

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/041296 A1

(43) Date de la publication internationale
20 mars 2014 (20.03.2014)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :
F02B 37/12 (2006.01) F02D 23/00 (2006.01)
F02B 39/10 (2006.01) F02D 41/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/052083

(22) Date de dépôt international :
11 septembre 2013 (11.09.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1258518 11 septembre 2012 (11.09.2012) FR

(71) Déposant : RENAULT S.A.S. [FR/FR]; 13-15 quai Le Gallo, F-92100 Boulogne-Billancourt (FR).

(72) Inventeurs : FONTVIEILLE, Laurent; 63 allée de la pièce di lavoir, F-91190 Gif Sur Yvette (FR). TALON, Vincent; 16 rue Michel Felizat, F-69007 Lyon (FR). EL-HADEF, Jamil; 18 route de Saint Sauveur, F-70300 Esboz-Brest (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

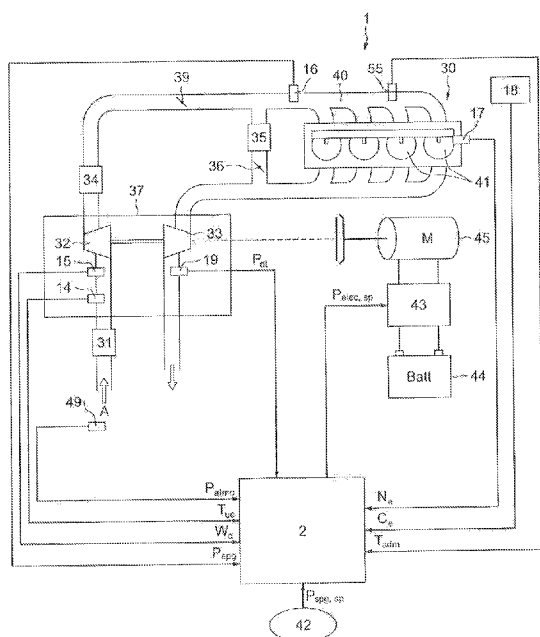
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR REGULATING A SUPERCHARGE FOR A TURBOCOMPRESSOR COUPLED TO AN ELECTRIC MACHINE, AND CORRESPONDING TURBOCOMPRESSOR DEVICE

(54) Titre : PROCEDE DE REGULATION D'UNE SURALIMENTATION POUR TURBOCOMPRESSEUR COUPLE A UNE MACHINE ELECTRIQUE, ET DISPOSITIF TURBOCOMPRESSEUR CORRESPONDANT

FIG.1



(57) Abstract : The invention relates to a method for regulating a turbocharger for an internal combustion engine (30) of a motor vehicle, said turbocharger being connected to an electric machine (45) that can alternately supply a motor torque and a resistive torque to the turbocharger. A first set value for the power of the electric machine is calculated by subtracting, from a desired power of the compressor (32) of the turbocharger (37), an estimated value of the power currently supplied by the turbine (33) and an inertia term calculated from an estimated value of the current rotational speed of the turbocharger (37).

(57) Abrégé : Il est proposé un procédé de régulation d'un turbocompresseur pour moteur (30) à combustion interne de véhicule automobile, le turbocompresseur étant relié à une machine électrique (45) apte à lui délivrer alternativement un couple moteur et un couple résistant. On calcule une première consigne de puissance de la machine électrique en soustrayant à une puissance souhaitée du compresseur (32) du turbocompresseur (37), une valeur estimée de la puissance actuellement délivrée par la turbine (33) et un terme inertiel calculé à partir d'une valeur estimée du régime actuel de rotation du turbocompresseur (37).



-
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

**Procédé de régulation d'une suralimentation pour
turbocompresseur couplé à une machine électrique, et dispositif
turbocompresseur correspondant**

5 L'invention concerne les systèmes de suralimentation de moteurs à combustion interne, par exemple des turbocompresseurs de moteurs à combustion interne de véhicules automobiles, et plus particulièrement les systèmes de contrôle de tels turbocompresseurs.

10 Le turbocompresseur est un organe du système d'alimentation en air d'un moteur à combustion interne. Il comprend un compresseur pour compresser l'air admis dans le moteur et une turbine qui fournit de l'énergie mécanique au compresseur, la turbine étant entraînée par les gaz d'échappement.

