une même enveloppe qu'un échangeur de chaleur.

12. Dispositif pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une des revendications 3 à 6, caractérisé en ce qu'un fluide de refroidissement du moteur est aussi son huile de lubrification.

13. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que le condenseur occupe la partie avant du capot moteur d'une automobile, à la place du radiateur habituel.

14. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 13, où la machine à vapeur est une turbine à action caractérisé en ce que cette turbine est du type à injection partielle de l'ordre de 0,5.

PLANCHE UNIQUE 2489418

