



(11)

EP 4 063 635 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
28.09.2022 Bulletin 2022/39

(21) Numéro de dépôt: **22163531.1**

(22) Date de dépôt: **22.03.2022**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F02D 35/02 (2006.01) **F02D 41/30** (2006.01)
F02D 41/18 (2006.01) **F02P 17/12** (2006.01)
F02D 41/00 (2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F02D 41/18; F02D 35/024; F02D 41/0085;
F02D 41/30; F02P 17/12; F02P 2017/121

(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
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(30) Priorité: **25.03.2021 FR 2103016**

(71) Demandeur: **Renault s.a.s**
92100 Boulogne Billancourt (FR)

(72) Inventeur: **GUEROUT, Romain**
78084 Guyancourt (FR)

(74) Mandataire: **Renault Group**
Renault s.a.s.
API : TCR GRA 2 36
1, Avenue du Golf
78084 Guyancourt Cedex (FR)

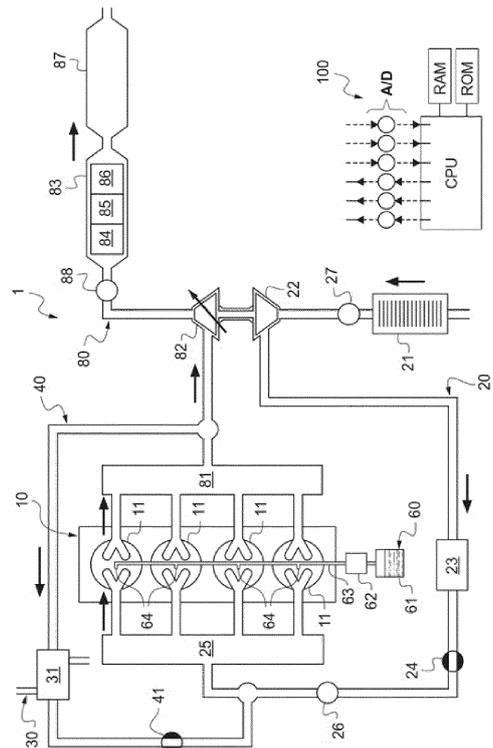
(54) **PROCEDE DE PILOTAGE D'INJECTEURS DE CARBURANT D'UN MOTEUR A ALLUMAGE COMMANDE**

(57) L'invention concerne un procédé de pilotage d'injecteurs (64) de carburant d'un moteur à allumage commandé (1), ledit moteur à allumage commandé comportant plusieurs cylindres (11), au moins une bougie d'allumage (32) débouchant dans chaque cylindre et au moins un injecteur de carburant situé dans chaque cylindre ou dans une conduite d'admission d'air frais dans chaque cylindre, ledit procédé de pilotage comprenant des étapes de mesure d'une tension de claquage aux bornes de chaque bougie d'allumage et de pilotage des injecteurs de carburant en fonction des tensions de claquage mesurées.

Selon l'invention, le procédé de pilotage comprend des étapes de :

- calcul, pour chaque cylindre, d'un paramètre thermodynamique en fonction de la tension de claquage mesurée aux bornes de la bougie d'allumage dudit cylindre,
 - comparaison du paramètre thermodynamique calculé avec une valeur de référence,
- et prévoit, à l'étape de pilotage, d'injecter dans chaque cylindre une quantité de carburant qui dépend du résultat de ladite comparaison.

[Fig. 1]



EP 4 063 635 A1

Description

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne de manière générale le pilotage de la qualité de la combustion dans un moteur à allumage commandé et donc l'efficacité énergétique de celui-ci.

[0002] Elle concerne plus particulièrement un procédé de pilotage d'injecteurs de carburant d'un moteur à allumage commandé, ledit moteur à allumage commandé comportant plusieurs cylindres, au moins une bougie d'allumage débouchant dans chaque cylindre et au moins un injecteur de carburant débouchant dans chaque cylindre ou dans une conduite d'admission d'air frais dans chaque cylindre, le procédé comprenant des étapes de :

- mesure d'une tension de claquage aux bornes de chaque bougie d'allumage, et
- pilotage des injecteurs de carburant en fonction des tensions de claquage mesurées.

[0003] L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans la gestion de l'injection de carburant dans les moteurs à allumage commandé de véhicules automobiles. Elle vise notamment la diminution en quantité d'hydrocarbures, de monoxyde de carbone, ou d'oxydes d'azote dans les gaz de combustion.

[0004] Elle concerne également un moteur à allumage commandé, comportant plusieurs cylindres, au moins une bougie d'allumage débouchant dans chaque cylindre, au moins un injecteur de carburant débouchant dans chaque cylindre ou dans une conduite d'admission d'air frais dans chaque cylindre, et une unité de pilotage des injecteurs de carburant adaptée à mettre en œuvre un procédé tel que précité.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0005] La richesse du mélange air-carburant en admission d'un moteur à allumage commandé est un paramètre important vis-à-vis de la qualité de la combustion dans le moteur. Elle est définie par le rapport entre la masse de carburant et la masse d'air injectées dans le moteur à chaque cycle. Pour assurer une bonne qualité de combustion, il est connu d'asservir le débit global de carburant dans le moteur à une consigne relative à la richesse du mélange air-carburant dans les gaz de combustion émis par le moteur. Pour cela, on mesure typiquement la richesse courante, par exemple à l'aide d'une sonde à oxygène placée dans la ligne d'échappement du moteur, et on ajuste en conséquence le débit global de carburant pour que la richesse courante atteigne la valeur de consigne.