15 Il existe deux grands types de turbocompresseurs, les turbocompresseurs à géométrie fixe et les turbocompresseurs à géométrie variable. Dans les turbocompresseurs à géométrie variable, on peut agir sur la vitesse de rotation de la turbine en ajustant l'inclinaison des pales de la turbine. Dans les turbocompresseurs à géométrie fixe, on peut, dans certaines variantes de réalisation, agir
20 sur la vitesse de rotation de la turbine grâce à une vanne de décharge montée en parallèle de la turbine (parfois appelée « wastegate ») et qui permet de détourner l'air d'échappement de la turbine. L'invention concerne une seconde variante de turbocompresseurs à géométrie fixe, dans lequel la régulation par une vanne de décharge est remplacée par
25 une régulation à l'aide d'une machine électrique apte à entraîner l'axe du turbocompresseur. Quand la demande de pression de suralimentation ne justifie pas l'utilisation de l'intégralité de l'énergie disponible au niveau de la turbine, la machine électrique peut être utilisée en génératrice pour produire de l'énergie électrique envoyée
30 vers une batterie d'accumulateur en vue d'un usage ultérieur. Lorsqu'au contraire une forte puissance est nécessaire au niveau du compresseur, par exemple pendant des phases transitoires au début d'une

accélération du véhicule, la machine électrique peut contribuer à fournir l'énergie nécessaire au compresseur, en sus de l'énergie disponible au niveau de la turbine. De tels systèmes de suralimentation peuvent par exemple être employés sur des véhicules utilitaires, pour
5 lesquels les plages de fonctionnement exigées du moteur ne nécessitent pas un délestage trop rapide de la pression en amont de la turbine, et qui peuvent donc faire l'économie de la vanne de wastegate.

La sévérisation des normes de dépollution amène en outre, de plus en plus souvent, à insérer un filtre à particules dans le circuit
10 d'échappement, ce qui réduit le taux de détente de la turbine du turbocompresseur. Il est donc nécessaire de réguler le plus finement possible le fonctionnement du turbocompresseur.

La régulation peut être assurée au moins pour partie par un système de prépositionnement, envoyant une consigne de puissance
15 (motrice ou génératrice) à la machine électrique, à partir de cartographies prenant en compte essentiellement le point de fonctionnement du moteur. La régulation peut être complétée par un régulateur prenant en compte l'écart de la pression de suralimentation mesurée par rapport à une pression de suralimentation de consigne.
20 Cependant, les cartographies étant établies pour une géométrie bien précise du moteur et du système de suralimentation, les dispersions de fabrication, et l'usure du moteur, conduisent à des écarts non négligeables du comportement par rapport au comportement du moteur standard ayant servi à établir les cartographies.

25 L'invention a pour but de proposer un système de régulation d'un turbocompresseur qui permet de réduire ces imprécisions et de compenser leur dérive dans le temps, sans augmenter la complexité globale du système de régulation.

L'invention propose un système turbocompresseur pour moteur
30 à combustion interne de véhicule automobile, comprenant un turbocompresseur et une machine électrique configurée pour pouvoir appliquer alternativement un couple moteur et un couple résistant à l'arbre du turbocompresseur. Le système comprend en outre un premier capteur de pression apte à mesurer la pression de gaz en aval de la

