



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **92401750.2**

(51) Int. Cl.⁵ : **F02D 41/18, F02D 41/30**

(22) Date de dépôt : **23.06.92**

(30) Priorité : **02.07.91 FR 9108246**

(43) Date de publication de la demande :
13.01.93 Bulletin 93/02

(84) Etats contractants désignés :
DE ES GB IT

(71) Demandeur : **REGIE NATIONALE DES USINES
RENAULT S.A.**
34, Quai du Point du Jour
F-92109 Boulogne Billancourt (FR)

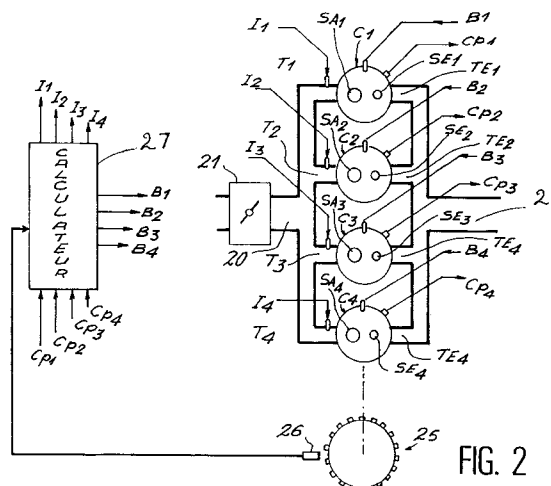
(72) Inventeur : **Balland, Jean**
20, rue Dulong
F-75017 Paris (FR)
Inventeur : **Lefevre, Rémi**
74, Avenue de la Grande Armée
F-75017 Paris (FR)
Inventeur : **Bourbonneux, Vincent**
26, rue des Déportés
F-92700 Colombes (FR)

(54) **Procédé et système de calcul de la masse d'air frais dans un cylindre de moteur à combustion interne.**

(57) L'invention concerne les moteurs à combustion interne et, plus particulièrement, un procédé et un système pour calculer la masse d'air frais m_{af} présente dans le cylindre avant la combustion.

A cet effet, chaque cylindre (C_1 à C_4) comporte un capteur de pression (CP_1 à CP_4) qui fournit une tension proportionnelle U à la pression du mélange contenue dans le cylindre. La pression relative dans chaque cylindre est mesurée à deux positions angulaires différentes θ_1 et θ_2 qui précèdent la combustion après fermeture de la soupape d'échappement et ces mesures permettent de calculer la pression absolue du cylindre, pression absolue qui permet ensuite de calculer la masse d'air frais à l'aide d'un calculateur 27.

L'invention est applicable aux véhicules automobiles.



L'invention concerne les moteurs à combustion interne et, plus particulièrement dans de tels moteurs, un procédé et un système pour calculer la masse d'air frais contenu dans un cylindre.

De nombreux paramètres sont utilisés pour commander un moteur à combustion interne, par exemple les instants d'allumage des bougies (moteur à essence), le taux de recirculation des gaz d'échappement et la quantité de carburant injectée.

En ce qui concerne le rapport air/carburant, il est essentiel de connaître avec précision les deux éléments du rapport. Le volume ou le poids du carburant peut être connu, avec une relative précision, par la durée d'injection de ce dernier dans le cas d'un moteur à injection. Pour la masse d'air, plusieurs procédés sont utilisés tels que la mesure du débit d'air dans le collecteur d'admission aux différents cylindres, la mesure de la pression dans le collecteur d'admission combinée avec la mesure de la vitesse du moteur, la mesure de l'angle d'ouverture du papillon d'admission combinée avec la mesure de la vitesse moteur.

Ces procédés ne conduisent pas à obtenir une valeur précise de la masse d'air admise dans chaque cylindre car les mesures sont effectuées dans le collecteur d'admission commun à tous les cylindres et non pas à l'intérieur de chaque cylindre.

Un but de l'invention est donc de mettre en oeuvre un procédé de calcul de la masse d'air frais contenue dans chaque cylindre d'un moteur à combustion interne à partir de mesures de pression à l'intérieur de chaque cylindre.