[0006] Dans cette optique, le document US 2018/0187620 A1 décrit un procédé de pilotage de moteurs à combustion interne, dans lequel il est prévu de

modifier la richesse du mélange air carburant, grâce à la détermination de valeurs de pression à l'intérieur d'un cylindre et de tension de claquage aux bornes d'une bougie d'allumage. Ces valeurs permettent en effet de déterminer l'espace inter-électrodes de la bougie d'allumage. Différents paramètres de combustion, tels que la richesse du mélange air-carburant, sont alors ajustés en fonction de l'espace inter-électrodes déterminé.

[0007] La demanderesse a constaté que même en utilisant ce procédé, les émissions de polluants restaient plus élevées qu'espéré.

PRESENTATION DE L'INVENTION

[0008] La présente invention propose alors une solution permettant de réduire encore ces émissions.

[0009] Elle propose ainsi un procédé de pilotage des injecteurs d'un moteur à allumage commandé tel que défini en introduction, dans lequel, après l'étape de mesure, il est prévu des étapes de :

- calcul, pour chaque cylindre, d'un paramètre thermodynamique en fonction de la tension de claquage mesurée aux bornes de la bougie d'allumage dudit cylindre,
- comparaison du paramètre thermodynamique calculé avec une valeur de référence, et
- à l'étape de pilotage, injection dans chaque cylindre d'une quantité de carburant qui dépend du résultat de ladite comparaison.

[0010] On constate en pratique une dispersion de remplissage cylindre à cylindre, par exemple due aux dispersions de fabrication des pièces du moteur et à la géométrie du répartiteur d'air.

[0011] Ces différences en volume d'air admis dans chaque cylindre induisent des problèmes de richesse dans chaque cylindre. Une unique sonde à oxygène classique permet en effet seulement de corriger la richesse moyenne des cylindres. Il existe donc des polluants résiduels dus à cette dispersion de remplissage.

[0012] L'invention propose alors d'ajuster cylindre par cylindre la quantité de carburant en fonction du résultat de la comparaison avec la valeur de référence, ce qui permet de rectifier, pour chaque cylindre, la valeur de la richesse du mélange, et donc d'améliorer la qualité de la combustion.

[0013] D'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives du procédé conforme à l'invention, prises individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles, sont les suivantes :

- le paramètre thermodynamique est la masse d'air effective admise dans chaque cylindre au moment de l'allumage d'un mélange de carburant et d'air frais dans le cylindre par la bougie d'allumage ;
- la masse d'air effective admise dans chaque cylindre est calculée en fonction d'un volume d'air effectif ad-

mis dans le cylindre au moment de l'allumage du mélange, lequel volume d'air effectif est calculé en fonction de la tension de claquage mesurée aux bornes de la bougie d'allumage débouchant dans le cylindre ;

- le volume d'air effectif admis dans chaque cylindre est calculé en fonction de la pression dans le cylindre au moment de l'allumage dudit mélange, laquelle pression est calculée en fonction de la tension de claquage mesurée aux bornes de la bougie d'allumage débouchant dans le cylindre ;
- la comparaison consiste à calculer le rapport entre ladite masse d'air effective admise dans chaque cylindre et une masse de référence ;
- à l'étape de pilotage, il est prévu des sous-étapes de :
 - détermination d'une valeur relative à la richesse moyenne des mélanges air-carburant sortant des cylindres,
 - calcul d'une consigne initiale relative à la quantité de carburant à injecter dans les cylindres en fonction de ladite valeur,
 - calcul, pour chaque cylindre, d'une consigne corrigée en modifiant la consigne initiale en fonction du résultat de la comparaison ;
- la mesure de la tension de claquage est effectuée lors de l'allumage du mélange de chaque cylindre ou de manière continue ;
- la masse d'air effective admise dans chaque cylindre est mesurée par un débitmètre.

[0014] L'invention propose également un moteur à allumage commandé tel que défini dans l'introduction, qui comprend une unité de pilotage d'au moins un injecteur de carburant qui est adaptée à mettre en œuvre un procédé de pilotage tel que défini précédemment.

[0015] Bien entendu, les différentes caractéristiques, variantes et formes de réalisation de l'invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.

DESCRIPTION DETAILLÉE DE L'INVENTION

[0016] La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

[0017] Sur les dessins annexés :

[Fig. 1] est une vue schématique d'un moteur à allumage commandé selon l'invention ;

[Fig. 2] représente le schéma d'un circuit d'allumage associé à un cylindre du moteur de la figure 1 ;

[Fig. 3] est une courbe représentant l'évolution temporelle d'une tension entre les électrodes d'une bou-

gie d'allumage utilisée dans le moteur de la figure 1 ; [Fig. 4] est un abaque illustrant la correspondance entre la tension de claquage de la bougie d'allumage de la figure 3 et la pression dans la chambre de combustion du moteur de la figure 1.