- turbine du turbocompresseur, un second capteur de pression apte à mesurer la pression de gaz dans un collecteur d'admission des cylindres du moteur, comprend un capteur de température placé de manière à mesurer en amont du compresseur du turbocompresseur, une
- 5 température de gaz entrant dans le système, comprend un capteur de température placé de manière à mesurer une température d'admission des gaz dans un collecteur d'admission du moteur, comprend un débitmètre placé de manière à mesurer le débit des gaz traversant le compresseur. Le système comprend une unité de commande
- 10 électronique configurée pour calculer une consigne de puissance envoyée vers la machine électrique. Pour calculer la consigne de puissance l'unité de commande électronique est configurée pour élaborer, une première valeur de puissance assimilable à une puissance de consigne du compresseur, et une valeur de premier régime de rotation assimilable à un régime de rotation du turbocompresseur.
- 15 Cette première puissance et ce premier régime peuvent être calculés en prenant en compte une pression de suralimentation de consigne, la température en amont du compresseur, la température des gaz dans le collecteur d'admission, et le débit de gaz traversant le compresseur.
- 20 Selon un mode de réalisation préféré, l'unité de commande électronique est configurée pour élaborer une seconde valeur de puissance assimilable à une puissance estimée de la turbine, en prenant en compte le premier régime de rotation et la pression en aval de la turbine.
- 25 Avantageusement, l'unité de commande électronique est configurée pour calculer un terme de puissance de consigne en boucle ouverte en additionnant trois termes proportionnels respectivement à la première valeur de puissance, à la seconde valeur de puissance, et à un terme inertiel calculé à partir du premier régime de rotation.
- 30 Avantageusement, l'unité de commande électronique peut être configurée pour ajouter au terme de puissance de consigne en boucle ouverte, un correctif de consigne de puissance en boucle fermée, calculé en prenant en compte la pression de suralimentation de

consigne, la pression mesurée par le second capteur de pression dans le collecteur d'admission, et le débit des gaz traversant le compresseur.

5 Selon un mode de réalisation préféré, l'unité de commande électronique est en outre configurée pour estimer ou mesurer une troisième valeur de pression assimilable à une pression en amont du compresseur, et pour prendre en compte cette valeur dans le calcul de la première puissance et du premier régime de rotation.

10 L'unité de commande électronique peut être en outre configurée pour estimer ou mesurer une troisième valeur de pression assimilable à une pression en amont du compresseur, et pour prendre en compte cette valeur dans le calcul du terme correctif de consigne de puissance en boucle fermée.

15 L'unité de commande électronique peut être configurée pour estimer ou mesurer une seconde valeur de débit assimilable à un débit de la turbine, et une seconde valeur de température assimilable à une température en amont de la turbine, et pour prendre en compte ces deux valeurs dans le calcul de la seconde valeur de puissance.

20 Selon un mode de réalisation avantageux, le turbocompresseur comprend une turbine à géométrie fixe et sans conduite de dérivation contournant la turbine.

25 De manière préférentielle, l'unité de commande électronique est configurée pour utiliser, pour le calcul de la consigne de puissance, au plus deux types de consignes cartographiées directement en fonction du point de fonctionnement du moteur, soit une première valeur de cartographiée assimilable à une pression, et au plus une seconde valeur cartographiée assimilable à une température.

30 Selon un autre aspect, l'invention propose un procédé de régulation d'un turbocompresseur pour moteur à combustion interne de véhicule automobile, le turbocompresseur étant relié à une machine électrique apte à lui délivrer alternativement un couple moteur et un couple résistif. On calcule une première consigne de puissance de la machine électrique en soustrayant à une puissance souhaitée du compresseur du turbocompresseur, une valeur estimée de la puissance actuellement délivrée par la turbine et un terme inertiel calculé à partir

d'une valeur estimée du régime actuel de rotation du turbocompresseur.

Avantageusement, on pilote la machine électrique par un terme de consigne obtenu en ajoutant à la première consigne de puissance un
5 terme obtenu par un régulateur à partir d'un écart entre un taux de compression estimé du turbocompresseur, et un taux de compression de consigne du turbocompresseur, le taux de compression de consigne étant calculé à partir de la pression de suralimentation de consigne, du
10 débit mesuré des gaz traversant le compresseur, et d'une pression mesurée en amont du compresseur, et le taux de compression estimé étant calculé à partir de la pression délivrée par le second capteur de pression, du débit mesuré des gaz traversant le compresseur, et d'une pression mesurée en amont du compresseur.

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention
15 apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

-la figure 1 rappelle l'architecture générale d'un moteur équipé
d'un turbocompresseur selon l'invention,

20 -la figure 2 illustre une partie d'un système de régulation d'un turbocompresseur appartenant au système de motorisation de la figure 1.

Tel qu'illustré sur la figure 1, un système turbocompresseur 1 comprend un turbocompresseur 37, une machine électrique 45, un
25 moteur 30 équipé de capteurs 14, 15, 17, 18, 19, 40, 49, 54, 55 et comprend une unité de commande électronique 2.