Un autre but de l'invention est un système de calcul de la masse d'air frais contenue dans chaque cylindre d'un moteur à combustion interne.

L'invention concerne un procédé de calcul de la masse d'air frais contenue dans chaque cylindre d'un moteur à combustion interne dont chaque cylindre comporte un injecteur, une bougie, un capteur de pression et au moins une soupape d'admission et au moins une soupape d'échappement, les injecteurs et les bougies étant commandés par les signaux fournis par un calculateur, ledit calculateur recevant une information de position angulaire Θ de l'arbre moteur et les signaux fournis par les capteurs de pression, ledit procédé de calcul de la masse d'air frais m_{af} dans chaque cylindre étant caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes :

- mesure de la tension de sortie de chaque capteur de pression pour au moins deux valeurs Θ_1 et Θ_2 de la position angulaire de l'arbre moteur après la fermeture de la soupape d'admission et avant la combustion de manière à obtenir au moins deux valeurs U_{Θ_1} et U_{Θ_2} de ladite tension,
- détermination de la masse de carburant m_c injecté dans le cylindre concerné et de la masse de gaz brûlés résiduels m_{gbr} selon un des procédés connus, et
- calcul de la masse d'air frais m_{af} à partir notamment, d'au moins les deux valeurs U_{Θ_1} et U_{Θ_2} , de la masse de carburant m_c injectée et de la masse des gaz brûlés m_{gbr} .

Selon l'invention, le calcul de la masse d'air frais m_{af} est calculée en appliquant les relations suivantes :

$$m_{af} = a' (U_{\Theta_2} - U_{\Theta_1}) - b \quad (5)$$

avec

$$a' = \frac{V_{\Theta_1}}{RT_{\Theta_1}} \times \frac{kV_{\Theta_2}^x}{V_{\Theta_1}^x - V_{\Theta_2}^x} \text{ et } b = m_c + m_{gbr}$$

relations dans lesquelles :

V_{Θ_1} est le volume du cylindre concerné pour la position Θ_1 ,

V_{Θ_2} est le volume du cylindre concerné pour la position Θ_2 ,

T_{Θ_1} la température absolue du mélange contenu dans le cylindre concerné pour la position Θ_1 ,

R la constante des gaz parfaits,

k la constante de proportionnalité du capteur de pression concerné,

x un exposant qui est défini par la formule des gaz parfaits en compression polytropique tel que :

$$P_{\Theta_1} \times V_{\Theta_1}^x = P_{\Theta_2} \times V_{\Theta_2}^x$$

La masse m_{af} d'air frais qui est calculée par cylindre pour chaque cycle moteur est utilisée de manière classique pour calculer : la masse de carburant à injecter dans ce cylindre en cours du cycle suivant, l'angle d'allumage et plus généralement toutes les variables paramétrées par le remplissage des cylindres. D'autres buts, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un exemple particulier de réalisation, ladite description étant faite en relation avec les dessins joints dans lesquels :

- la figure 1 montre des diagrammes qui permettent de valider le procédé selon l'invention, et
- la figure 2 est un schéma simplifié d'un moteur à combustion interne et de son système de mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Le procédé de calcul de la masse d'air dans un cylindre de moteur à combustion interne selon l'invention est basé sur l'application de la loi des gaz parfaits au cylindre, soupape fermée soit :

$$PV = mRT \quad (1)$$

dans laquelle :

- P est la pression dans le cylindre,
- V le volume du mélange air/carburant dans le cylindre,
- m la masse du mélange air/carburant,
- R la constante des gaz parfaits,
- T la température absolue.