[0018] Sur la figure 1, on a représenté un moteur à allumage commandé qui comprend un bloc-moteur 10 pourvu d'un vilebrequin et de plusieurs pistons (non représentés) logés dans des cylindres 11. Le nombre de cylindres est, sur l'exemple illustré, égal à quatre mais il pourrait en variante être plus important ou plus réduit (par exemple égale à trois).

[0019] En amont des cylindres 11, le moteur à allumage commandé 1 comporte une ligne d'admission 20 qui prélève l'air frais dans l'atmosphère et qui débouche dans un répartiteur d'air 25 agencé pour répartir l'air vers chacun des quatre cylindres 11 du bloc-moteur 10. Cette ligne d'admission 20 comporte, dans le sens d'écoulement de l'air frais, un filtre à air 21 qui filtre l'air frais prélevé dans l'atmosphère, un compresseur 22 qui comprime l'air frais filtré par le filtre à air 21, un refroidisseur d'air principal 23 qui refroidit cet air frais comprimé, et une vanne d'admission 24 qui permet de réguler le débit d'air frais débouchant dans le répartiteur d'air 25.

[0020] On notera ici que le répartiteur d'air délimite un volume d'air appelé « plénum ».

[0021] Le moteur à allumage commandé 1 comporte par ailleurs une ligne d'injection 60 de carburant dans les cylindres 11. Cette ligne d'injection 60 comporte une pompe d'injection 62 agencée pour prélever le carburant dans un réservoir 61 afin de l'amener sous pression dans un rail de distribution 63 qui débouche dans les cylindres 11 via quatre injecteurs 64.

[0022] En sortie des cylindres 11, le moteur à allumage commandé 1 comporte une ligne d'échappement 80 qui s'étend depuis un collecteur d'échappement 81 dans lequel débouchent les gaz qui ont été préalablement brûlés dans les cylindres 11. Cette ligne d'échappement comprend, outre le collecteur d'échappement, une turbine 82, et un pot catalytique 83.

[0023] Le moteur à allumage commandé peut également comporter une ou plusieurs lignes de recirculation des gaz brûlés (également appelées lignes EGR), prenant naissance dans la ligne d'échappement et débouchant dans la ligne d'admission. Tel que représenté sur la figure 1, il comporte une ligne de recirculation dite basse pression, qui prend naissance en aval de la turbine et débouche en amont du compresseur. Cette ligne est ici équipée d'un filtre, d'un refroidisseur d'air et d'une vanne de régulation du débit de gaz brûlés.

[0024] Comme le montre la figure 1, pour piloter les différents organes du moteur à allumage commandé 1, il est prévu un calculateur 100 comportant un processeur (CPU), une mémoire, et une interface d'entrée et de sortie.

[0025] Grâce à ses interfaces, le calculateur 100 est adapté à recevoir de différents capteurs des signaux

d'entrée relatifs en particulier au fonctionnement du moteur.

[0026] Parmi ces capteurs, il est notamment prévu une sonde à oxygène 88 positionnée entre la turbine 82 et le pot catalytique 83 de la ligne d'échappement 80, qui permet de déterminer la teneur en oxygène des gaz de combustion. Cette teneur est liée à la richesse moyenne des mélanges air-carburant sortant de tous les cylindres.

[0027] Parmi les capteurs, il est également prévu un capteur d'air 26 qui débouche dans la ligne d'admission, entre la vanne d'admission 24 et le répartiteur d'air 25, qui permet de déterminer la pression et la température de l'air arrivant dans le répartiteur d'air 25.

[0028] Un débitmètre 27 est également prévu sur la ligne d'admission 20, qui permet de déterminer le débit massique d'air frais prélevé dans l'atmosphère par la ligne d'admission 20 et filtré par le filtre à air 21.

[0029] Grâce à ses interfaces, le calculateur peut piloter les injecteurs de carburant, de façon à introduire la quantité de carburant souhaitée à chaque cycle.

[0030] Grâce à sa mémoire, le calculateur mémorise une application informatique, constituée de programmes d'ordinateur comprenant des instructions dont l'exécution par le processeur permet la mise en œuvre par le calculateur du procédé décrit ci-après.

[0031] A ce stade, on pourra rappeler que l'allumage du mélange air-carburant dans un quelconque des cylindres 11 du bloc-moteur 10 est commandé par le calculateur 100, de sorte que le moteur 1 réalise son cycle de fonctionnement en quatre temps : admission, compression, combustion puis échappement. Le moment de l'allumage est alors défini comme l'instant précédant l'explosion (i.e. la combustion) du mélange, c'est-à-dire l'instant à partir duquel s'initie la propagation de la flamme dans le cylindre.

[0032] Pour cela, le moteur à allumage commandé 1 comporte, pour chacun des cylindres 11, un circuit d'allumage indépendant. Un tel circuit d'allumage est représenté à la figure 2.