Le turbocompresseur 37 comprend un compresseur 32 et une turbine 33 montés sur un arbre commun. Une machine électrique 45 est également solidaire, ou solidarisable au travers d'un embrayage, de
30 l'arbre du turbocompresseur. Par solidaire, on entend que la machine électrique 45 est reliée à l'arbre du turbocompresseur de manière à pouvoir entraîner celui-ci en rotation, éventuellement au travers d'un jeu d'axes et de pignons. De l'air frais A, arrivant à une pression atmosphérique P_{atmo} , mesurée par un capteur de pression 49, est filtré

par un filtre à air 31. L'air filtré issu du filtre 31 est comprimé par le compresseur 32. L'air comprimé est ensuite refroidi par un échangeur 34 et injecté via une vanne 39 alimentant un collecteur d'alimentation 40 assurant qu'une même pression d'air arrive aux cylindres 41 du moteur 30. Une partie des gaz sortant des cylindres du moteur 30 peut, dans certaines variantes de réalisation, être détournée vers le collecteur d'admission 40 via un court circuit muni d'un refroidisseur 35 et d'une vanne 36. La turbine 33 du turbocompresseur 37 est entraînée par les gaz d'échappement du moteur. La turbine 33 entraîne en rotation le compresseur 32. Un couple supplémentaire, couple moteur ou couple de freinage, peut être appliqué au compresseur à l'aide de la machine électrique 45. La machine électrique 45 est alimentée à partir d'une batterie d'accumulation 44, au travers d'un convertisseur électrique 43.

Le turbocompresseur 37 est relié à une unité de commande électronique 2, elle-même reliée à un estimateur 17 du régime de rotation N_e du moteur 30 et à un estimateur 18 du couple C_e développé par le moteur 30. Selon les variantes de réalisations, l'unité de commande 2, au lieu d'être reliée à un estimateur de couple 18 peut être reliée à une unité d'injection (non représentée) transmettant à l'unité de commande 2, la valeur instantanée FIM_{sp} de consigne de débit de carburant injecté dans le moteur 30. Le turbocompresseur 37 est équipé d'un débitmètre 15 disposé de manière à mesurer le débit de gaz W_c traversant le compresseur 32, et d'un premier capteur de température 14 disposé de manière à mesurer la température T_{uc} de gaz en amont du compresseur, par exemple placé dans le débitmètre 15, et d'un premier capteur de pression 19 disposé de manière à pouvoir mesurer la pression de gaz P_{dt} en aval de la turbine 33, par exemple placé entre la turbine 33 et un filtre à particules (non représenté). Le premier capteur de température, le débitmètre et le premier capteur de pression sont reliés à l'unité de commande électronique 2. L'unité de commande électronique 2 est également reliée à un second capteur de pression 16 disposé de manière à pouvoir mesurer la pression P_{spg} des gaz présents dans le collecteur d'admission 40. L'unité de commande

électronique 2 peut être en outre reliée à un capteur de température d'air 55 mesurant la température d'air dans le collecteur d'admission 40. L'unité de commande électronique 2 est aussi reliée à un capteur 49 de pression atmosphérique P_{atmo} , capteur qui peut par exemple être
5 intégré à un calculateur d'injection. L'unité de commande 2 est également reliée à un superviseur 42 qui transmet à l'unité de commande 2, une valeur de consigne $P_{spg,sp}$ représentant la pression de gaz souhaitée dans le collecteur d'admission 40. $P_{spg,sp}$ est parfois aussi appelée par la suite pression de suralimentation de consigne.
10 L'unité de commande 2 élabore une consigne de puissance électrique $P_{elec,sp}$ qui est par exemple envoyée au convertisseur 43, qui alimente alors la machine électrique 45 de manière à générer un couple moteur correspondant à cette puissance électrique, ou qui pilote la machine électrique 45 de manière à ce qu'elle développe le couple résistant
15 correspondant. Les "consignes de puissance électrique" (par exemple $P_{elec,sp}$) s'entendent ici comme les puissances mécaniques demandées à la machine électrique, en tenant compte du rendement de la machine.

Le court circuit 35 représente ici un système de recirculation de gaz à haute pression, ou "EGR HP". L'invention peut aussi être
20 appliquée à des systèmes comprenant un circuit de recirculation à basse pression, ou "EGR BP", dans lequel les gaz d'échappement sont réinjectés en amont du compresseur.

