

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 03451**

---

(54) Procédé et dispositif pour diminuer la consommation en carburant d'un moteur à combustion interne.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). F 02 G 5/04; F 01 K 23/06; F 02 B 33/34 // F 02 C 1/04.

(22) Date de dépôt..... 20 février 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 34 du 27-8-1982.

---

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

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

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : André Netter, conseil en brevets d'invention,  
40, rue Vignon, 75009 Paris.

L'invention concerne un procédé et un dispositif pour diminuer la consommation en carburant des moteurs à combustion interne et en particulier des moteurs de véhicules automobiles.

On a déjà proposé de récupérer l'énergie thermique perdue ou dissipée par le moteur (chaleur des gaz d'échappement, du liquide de refroidissement du moteur, de l'huile de lubrification) et de la transformer en énergie par exemple mécanique que l'on cède par l'intermédiaire d'une transmission à l'arbre de sortie du moteur (pour augmenter la puissance motrice) et/ou aux moyens d'entraînement des accessoires du moteur (une pompe, un alternateur, etc.). Dans ce but, on utilise en général un circuit à cycle thermodynamique de RANKINE dans lequel un fluide de travail est vaporisé dans une chaudière par la chaleur des gaz d'échappement et entraîne une turbine productrice d'énergie, puis est condensé, réchauffé par échange de chaleur avec le liquide de refroidissement du moteur et l'huile de lubrification et revient à la chaudière pour être à nouveau vaporisé. On augmente ainsi, grâce à la récupération et la transformation de l'énergie thermique dissipée par le moteur, la puissance fournie par le moteur pour une même consommation de carburant, ou bien on diminue la consommation en carburant pour une même puissance fournie par le moteur.

On a également proposé d'équiper les moteurs à combustion interne de moyens de suralimentation en air, pour augmenter dans une large mesure leur puissance de sortie. Cette solution technique permet d'utiliser des moteurs de cylindrée plus faible que l'on fait fonctionner plus fréquemment sous charge élevée et que l'on suralimente, en cas de besoin d'un complément de puissance (pour une accélération brusque, un dépassement, etc.). On utilise en général un turbocompresseur dont la turbine est entraînée par les gaz d'échappement du moteur et entraîne le compresseur alimentant le moteur en air comprimé. On obtient ainsi les mêmes performances et une consommation spécifique moyenne plus faible qu'avec un moteur de plus grosse cylindrée, non suralimenté. L'utilisation d'un moteur de cylindrée plus faible se traduit également par une diminution du coût et du poids.

On a bien entendu tenté d'associer ces deux solutions sur un même moteur, notamment en prévoyant un circuit à cycle

de RANKINE et un turbocompresseur de suralimentation entraîné par les gaz d'échappement, afin de diminuer encore la consommation de carburant de ce moteur, mais on a constaté que le gain procuré par ces deux moyens utilisés ensemble n'était que peu supérieur au gain procuré par l'un ou l'autre de ces moyens utilisé seul. Cela s'explique par le fait que ces deux moyens fonctionnent au détriment l'un de l'autre, chacun d'eux consommant pour son fonctionnement une énergie qui est prélevée sur l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'autre moyen.

L'invention a pour but d'apporter une solution efficace et rentable à ce problème et propose à cet effet de combiner un circuit de récupération et de transformation de l'énergie thermique dissipée par le moteur et un dispositif de suralimentation du moteur de façon telle que les gains fournis par chacun de ces moyens quand ils sont utilisés seuls s'ajoutent dans leur intégralité quand ils sont utilisés ensemble, le gain procuré par l'un de ces moyens étant même augmenté quand l'autre moyen est utilisé simultanément.

Le procédé selon l'invention, pour diminuer la consommation en carburant d'un moteur à combustion interne, consiste à récupérer, au moyen d'un circuit à cycle de RANKINE, au moins une partie de l'énergie thermique dissipée par le moteur pour la transformer et la céder ensuite au moteur et/ou à ses accessoires et, afin d'augmenter en cas de besoin la puissance de sortie du moteur et valoriser l'énergie thermique récupérée par le circuit à cycle de RANKINE, à suralimenter en air le moteur au moyen d'un surpresseur volumétrique entraîné mécaniquement par le moteur.

Ainsi, selon l'invention, le fonctionnement du surpresseur volumétrique est rendu indépendant de celui du circuit de récupération d'énergie thermique, en ce sens que l'énergie nécessaire à son entraînement est prélevée sur l'arbre de sortie du moteur et non en un point quelconque du circuit de récupération d'énergie. Les gains que procure chacun de ces deux moyens se cumulent et l'on a même constaté, de façon surprenante, que l'on pouvait s'attendre à ce que le gain procuré par l'association de ces deux moyens soit supérieur à la somme des gains procurés par chacun d'entre eux, l'utilisation d'un surpresseur relevant les températures à l'échappement et donc le rendement du circuit de récupération.