[0033] L'ensemble des circuits d'allumage est alimenté par une même batterie d'accumulateurs. Chaque circuit d'allumage comprend une bougie d'allumage 32 qui débouche dans le cylindre 11 correspondant de façon à pouvoir y générer une étincelle, une bobine d'allumage 31 permettant d'envoyer un courant intense et bref vers une bougie d'allumage 32, et un circuit de connexion qui permet de connecter la bobine d'allumage 31 à la batterie d'accumulateurs. Ce circuit de connexion comporte, entre l'une des bornes de la batterie et une borne correspondante de la bobine d'allumage 31, une résistance r , et, entre l'autre des bornes de la batterie et la borne correspondante de la bobine d'allumage 31, un condensateur C avec, en parallèle de ce condensateur, un relais pilotable par le calculateur pour générer l'étincelle.

[0034] De manière préférentielle, chaque circuit d'allumage comporte un capteur de tension permettant de déterminer la tension v_2 aux bornes de la bougie d'allumage 32. Ce capteur de tension est connecté au calcu-

lateur 100 et il peut être configuré pour acquérir la tension entre les électrodes de la bougie d'allumage 32 seulement au moment de l'allumage ou de manière continue.

[0035] Le capteur de tension peut être de tout type. Par exemple, un capteur d'ionisation relié à la partie basse tension de l'enroulement secondaire de la bobine d'allumage peut être employé pour mesurer le courant d'ionisation de la bougie juste après l'extinction de l'étincelle. Dans cet exemple, la bobine d'allumage 31 peut être une bobine de type « crayon » et présenter une connectique sur laquelle le capteur d'ionisation se branche.

[0036] Afin d'ajuster la richesse du mélange air-carburant à l'intérieur de chaque cylindre 11 lorsque le moteur 1 fonctionne, le calculateur 100 procède de la manière suivante.

[0037] On notera à titre liminaire que la richesse est ici définie comme le rapport entre, d'une part le ratio effectif de la masse de carburant et de la masse d'air injectées dans le moteur, et d'autre part, le ratio stœchiométrique de ces masses.

[0038] Classiquement, lorsque le conducteur du véhicule automobile met le contact, le calculateur s'initialise puis commande le démarreur et les injecteurs de carburant 64 pour que ceux-ci démarrent le moteur.

[0039] Lorsque le moteur est démarré, l'air frais prélevé dans l'atmosphère par la ligne d'admission 20 est filtré par le filtre à air 21, comprimé par le compresseur 22, refroidi par le refroidisseur d'air principal 23, puis brûlé dans les cylindres 11.

[0040] A leur sortie des cylindres 11, les gaz brûlés sont détendus dans la turbine 32, traités et filtrés dans le pot catalytique 33, puis détendus à nouveau dans le silencieux d'échappement 34 avant d'être rejetés dans l'atmosphère.

[0041] Lorsque le calculateur 100 commande l'allumage du mélange air-carburant d'un cylindre 11, le circuit d'allumage correspondant est activé de façon que la bobine d'allumage 31 correspondante injecte un fort courant dans la bougie d'allumage 32. La figure 3 illustre l'évolution temporelle de la tension entre les électrodes de la bougie d'allumage 32 durant l'allumage. On observe que la tension aux bornes de la bougie d'allumage 32 augmente pendant la charge de l'enroulement secondaire de la bobine d'allumage 31 (phase A) jusqu'à atteindre une tension plateau dite tension de claquage (ou encore rigidité diélectrique). Un arc électrique s'établit alors entre les électrodes de la bougie 32, initiant ainsi la combustion du mélange air-carburant dans le cylindre 11 pendant une phase ET, jusqu'à l'extinction (phase E).

[0042] Lorsque cette tension atteint la tension de claquage, le calculateur 100 enregistre la valeur $U_{\text{diélec}}$ mesurée par le capteur de tension.

[0043] Selon l'invention, la valeur $U_{\text{diélec}}$ va permettre de calculer un paramètre thermodynamique du mélange air-carburant dans le cylindre 11, qui, comparé à une valeur de référence, sera utilisé pour ajuster la richesse du mélange du cylindre 11 à une valeur correspondant à un mélange stœchiométrique.

[0044] Selon une configuration avantageuse, on considère pour paramètre thermodynamique la masse d'air effective admise dans le cylindre 11. En effet, cette configuration permet de calculer directement la quantité de carburant à injecter dans le cylindre pour en ajuster la richesse, du fait de la définition de cette dernière.

[0045] En d'autres termes, on propose selon l'invention de calculer la masse d'air effective admise dans le cylindre 11 en fonction de la tension de claquage mesurée afin d'ajuster au mieux la richesse, cylindre par cylindre (la tension de claquage est en effet propre à chaque cylindre).