La figure 2 illustre une partie d'un système de régulation associé à un turbocompresseur selon l'invention. On retrouve sur la
25 figure 2 des éléments communs à la figure 1, les mêmes éléments étant alors désignés par les mêmes références. L'unité de commande électronique 2 comprend un générateur de consigne 12 apte à délivrer une consigne de puissance de la machine électrique 45. L'unité de commande électronique 2 comprend un estimateur 20 apte à estimer un régime de rotation $N_{tc,est}$ du turbocompresseur, et apte à délivrer une
30 puissance compresseur de consigne $POW_{c,sp}$. L'unité de commande électronique 2 peut également comprendre une cartographie 13 permettant de relier un débit W_c du compresseur à un incrément de

pression ΔP_{cool} correspondant à une perte de charge au niveau de l'échangeur 34.

5 Le générateur 12 comprend une unité de calcul de puissance turbine 21, un estimateur 4 de puissance électrique en boucle ouverte, un sommateur 5, et un régulateur 11.

L'unité de calcul de puissance turbine 21 comprend un calculateur de coordonnées 22, une première cartographie 3a, une seconde cartographie 3b, et un estimateur de puissance turbine 46.

10 L'unité de commande électronique 2 reçoit sur une première entrée numérique ou analogique une valeur de température T_{ut} représentant une température en amont de la turbine 33. Cette valeur de température T_{ut} est communiquée sur une entrée du calculateur de coordonnées 22. L'unité de commande électronique 2 reçoit sur une
15 autre entrée numérique ou analogique une valeur de débit W_t représentant un débit traversant la turbine. Cette valeur de débit est également communiquée sur une entrée du calculateur de coordonnées 22. Les valeurs W_t et T_{ut} peuvent être des valeurs mesurées, mais peuvent être également des valeurs estimées à partir d'autres valeurs connues. La valeur W_t peut être estimée au moyen de l'équation 2, et la
20 valeur T_{ut} peut être cartographié en fonction du point de fonctionnement (régime, couple) du moteur 30. Le calculateur 22 reçoit également la valeur P_{dt} de pression en aval de la turbine, délivrée par le capteur 19.

25 Une valeur de pression P_{uc} , qui peut aussi être soit mesurée, soit estimée, par exemple au moyen de l'équation 1, est communiquée au régulateur 11 et à l'estimateur de régime turbo 20.

Le premier calculateur 20 reçoit en entrée les données délivrées par les capteurs 14, 15, 17 ainsi que la consigne de pression de suralimentation $P_{spg,sp}$ émanant du superviseur 42. Il reçoit également
30 en entrée la troisième valeur de pression estimée P_{uc} . A partir de ces valeurs, et à l'aide de diverses cartographies (non représentées) le premier calculateur 20 calcule une valeur $POW_{c,sp}$ assimilable à une puissance de consigne du compresseur 32, et une valeur $N_{tc,est}$ assimilable à une vitesse de rotation d'un arbre du turbocompresseur.

La valeur $N_{tc,est}$ est calculée en particulier à partir des équations 4b et 6b détaillées plus bas. La valeur $POW_{c,sp}$ est calculée en particulier à l'aide des équations 4a, 6a, et 8, ainsi que des équations 3 et 9, détaillées plus bas. La valeur $N_{tc,sp}$ est envoyée vers le calculateur de coordonnées 22, et en parallèle vers l'estimateur en boucle ouverte 4. La puissance compresseur de consigne $POW_{c,sp}$ est envoyée vers l'estimateur 4 en boucle ouverte. Le premier calculateur 20 peut utiliser une cartographie 13 pour calculer une valeur ΔP_{cool} assimilable à une perte de charge, à partir du débit W_c issu du capteur 15. La valeur ΔP_{cool} est utilisée également par le régulateur 11. Selon une variante de réalisation, le premier calculateur 20 peut recevoir en entrée directement la valeur ΔP_{cool} .