Comme P et V dépendent de la position du piston dans le cylindre, c'est-à-dire de l'angle Θ de rotation de l'arbre moteur, on peut écrire que la formule (1) est vraie pour chaque valeur de Θ , soit :

$$P_{\Theta} V_{\Theta} = mRT_{\Theta} \quad (2)$$

avec $m = m_{af} + m_c + m_{gbr}$

- m_{af} étant la masse d'air frais,
 - m_c étant la masse de carburant,
 - m_{gbr} étant la masse des gaz brûlés résiduels,
- On peut alors déterminer m_{af} par la formule :

$$m_{af} = \frac{P_{\Theta} V_{\Theta}}{RT_{\Theta}} - m_{gbr} - m_c = a P_{\Theta} - b \quad (3)$$

avec :

$$a = \frac{V_{\Theta}}{RT_{\Theta}} \text{ et } b = m_{gbr} + m_c, \text{ coefficients}$$

dans lesquels :

V_{Θ} est déterminé par la position de l'arbre moteur, T_{Θ} est mesurée, m_c est la quantité connue de carburant injecté et m_{gbr} est connue par le taux des gaz brûlés qui restent dans le cylindre après échappement, masse qui peut être mesurée ou calculée pour un moteur donné. Par contre, P_{Θ} n'est pas connue et l'invention prévoit sa mesure dans chaque cylindre à l'aide d'un capteur de pression. Or, le capteur de pression ne donne qu'une valeur relative et il faut donc faire deux mesures successives pour deux positions Θ_1 et Θ_2 de l'arbre moteur.

En effet, si l'on suppose que la compression est polytropique avant le début de la combustion, on peut écrire :

$$P_{\Theta_1} V_{\Theta_1}^x = P_{\Theta_2} V_{\Theta_2}^x = \text{constante} \quad (4)$$

que l'on peut écrire sous la forme :

$$(kU_{\Theta_1} + d) V_{\Theta_1}^x = (kU_{\Theta_2} + d) V_{\Theta_2}^x$$

si U_{Θ_1} et U_{Θ_2} sont les tensions délivrées par le capteur de pression pour les angles Θ_1 et Θ_2 respectivement :
On obtient alors :

$$d = \frac{k(V_{\Theta_2} V_{\Theta_2}^x - U_{\Theta_1} V_{\Theta_1}^x)}{V_{\Theta_1}^x - V_{\Theta_2}^x}$$

et la pression absolue P_{Θ_1} par exemple est déterminée par :

$$P_{\Theta_1} = k U_{\Theta_1} + d = k U_{\Theta_1} + \frac{k(U_{\Theta_2} V_{\Theta_2}^x - U_{\Theta_1} V_{\Theta_1}^x)}{V_{\Theta_1}^x - V_{\Theta_2}^x}$$

soit :

$$P_{\Theta_1} = \frac{k V_{\Theta_2}^x}{V_{\Theta_1}^x - V_{\Theta_2}^x} (U_{\Theta_2} - U_{\Theta_1}) = K (U_{\Theta_2} - U_{\Theta_1})$$

La formule (3) peut alors s'écrire :

$$\begin{aligned} m_{af} &= aK (U_{\Theta_2} - U_{\Theta_1}) - b, \text{ soit} \\ m_{af} &= a' (U_{\Theta_2} - U_{\Theta_1}) - b \end{aligned} \quad (5)$$

avec

$$a' = \frac{V_{\Theta_1}}{RT_{\Theta_1}} \times \frac{k V_{\Theta_2}^x}{V_{\Theta_1}^x - V_{\Theta_2}^x} \quad (6)$$

Pour valider le procédé de calcul, la demanderesse a effectué des mesures directes sur banc moteur. A cet effet, des mesures de la tension capteur en phase polytropique ont été effectuées, par exemple à $\Theta_1 = 40^\circ$ et $\Theta_2 = 90^\circ$, ainsi que des mesures de m_{af} , m_c et m_{gbr} .

Selon la relation (5), on doit avoir :

$$U_{\Theta_2} - U_{\Theta_1} = \frac{m_{af} + b}{a'} = A m_{af} + B$$

avec $A = 1/a'$ et $B = b/a'$

c'est-à-dire une droite de pente A et d'ordonnée B à l'origine.

Les mesures directes au banc moteur consistent à faire tourner le moteur à une vitesse constante et à mesurer ($U_{90^\circ} - U_{40^\circ}$) pour différentes valeurs mesurées de la masse d'air frais injectée.