[0046] Pour calculer cette masse d'air effective, selon une configuration avantageuse de l'invention, le calculateur 100 commence par calculer, à partir de la valeur $U_{diétec}$ et à l'aide d'une loi dite loi de Paschen, la pression du mélange à l'intérieur du cylindre 11 au moment de l'allumage. La loi de Paschen est décrite par la formule suivante :

[Math. 1]

$$U_{diétec} = \frac{B \cdot P_{AVA} \cdot d}{\ln\left(\frac{A \cdot P_{AVA} \cdot d}{\ln\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)}\right)}$$

[0047] où P_{AVA} est la pression dans le cylindre 11 au moment de l'allumage, d est la distance inter-électrodes de la bougie d'allumage, A et B sont des coefficients caractéristiques des électrodes et du milieu à l'intérieur du cylindre 11 et γ est l'indice adiabatique du milieu à l'intérieur du cylindre 11.

[0048] Typiquement, A est égal à $15 \text{ Torr}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, B est égal à $365 \text{ V} \cdot \text{Torr}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, et γ est égal à 1,4. Dans cette configuration, on considère que la distance inter-électrodes d est connue de la documentation technique de la bougie d'allumage 32.

[0049] On comprend de cette formule mathématique que la tension de claquage est une fonction de la pression du mélange.

[0050] La figure 4 présente un abaque permettant de déduire de la valeur de la tension de claquage mesurée la pression dans le cylindre 11 correspondant.

[0051] Puis, le calculateur 100 est programmé pour appliquer les relations suivantes, sur la base de l'hypothèse d'une compression adiabatique et de la loi d'état des gaz parfaits :

[Math. 2]

$$P_{adm} \cdot V_{adm}^\gamma = P_{AVA} \cdot V_{AVA}^\gamma$$

[0052] ou encore :

[Math. 3]

$$V_{adm} = \sqrt[\gamma]{\frac{P_{AVA} \cdot V_{AVA}^\gamma}{P_{adm}}}$$

[0053] où P_{adm} représente la pression dans le répartiteur d'air 25, P_{AVA} représente la pression dans le cylindre 11 au moment de l'allumage, précédemment déterminée, V_{AVA} représente le volume du cylindre 11 au moment de l'allumage, et V_{adm} représente le volume d'air admis en provenance du répartiteur d'air 25.

[0054] La pression P_{adm} dans le répartiteur d'air 25 est connue du signal en provenance du capteur d'air 26 positionné au niveau du répartiteur d'air 25. Le volume V_{AVA} est connu par la géométrie du moteur 1.

[0055] Alors, le calculateur peut calculer la masse effective m par la relation suivante :

[Math. 4]

$$m = \frac{P_{adm} \cdot V_{adm}}{r \cdot T_{adm}}$$

[0056] où r représente la constante spécifique du gaz en composition dans le milieu à l'intérieur du cylindre 11 et T_{adm} représente la température du répartiteur d'air 25.

[0057] Typiquement, r est égal à $287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$. La température T_{adm} est connue du signal en provenance du capteur d'air 26 positionné au niveau du répartiteur d'air 25.

[0058] Une fois la masse effective déterminée, le calculateur 100 compare celle-ci à une valeur de référence.

Cette valeur de référence dépend du point de fonctionnement du moteur. Elle peut être lue par le calculateur dans une cartographie qui sera stockée dans sa mémoire et qui fera correspondre une valeur de référence à chaque point de fonctionnement. Ce point de fonctionnement pourra par exemple être défini par une valeur de régime du moteur et une valeur de charge du moteur 1 (ladite charge correspondant au couple requis par un conducteur dans le cas d'un moteur de véhicule automobile).

[0059] Dans le cas où le paramètre thermodynamique est la masse d'air effective admise, la valeur m de cette masse est comparée par le calculateur 100 avec une masse de référence m_{ref} . Cette comparaison peut être effectuée par le calcul du rapport :

[Math. 5]

$$\alpha = \frac{m}{m_{ref}}$$

[0060] Dans le mode de réalisation illustré, la masse de référence m_{ref} est déterminée sur la base du signal en provenance du débitmètre 27 placé sur la ligne d'ad-

mission 20.

[0061] Dans un autre mode de réalisation, le calculateur 100 pourrait déterminer la masse de référence m_{ref} sur la base d'un modèle faisant intervenir le régime et la charge du moteur 1.

[0062] Sur la base du résultat de la comparaison du paramètre thermodynamique avec la valeur de référence, le calculateur 100 calcule une valeur ajustée de quantité de carburant à injecter dans le cylindre 11 dans le but d'obtenir un mélange air carburant stoechiométrique et d'assurer ainsi une combustion totale.

[0063] Pour cela, selon une configuration avantageuse, le pilotage des injecteurs 64 se déroule de la manière suivante.

[0064] Lors du fonctionnement du moteur, le débit d'air frais admis dans les cylindres est ajusté en fonction de la volonté exprimée par le conducteur lorsqu'il appuie sur la pédale d'accélérateur, correspondant à une requête de couple.

[0065] La sonde à oxygène 88 positionnée en amont du pot catalytique 83 permet de régler en boucle fermée sur une valeur de consigne, par exemple égale à 1, la richesse moyenne courante du mélange air-carburant admis dans l'ensemble des cylindres 11, en réglant le débit global de carburant provenant du réservoir 61 et injecté dans le bloc-moteur 10. En pratique, le réglage est effectué en fonction du signal d'erreur entre la richesse courante et la consigne de richesse.