Le calculateur de coordonnées 22 calcule à partir des valeurs W_t , T_{ut} et P_{dt} , trois coordonnées C1, C2, et C3. C1 et C2 sont utilisées par l'unité de calcul 21 pour lire la cartographie 3a, et C1 et C3 sont utilisées pour lire la cartographie 3b, comme indiqué par exemple dans les équations 11 et 12. La valeur sans dimension η_t , qui peut être considérée comme un rendement de la turbine, et la valeur sans dimensions PR_t , qui peut être considérée comme un taux de détente de la turbine, sont ainsi extraites respectivement des cartographies 3a et 3b, et envoyées vers l'estimateur de puissance turbine 46. L'estimateur de puissance turbine 46 reçoit en outre les valeurs W_t et T_{ut} , également utilisées par le calculateur de coordonnées 22. L'estimateur de puissance turbine 46 envoie une valeur $POW_{t,est}$ de puissance turbine, estimée par exemple au moyen de l'équation 10, vers l'estimateur en boucle ouverte 4.

L'estimateur en boucle ouverte 4 utilise le régime turbo estimé $N_{tc,est}$, un terme inertiel $N_{tc,est} \frac{dN_{tc,est}}{dt}$ issu de ce régime turbo estimé, la puissance compresseur de consigne $POW_{c,sp}$ et la puissance turbine estimée $POW_{t,est}$ pour calculer, par exemple selon l'équation 14, une consigne de puissance électrique en boucle ouverte $P_{elec,sp,ol}$, qui est envoyée sur une des entrées du sommateur 5. Le terme inertiel $N_{tc,est} \frac{dN_{tc,est}}{dt}$ peut être calculé directement par l'estimateur 4, ou peut par

exemple lui parvenir d'un dérivateur 58 recevant du premier calculateur 20 la valeur $N_{tc,est}$.

Le sommateur 5 reçoit sur une seconde entrée une valeur de correction en boucle fermée $P_{elec,sp,cl}$, issue du régulateur 11. Le régulateur 11, qui peut être un régulateur de type PID (proportionnel intégral dérivé) élabore cette valeur de correction en boucle fermée $P_{elec,sp,cl}$, à partir d'un écart entre un taux de compression estimé du turbocompresseur, tel que calculé par exemple à l'équation 4b, et un taux de compression de consigne du turbocompresseur, tel que défini par exemple à l'équation 4a. Le régulateur 11 utilise pour cela les valeurs issues des capteurs 15 et 16, la valeur estimée P_{uc} , la consigne $P_{spg,sp}$ issue du superviseur 42, ainsi que, éventuellement, la cartographie 13.

Comme indiqué aux équations 4a et 4b, le taux de compression estimé est calculé en fonction de deux variables mesurées ou estimées sur le turbocompresseur 37, soit P_{uc} et ΔP_{cool} , et d'une variable mesurée ou estimée au niveau du collecteur 40, P_{spg} . Le taux de compression de consigne est calculé en fonction de deux variables issues de mesures P_{uc} et ΔP_{cool} , et d'une valeur de consigne $P_{spg,sp}$ qui est substituée à la valeur mesurée P_{spg} dans les formules de calcul ayant servi au calcul du premier taux de compression.

Le mode de calcul des différentes grandeurs est exposé ci-après.

Lexique des principales grandeurs utilisées :

Grandeur	Unité	Description
P_{atmo}	[mbar]	Pression atmosphérique (mesurée)
P_{spg}	[mbar]	Pression (mesurée) dans le collecteur ou "pression de suralimentation"
P_{uc}	[mbar]	Pression en amont du compresseur (estimée)

P_{dc}	[mbar]	Pression en aval du compresseur (estimée)
P_{dt}	[mbar]	Pression en aval de la turbine (mesurée)
PR_c	[-]	Taux de compression P_{uc}/P_{dc}
PR_t	[-]	Taux de détente P_{ut}/P_{dt}
C_e	[Nm]	Couple développé par le moteur 30
N_e	[rpm]	Régime du moteur 30(mesuré)
N_{tc}	[rpm]	Régime du turbocompresseur(estimé)
ω_{tc}	[rad/s]	N_{tc} , mais exprimé en rad/s
J	[Kg/m ²]	Inertie du turbocompresseur
W_c	[Kg/s]	Débit du compresseur (mesuré)
W_t	[Kg/s]	Débit de la turbine (estimé)
η_c	[-]	Efficacité/rendement du compresseur (cartographiée, ou calculée)
η_t	[-]	Efficacité/rendement de la turbine (cartographiée, ou calculée)
T_{uc}	[°K]	Température en amont du compresseur (mesurée)
T_{ut}	[°K]	Température en amont de la turbine (estimée)
T_{adm}	[°K]	Température de l'air dans le collecteur d'admission à l'entrée du moteur 30(mesurée)
$c_{p,adm}$	[J/(Kg·°K)]	Capacité thermique massique des gaz à l'admission
$c_{p,exh}$	[J/(Kg·°K)]	Capacité thermique massique à des gaz à l'échappement
γ	[-]	Rapport des capacités