L'invention concerne également un dispositif pour l'exécution de ce procédé, comprenant un circuit à cycle de RANKINE propre à récupérer au moins une partie de l'énergie thermique dissipée par le moteur, caractérisé en ce qu'il comprend également un surpresseur volumétrique entraîné par l'arbre de sortie du moteur pour alimenter ce dernier en air comprimé.

Dans la description qui suit, faite à titre d'exemple, on se réfère au dessin annexé qui est une vue schématique d'un mode de réalisation de l'invention.

Dans ce mode de réalisation, le moteur à combustion interne M est associé à un surpresseur volumétrique S entraîné par l'arbre de sortie 10 du moteur M au moyen d'une transmission débrayable et/ou à rapport variable comprenant, par exemple, un démultiplicateur  $D_1$  interposé entre le surpresseur et une poulie 11, une poulie 12 propre à être solidarisée avec l'arbre 10 par un embrayage 13, et une courroie 14 passant autour des poulies 11 et 12. Le surpresseur volumétrique S peut être du type à pistons, à palettes, à vis, etc. et est caractérisé en ce que son débit est défini complètement par sa cylindrée et sa vitesse de rotation. L'entrée du surpresseur est reliée par exemple à la sortie d'un filtre à air F tandis que sa sortie est reliée au conduit d'admission (non représenté) du moteur.

Le circuit de récupération et de transformation d'énergie thermique à cycle de RANKINE, qui est associé au moteur M, comprend une chaudière 15 dont la sortie 16 alimente directement l'entrée d'une turbine T de production d'énergie. L'arbre de sortie 17 de la turbine T est relié à l'arbre de sortie 10 du moteur M par l'intermédiaire d'une transmission débrayable et/ou à rapport variable comprenant par exemple un démultiplicateur  $D_2$  entre l'arbre de sortie 17 et une poulie 18, une poulie 19 solidarisable avec l'arbre 10 par l'intermédiaire d'un embrayage 20 et une courroie 21 passant autour des poulies 18 et 19, d'autres moyens adaptés aux puissances et aux vitesses pouvant être utilisés à la place des poulies et courroies.

La sortie de la turbine T est reliée à une entrée 22 d'un premier échangeur de chaleur 23, dont la sortie correspondante 24 est reliée à l'entrée 25 d'un condenseur 26. Une

pompe P<sub>1</sub> relie la sortie 27 du condenseur 26 à une autre entrée 28 du premier échangeur de chaleur 23, dont la sortie correspondante 29 alimente une entrée 30 d'un deuxième échangeur de chaleur 31. La sortie correspondante 32 de cet échangeur est reliée à l'entrée 33 d'un troisième échangeur de chaleur 34 dont la sortie correspondante 35 est reliée à l'entrée 36 de la chaudière.

Dans le circuit qui vient d'être décrit circule un fluide de travail approprié tel par exemple que du dichlorobenzène, du trifluoroéthanol, de l'hexafluorobenzène, etc. Dans le deuxième échangeur de chaleur 31, ce fluide de travail est réchauffé par le liquide de refroidissement du moteur, qu'une pompe P<sub>2</sub> fait circuler dans un circuit 37 traversant cet échangeur 31.

Dans le troisième échangeur 34, le fluide de travail est chauffé par le liquide de lubrification du moteur (en général de l'huile) dont le circuit 38 traverse l'échangeur 34 comme indiqué sur le dessin. Le conduit d'échappement 39 du moteur M débouche dans la chaudière 15, qui comprend une sortie 40 permettant d'évacuer les gaz d'échappement vers l'extérieur.

Un tel circuit de récupération d'énergie thermique fonctionne de la façon suivante :

Le fluide de travail est vaporisé et éventuellement surchauffé dans la chaudière 15, puis envoyé à la turbine qu'il entraîne en rotation. L'énergie mécanique produite par la turbine T est fournie à l'arbre de sortie 10 du moteur par l'intermédiaire de la transmission D<sub>2</sub>, 18, 19, 21 quand l'embrayage 20 est couplé. Il est intéressant de désaccoupler cet embrayage dans certains cas, par exemple lors d'une décélération du véhicule.

Le fluide de travail sortant de la turbine T est envoyé dans le condenseur 26, d'où il est repris par la pompe P<sub>1</sub> préchauffé par traversée des échangeurs de chaleur 23, 31, 34 et renvoyé à la chaudière 15 où le cycle recommence. On comprend que le dispositif de suralimentation du moteur par surpression volumétrique de l'air d'admission et le dispositif de récupération de l'énergie thermique dissipée par le moteur peuvent fonctionner indépendamment l'un de l'autre, l'un de ces dispositifs prélevant l'énergie nécessaire à son fonctionnement sur

l'arbre de sortie du moteur tandis que l'autre dispositif transmet l'énergie qu'il produit à cet arbre de sortie.

On a constaté que la suralimentation du moteur entraînait une augmentation de la température de combustion et donc une valorisation de l'énergie thermique dissipée par le moteur et récupérée par le dispositif à cycle de RANKINE. Il en résulte une augmentation de l'énergie produite par ce dispositif de récupération des pertes calorifiques.