[0066] Plus précisément, le calculateur reçoit un signal de la sonde à oxygène 88, sur la base duquel il détermine une consigne de richesse du mélange air-carburant moyen. Puis, le calculateur 100 calcule une consigne initiale pour piloter les injecteurs. Cette consigne initiale est par exemple la quantité de carburant à injecter dans les cylindres, compte tenu de la teneur en oxygène des gaz brûlés, du régime du moteur, de la charge requise par le conducteur... Cette consigne initiale est commune à tous les injecteurs.

[0067] Or, compte tenu notamment de la forme du répartiteur d'air 25, la quantité d'air admise dans chaque cylindre n'est pas nécessairement la même. Il s'ensuit que la richesse ne sera pas la même dans les cylindres si la même quantité de carburant y était injectée.

[0068] L'idée est alors de compenser cette variation de richesse, cylindre par cylindre, grâce au rapport α qui a été calculé pour chaque cylindre (et qui diffère donc d'un cylindre à l'autre).

[0069] Pour cela, le calculateur 100 calcule, pour chaque cylindre 11, une consigne corrigée, sur la base de la consigne initiale et de ce rapport α (par exemple en multipliant ces deux valeurs). Le calculateur 100 transmet ensuite la consigne corrigée aux injecteurs 64, ce qui permet d'ajuster en conséquence le débit de chaque injecteur 64.

[0070] La présente invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et représenté, mais l'homme du métier saura y apporter toute variante conforme à l'invention.

[0071] Dans le mode de réalisation décrit, on suppose que la distance inter-électrodes de la bougie d'allumage 32 est connue et constante (voir la première équation). En variante, on peut chercher à déterminer cette distance, par exemple en appliquant la méthode décrite dans le document US 2018/0187620 A1. Ce document enseigne en effet d'utiliser un capteur de pression afin de mesurer la pression à l'intérieur du cylindre 11. Ceci permet, en complément de la mesure de la tension de claquage de la bougie d'allumage 32, de déterminer l'espace inter-électrodes de la bougie d'allumage 32.

[0072] Dans le mode de réalisation décrit, le paramètre thermodynamique qui est comparé à une valeur de référence afin de calculer le taux α est la masse d'air admise dans le cylindre. En variante, on pourrait utiliser un autre paramètre thermodynamique. A titre d'exemple, il pourrait s'agir du volume d'air effectif admis dans le cylindre 11. Dans ce cas, le volume d'air effectif admis dans le cylindre 11 est comparé à un volume de référence, afin de calculer une valeur corrigée de la quantité de carburant à injecter dans le cylindre 11 pour en corriger la richesse du mélange air-carburant.

[0073] Il est à noter que le moteur peut être un moteur à distribution variable, c'est-à-dire que le calage (en anglais VVT : *variable valve timing*), la durée d'ouverture et/ou la levée (en anglais VVL : *variable valve lift*) des soupapes d'admission et d'échappement des cylindres 11 du bloc-moteur 10 peuvent varier de manière commandée par le calculateur 100.

[0074] Dans ce cas, la position courante de la distribution variable, c'est-à-dire, la position des soupapes ou encore leur degré d'ouverture, influe sur le point de fonctionnement du moteur et donc sur la valeur de référence utilisée pour la comparaison.

Revendications

1. Procédé de pilotage d'injecteurs (64) de carburant d'un moteur à allumage commandé (1), ledit moteur à allumage commandé (1) comportant plusieurs cylindres (11), au moins une bougie d'allumage (32) débouchant dans chaque cylindre (11) et au moins un injecteur de carburant (64) débouchant dans chaque cylindre (11) ou dans une conduite d'admission d'air frais dans chaque cylindre (11), le procédé comprenant des étapes de :

- mesure d'une tension de claquage aux bornes de chaque bougie d'allumage (32), et
- pilotage des injecteurs de carburant (64) en fonction des tensions de claquage mesurées,

caractérisé en ce que, après l'étape de mesure, il est prévu des étapes de :

- calcul, pour chaque cylindre (11), d'un paramètre thermodynamique en fonction de la ten-

sion de claquage mesurée aux bornes de la bougie d'allumage dudit cylindre (11),
- comparaison du paramètre thermodynamique calculé avec une valeur de référence, et