On a relevé les valeurs suivantes :

(a) N = 1200 tours/minute

5	m_{af}	0,292	0,386	0,473	0,560	0,662
	$U_{90^\circ} - U_{40^\circ}$	41	50,5	60	70	81,5

soit une droite définie par l'équation :

$$U_{90^\circ} - U_{40^\circ} = 110 m_{af} + 8,41$$

avec un coefficient de corrélation de 0,9997.

(b) N = 2.300 tours/minute

15	m_{af}	0,331	0,422	0,518	0,616	0,704
	$U_{90^\circ} - U_{40^\circ}$	44,5	54	64,5	75,5	87,5

soit une droite définie par l'équation :

$$U_{90^\circ} - U_{40^\circ} = 114 m_{af} + 5,96$$

avec un coefficient de corrélation de 0,9987.

(c) N = 3.600 tours/minute

25	m_{af}	0,301	0,392	0,496	0,591	0,696
	$U_{90^\circ} - U_{40^\circ}$	43	53	65	77	89,5

soit une droite définie par l'équation :

$$U_{90^\circ} - U_{40^\circ} = 118 m_{af} + 6,97$$

avec un coefficient de corrélation de 0,9998.

(d) N = 4.400 tours/minute

30	m_{af}	0,351	0,456	0,549	0,660	0,760
	$U_{90^\circ} - U_{40^\circ}$	49,5	63	77	90	104

soit une droite définie par l'équation :

$$U_{90^\circ} - U_{40^\circ} = 133 m_{af} + 2,87$$

avec un coefficient de corrélation de 0,9995.

Ces mesures et ces droites ont été reportées sur la figure 1, les abscisses ayant été graduées en valeurs de m_{af} et les ordonnées en valeurs de $(U_{90^\circ} - U_{40^\circ})$. Les droites 10, 11, 12 et 13 correspondent respectivement aux vitesses moteur de 1.200 tours/minute, 2.300 tours/minute, 3.400 tours/minute et 4.400 tours/minute.

Le procédé selon l'invention comprend donc les opérations suivantes :

- mesure de la tension de sortie d'un capteur de pression associé à chaque cylindre pour deux valeurs Θ_1 et Θ_2 de l'arbre moteur après la fermeture de la soupape d'admission et avant la combustion du mélange de manière à obtenir deux valeurs U_{Θ_1} et U_{Θ_2} de ladite tension;
- détermination de la masse de carburant injecté m_c de l'injection correspondant au cycle en cours et de la masse m_{gbr} des gaz brûlés selon les procédés habituels;
- calcul de la masse d'air frais m_{af} par la relation (5) avec le coefficient a' calculé par la formule (6) et $b = m_{gbr} + m_c$.

Cette masse d'air frais m_{af} , résultant du calcul correspond au cycle en cours, est utilisée pour le calcul du temps d'injection du cycle suivant et ceci pour chaque cylindre, de l'angle d'allumage et plus généralement de toutes les variables paramétrées par le remplissage des cylindres.

Le système qui permet de mettre en oeuvre le procédé selon l'invention sera décrit (figure 2) dans son application à un moteur quatre cylindres C_1, C_2, C_3 , et C_4 qui sont alimentés en air par un collecteur d'admission 20 commun aux quatre cylindres. L'entrée de ce collecteur d'admission est commandée par une vanne-papillon 21 liée à l'accélérateur. Au niveau de chaque cylindre, ce conduit 20 se subdivise en quatre tubulures d'admission T_1, T_2, T_3 et T_4 aboutissant chacune à une soupape d'admission SA_1, SA_2, SA_3 et SA_4 . A chaque tubulure est associé un injecteur de carburant I_1, I_2, I_3 , et I_4 .

Chaque cylindre comporte une bougie B_1, B_2, B_3 , ou B_4 pour l'allumage du mélange détonnant et un capteur

de pression CP_1 , CP_2 , CP_3 , et CP_4 .

Après explosion du mélange détonant, les gaz brûlés sont évacués vers une tubulure d'échappement TE_1 , TE_2 , TE_3 , et TE_4 par une soupape d'échappement SE_1 , SE_2 , SE_3 et SE_4 , les quatre tubulures se réunissant pour former un conduit d'échappement 22.