Avantageusement, dans le cas d'un moteur à allumage commandé, on associe au dispositif de suralimentation un dispositif, connu en soi, permettant d'éviter le phénomène de "cliquetis". Ce phénomène, qui se traduit par un bruit anormal dans les chambres de combustion au moment de l'explosion du mélange combustible, est dû à une auto-inflammation du mélange combustible dans le cas où la suralimentation du moteur dépasse un taux de l'ordre de 30 à 40% en pression. Il est connu actuellement de détecter l'apparition d'un tel phénomène et de le supprimer en agissant automatiquement sur l'avance à l'allumage.

L'association d'un tel dispositif au surpresseur volumétrique permet d'envisager un taux de suralimentation du moteur qui serait au moins égal à 30%, pour toute la gamme de régimes du moteur.

On comprend que l'invention permet d'obtenir les mêmes performances avec un moteur de plus faible cylindrée, pourvu d'un surpresseur volumétrique de suralimentation et d'un dispositif de récupération de l'énergie thermique à cycle de RANKINE, qu'avec un moteur de plus grosse cylindrée non suralimenté et non pourvu d'une récupération d'énergie thermique, tout en diminuant la consommation en carburant de façon sensible.

A titre d'exemple non limitatif, on se reportera au tableau suivant donnant les consommations spécifiques, sur un parcours stabilisé à 90 km/h et sur un cycle européen normalisé ECE, d'un groupe motopropulseur équipant un véhicule de tourisme et comprenant un moteur à allumage commandé et une boîte de vitesses continue dans sa version de base (A) dépourvue de suralimentation et de récupération d'énergie thermique, puis dans une version (B) à récupération d'énergie thermique par un cycle de RANKINE, dans une version (C) équipée d'un surpresseur volumétrique et enfin dans une version (D) selon l'invention. La cylindrée du moteur est modifiée d'une version à l'autre pour

conserver au véhicule les mêmes performances que celles fournies par la version A.

<div>essai version</div>	Vitesse stabilisée à 90 km/h	Parcours ECE
A	248	385
B	192	298
C	225	331
D	174	256

La consommation spécifique est exprimée en g/ch.h.

L'invention trouve une application particulièrement intéressante dans le cas des moteurs à combustion interne exploités dans des conditions de charge extrêmement variables, par exemple des moteurs de véhicules de tourisme, de véhicules utilitaires, etc. Elle s'applique également au cas des moteurs fixes, par exemple des moteurs de groupes électrogènes devant s'adapter à la demande de consommation, etc.

Dans tous les cas, ces moteurs peuvent être du type à allumage par compression (cycle DIESEL) ou à allumage commandé.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour diminuer la consommation en carburant d'un moteur à combustion interne, en particulier pour véhicule automobile, consistant à récupérer, au moyen d'un circuit à cycle de RANKINE, au moins une partie de l'énergie thermique dissipée par le moteur pour la transformer et la céder ensuite au moteur et/ou à ses accessoires, caractérisé en ce qu'il consiste également, afin d'augmenter en cas de besoin la puissance de sortie du moteur et valoriser l'énergie thermique récupérée par le circuit à cycle de RANKINE, à suralimenter en air ledit moteur au moyen d'un surpresseur volumétrique entraîné mécaniquement par le moteur.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le taux de suralimentation du moteur est au moins égal à 30%.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il consiste à détecter l'apparition du phénomène de "cliquetis" et à régler automatiquement l'avance à l'allumage de façon à supprimer ce phénomène.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, lorsque l'énergie est récupérée par le circuit à cycle de RANKINE est fournie sous forme d'énergie mécanique à l'arbre de sortie du moteur, il consiste à assurer la mise hors service momentanée dudit circuit dans certaines conditions, par exemple en cas de décélération du véhicule.

5. Dispositif pour l'exécution du procédé décrit dans l'une des revendications précédentes, comprenant un circuit à cycle de RANKINE propre à récupérer au moins une partie de l'énergie thermique dissipée par le moteur et la transformer en énergie cédée directement à l'arbre de sortie et/ou aux accessoires du moteur, caractérisé en ce qu'il comprend un surpresseur volumétrique entraîné par l'arbre de sortie du moteur pour alimenter celui-ci en air comprimé.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens d'entraînement du surpresseur volumétrique sont débrayables et/ou à rapport variable.

7. Dispositif selon la revendication 5 ou 6, comprenant des moyens de transmission entre la sortie du circuit à cycle de RANKINE et l'arbre de sortie du moteur, caractérisé en ce que ces moyens sont débrayables et/ou à rapport variable.



8. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de détection du phénomène de "cliquetis" dans les chambres de combustion du moteur et des moyens pour régler l'avance à l'allumage en fonction du signal de sortie desdits moyens de détection, de manière à supprimer le phénomène détecté.