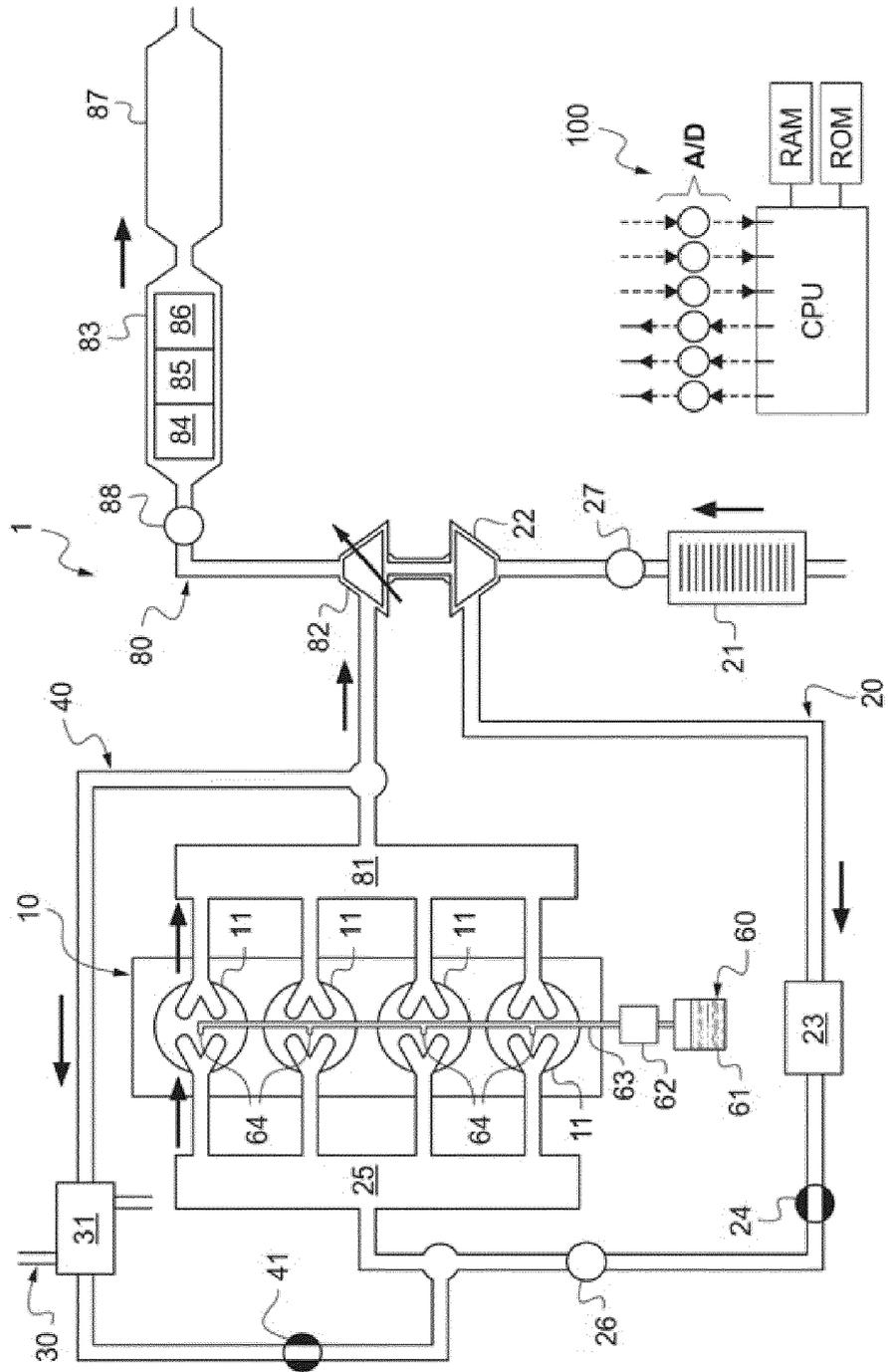
en ce que, à l'étape de pilotage, il est prévu d'injecter dans chaque cylindre (11) une quantité de carburant qui dépend du résultat de ladite comparaison.

2. Procédé de pilotage selon la revendication 1 dans lequel le paramètre thermodynamique est la masse d'air effective admise dans chaque cylindre (11) au moment de l'allumage d'un mélange de carburant et d'air frais dans le cylindre (11) par la bougie d'allumage (32). 10
3. Procédé de pilotage selon la revendication 2, dans lequel ladite masse d'air effective admise dans chaque cylindre (11) est calculée en fonction d'un volume d'air effectif admis dans le cylindre (11) au moment de l'allumage dudit mélange, lequel volume d'air effectif est calculé en fonction de la tension de claquage mesurée aux bornes de la bougie d'allumage (32) débouchant dans le cylindre (11). 20
4. Procédé de pilotage selon la revendication 3, dans lequel le volume d'air effectif admis dans chaque cylindre (11) est calculé en fonction de la pression dans le cylindre (11) au moment de l'allumage dudit mélange, laquelle pression est calculée en fonction de la tension de claquage mesurée aux bornes de la bougie d'allumage (32) débouchant dans le cylindre (11). 30
5. Procédé de pilotage selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel la comparaison consiste à calculer le rapport entre ladite masse d'air effective admise dans chaque cylindre (11) et une masse de référence. 35
6. Procédé de pilotage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, à l'étape de pilotage, il est prévu des sous-étapes de : 40
 - détermination valeur relative à la richesse moyenne des mélanges air-carburant sortant des cylindres (11), 45
 - calcul d'une consigne initiale relative à la quantité de carburant à injecter dans les cylindres (11) en fonction de ladite valeur, 50
 - calcul, pour chaque cylindre (11), d'une consigne corrigée en modifiant la consigne initiale en fonction du résultat de la comparaison.
7. Procédé de pilotage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la mesure de la tension de claquage est effectuée lors de l'allumage du mélange de chaque cylindre (11) ou de

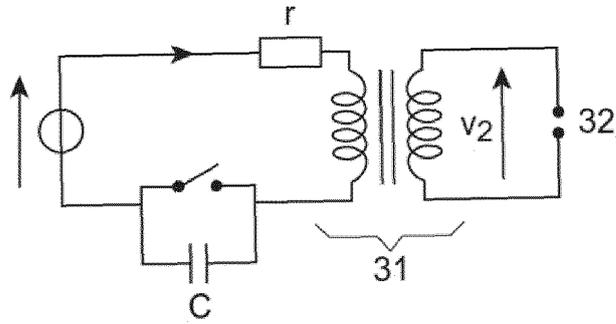
manière continue.