5 La position angulaire de l'arbre moteur est repérée à l'aide d'une roue dentée 25 solidaire de l'arbre moteur et associée à un détecteur 26 dont la borne de sortie est connectée à une entrée d'un calculateur 27.

Le calculateur fournit de manière classique les signaux de commande des injecteurs I_1 à I_4 et des bougies B_1 à B_4 en fonction de divers paramètres tels que la vitesse moteur, la position de l'accélérateur, celle du papillon 21.

10 Selon l'invention, les signaux fournis par les capteurs de pression CP_1 à CP_4 sont appliqués au calculateur 27 qui réalise, pour chaque cylindre, les calculs définis par le procédé décrit ci-dessus. Bien entendu, d'un cylindre à l'autre, les valeurs de Θ_1 et Θ_2 sont différentes et il n'est tenu compte des signaux des capteurs de pression que pour les valeurs Θ_1 et Θ_2 par un échantillonnage approprié.

15 La masse de carburant m_c de chaque cylindre pour un cycle donné est déterminée par le calculateur 27 à partir de la valeur de m_{af} calculée pour le cycle précédent, c'est ce qui fixe la durée d'ouverture des injecteurs I_1 à I_4 .

20 La description qui vient d'être faite du procédé et système selon l'invention permet un calcul de la masse d'air frais dans chaque cylindre à chaque cycle et donc de calculer ensuite la masse de carburant à injecter dans le cylindre correspondant au cours du cycle suivant, ainsi que l'angle d'allumage et, plus généralement, toutes les variables paramétrées par le remplissage des cylindres.

Les capteurs de pression CP_1 à CP_4 remplacent le capteur de pression du collecteur d'admission ou le débitmètre dont les informations sont habituellement utilisées pour effectuer la commande du moteur par l'intermédiaire du calculateur 27.

25

Revendications

1. Procédé de calcul de la masse d'air frais contenue dans chaque cylindre d'un moteur à combustion interne dont chaque cylindre (C_1 à C_4) comporte un injecteur (I_1 à I_4), une bougie (B_1 à B_4), un capteur de pression (CP_1 à CP_4) et au moins une soupape d'admission (SA_1 à SA_4) et au moins une soupape d'échappement (SE_1 à SE_4), les injecteurs (I_1 à I_4) et les bougies (B_1 à B_4) étant commandés par les signaux fournis par un calculateur (27), ledit calculateur (27) recevant une information de position angulaire Θ de l'arbre moteur et les signaux, fournis par les capteurs de pression (CP_1 à CP_4), ledit procédé de calcul de la masse d'air frais m_{af} dans chaque cylindre étant caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes :

35 - mesure de la tension de sortie U de chaque capteur de pression pour au moins deux valeurs Θ_1 et Θ_2 de la position angulaire de l'arbre moteur avant combustion de manière à obtenir au moins deux valeurs U_{Θ_1} et U_{Θ_2} de ladite tension,
 - détermination de la masse de carburant m_c injectée dans le cylindre concerné et de la masse de gaz brûlés m_{gbr} selon un des procédés connus, et
 40 - calcul de la masse d'air frais m_{af} à partir notamment d'au moins les deux valeurs U_{Θ_1} et U_{Θ_2} , de la masse de carburant m_c injectée et de la masse des gaz brûlés m_{gbr} .

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le calcul de la masse d'air frais m_{af} est obtenu en appliquant les relations suivantes :

45
$$m_{af} = a' (U_{\Theta_2} - U_{\Theta_1}) - b \quad (5)$$

avec

$$a' = \frac{V_{\Theta_1}}{RT_{\Theta_1}} \times \frac{KV_{\Theta_2}^x}{V_{\Theta_1}^x - V_{\Theta_2}^x} \text{ et } b = m_c + m_{gbr}$$

relations dans lesquelles :

50 V_{Θ_1} est le volume du cylindre concerné pour la position Θ_1 ,
 V_{Θ_2} est le volume du cylindre concerné pour la position Θ_2 ,
 T_{Θ_1} est la température absolue du mélange contenu dans le cylindre concerné pour la position Θ_1 ,
 R est la constante des gaz parfaits,
 k est la constante de proportionnalité du capteur de pression concerné,
 55 x est un exposant qui est défini par la formule des gaz parfaits en compression polytropique tel que :

$$P_{\Theta_1} \times V_{\Theta_1}^x = P_{\Theta_2} \times V_{\Theta_2}^x$$

3. Système pour calculer la masse d'air frais m_{af} contenue dans chaque cylindre d'un moteur à combustion selon le procédé de la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend :
- un capteur de pression (CP_1 à CP_4) par cylindre qui fournit un signal électrique représentatif de la pression à l'intérieur du cylindre auquel il est associé,
 - des moyens pour mesurer le signal électrique (U_{Θ_1} , U_{Θ_2}) fourni par chaque capteur de pression (CP_1 à CP_4) à deux instants déterminés Θ_1 et Θ_2 de chaque cycle moteur,
 - un calculateur (27) pour calculer, à partir des signaux électriques (U_{Θ_1} , U_{Θ_2}) fournis par chaque capteur, la masse d'air frais m_{af} selon la relation définie dans la revendication 2.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