8. Procédé de pilotage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la mesure de la tension de claquage est effectuée par un capteur d'ionisation. 5
9. Procédé de pilotage selon l'une quelconque des revendications 2 et 3 à 8 dans leur dépendance à la revendication 2, dans lequel la masse d'air effective admise dans chaque cylindre (11) est mesurée par un débitmètre (27). 10
10. Moteur à allumage commandé (1) comportant plusieurs cylindres (11), au moins une bougie d'allumage (32) débouchant dans chaque cylindre (11) et au moins un injecteur de carburant (64) débouchant dans chaque cylindre (11) ou dans une conduite d'admission d'air frais dans chaque cylindre (11), **caractérisé en ce qu'**il comprend une unité de pilotage d'au moins un injecteur de carburant (64) qui est adaptée à mettre en œuvre un procédé de pilotage conforme à l'une quelconque des revendications précédentes. 25

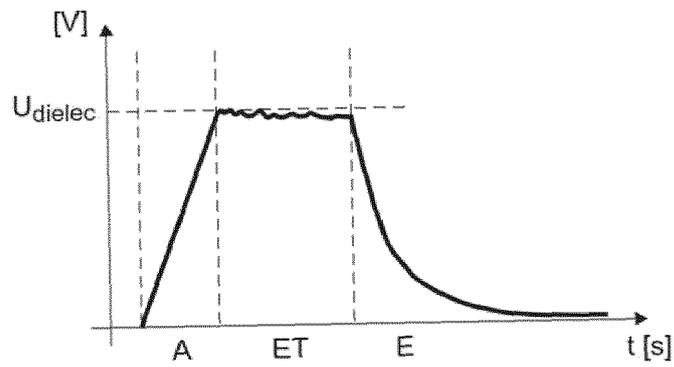
[Fig. 1]



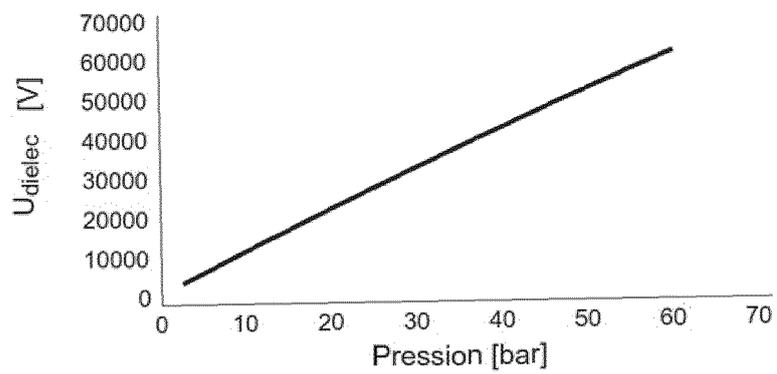
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 22 16 3531

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) |
| X | DE 10 2012 208532 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 28 novembre 2013 (2013-11-28) | 1, 6, 7, 10 | INV. F02D35/02 F02D41/30 F02D41/18 F02P17/12 F02D41/00 |
| Y | * alinéas [0029] - [0038]; figures 1, 2 * | 8 | |
| A | ----- | 2-5, 9 | |
| Y | US 10 704 525 B2 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 7 juillet 2020 (2020-07-07) * colonne 8, ligne 13 - colonne 8, ligne 24; figure 1 * | 8 | |
| A | ----- | 1-10 | |
| A | CN 111 075 581 A (WEICHAI POWER CO LTD) 28 avril 2020 (2020-04-28) * Section "Summary of invention" and paragraphs related to steps 101 tp 103 of Fig. 1; figures 1, 2 * | 1-10 | |
| A | ----- | 1-10 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) |
| | | | F02D F02P |
| 1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications | | | |
| Lieu de la recherche La Haye | | Date d'achèvement de la recherche 8 août 2022 | Examineur Deseau, Richard |
| 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 (F04C02)

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

EP 22 16 3531

5 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.

08-08-2022

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| DE 102012208532 A1 | 28-11-2013 | AUCUN | |
| US 10704525 B2 | 07-07-2020 | CN 108011296 A | 08-05-2018 |
| | | DE 102017125341 A1 | 03-05-2018 |
| | | RU 2017134091 A | 02-04-2019 |
| | | US 2018119665 A1 | 03-05-2018 |
| CN 111075581 A | 28-04-2020 | AUCUN | |
| DE 102008061787 A1 | 17-06-2010 | AUCUN | |

EPC 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

- US 20180187620 A1 [0006] [0071]