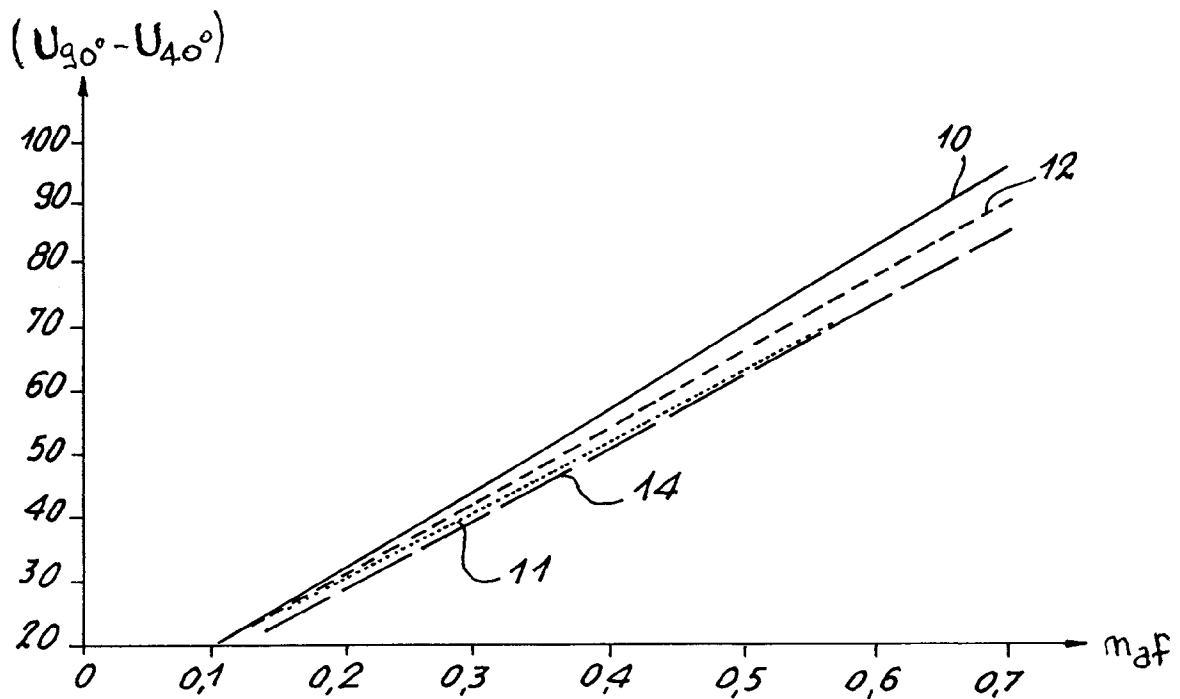


FIG. 1

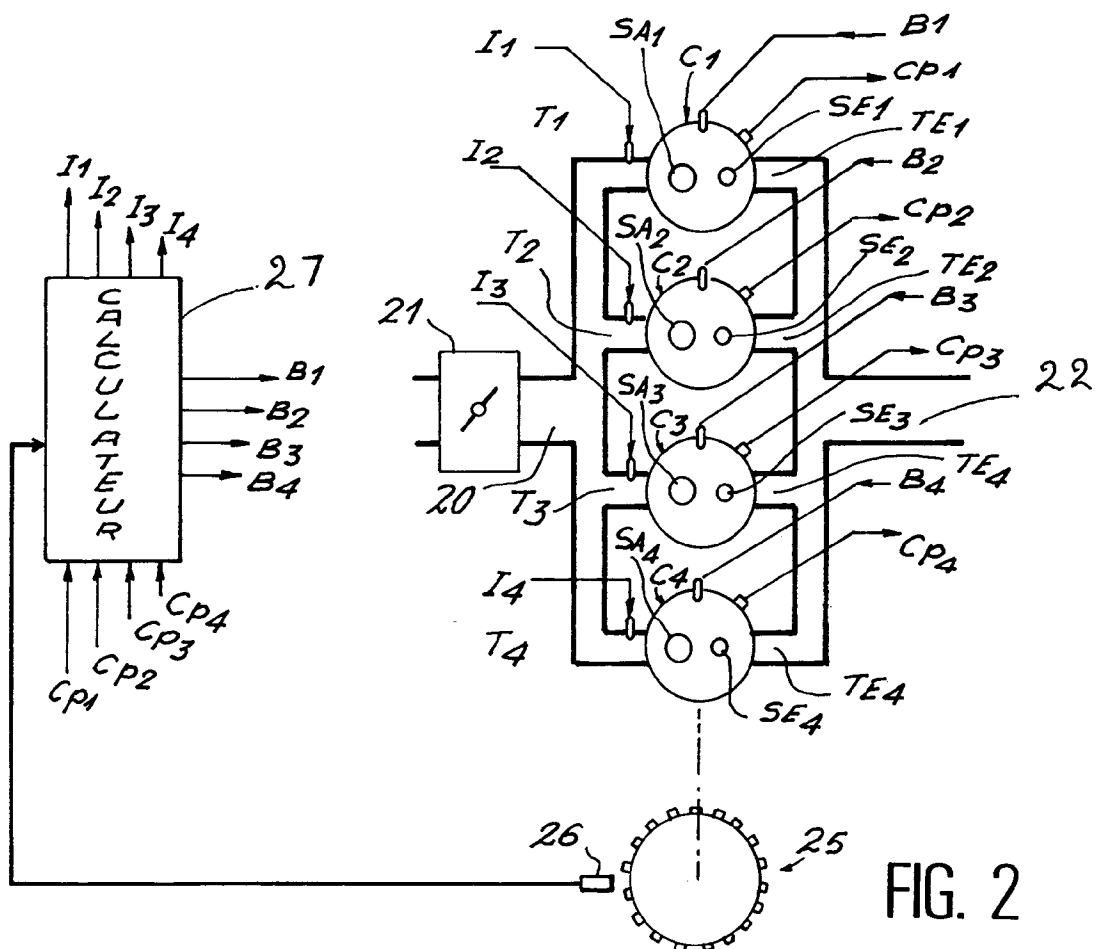


FIG. 2



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 1750

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
Y	DE-A-4 000 220 (MITSUBISHI DENKI K.K.) * colonne 1, ligne 61 - colonne 2, ligne 34 * * colonne 4, ligne 53 - colonne 5, ligne 32 * * colonne 7, ligne 9 - ligne 13; figures * ---	1-3	F02D41/18 F02D41/30
Y	US-A-4 920 789 (GOMEZ ET AL.) * colonne 1, ligne 65 - colonne 2, ligne 35 * * colonne 4, ligne 57 - colonne 10, ligne 66; figures 2,3 * ---	1-3	
A	WO-A-9 015 236 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) * page 2, ligne 5 - ligne 21 * * page 4, ligne 26 - page 5, ligne 13; figures * ---	1-3	
A	GB-A-2 217 045 (FUJII JUKOGYO K.K.) * page 4, ligne 10 - page 6, ligne 8 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			F02D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		10 SEPTEMBRE 1992	MOUALED R.
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 (P0402)