		thermiques massiques C_p/C_v des gaz (à l'admission ou à l'échappement suivant les équations)
POW_t	[W]	Puissance de la turbine
POW_c	[W]	Puissance compresseur
ΔP_{cool}	[mbar]	Perte de charge de l'échangeur 34
R_{air}	$8,314 \text{ J Mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	Constante des gaz parfaits
$P_{elec,sp,ol}$	[W]	Consigne de puissance électrique en boucle ouverte
$P_{elec,sp,cl}$	[W]	Correction de puissance électrique en boucle fermée
$P_{e,sp}$	[W]	Consigne de puissance de la machine électrique (positive en mode moteur, négative en générateur)

De manière générale dans ce qui suit X_{est} est une variable estimée à partir d'une ou plusieurs variables mesurées, à l'aide de cartographie éventuelles.

X_{mes} est une variable mesurée par un capteur dédié.

5 X_{sp} ("set point") est une variable de consigne, élaborée au moins en partie à partir de grandeurs émanant du conducteur du véhicule.

10 Les variables utilisées comme "mesures" dans la stratégie de contrôle peuvent se décomposer trois catégories :

- les variables directement mesurées
 - les variables directement estimées
 - les variables "hybrides" qui peuvent être estimées ou mesurées en fonction du fonctionnement du reste du circuit de
- 15 circulation de gaz dans le moteur.

Variables mesurées consommées dans la stratégie

Ces variables sont :

- Régime moteur N_e ,
 - Débit carburant FIM_{sp} , proportionnel au couple C_e développé
- 5 par le moteur
- Pression atmosphérique P_{atm} ,
 - Pression collecteur P_{spg} .
 - Débit passant à travers le compresseur W_c ,
 - Température amont compresseur T_{uc} .
- 10 • Pression aval turbine P_{dt}

Dans des variantes de réalisation de l'invention, on peut faire l'économie d'un ou deux capteurs en estimant indirectement les variables suivantes :

- 15
- Débit passant à travers le compresseur W_c ,
 - Température amont compresseur T_{uc} ,

qui sont alors des variables "hybrides" consommées dans la stratégie.

En effet, les conditions d'utilisations de ces variables sont différentes selon que l'on est dans une configuration EGR HP ou EGR BP. Dans le cas de l'EGR HP, un débitmètre d'air est utilisé comme

20 information de débit compresseur et un capteur de température d'air extérieur est utilisé comme information de température amont compresseur.

Dans le cas contraire (EGR BP, ou pas d'EGR), le débit

25 compresseur est estimé via le remplissage, et la température amont compresseur est estimée via un bilan enthalpique utilisant le capteur de température d'air entrée moteur.

Variables estimées consommée dans la stratégie

30 Ces variables sont :

- La pression amont compresseur P_{uc} ,
- La température amont turbine T_{ut} ,

- Le débit échappement W_t .

Estimation de la pression amont compresseur :

Pour l'estimation de la pression amont compresseur, on considère la perte de charge du filtre à air. Cette perte de charge est estimée avec une cartographie qui dépend du débit d'air.

$$P_{uc} = P_{atmo} - f_{faa}(W_c) \quad \text{Equation (1)}$$

Equation de perte de charge du filtre à air

Estimation de la température amont turbine :

La température amont turbine, T_{ut} , est utilisée dans la stratégie. Elle est estimée grâce à une cartographie qui dépend du régime moteur et du débit carburant. Cette cartographie est pré calibrée grâce à des essais réalisés sur banc moteur. La calibration est ensuite affinée par des essais sur véhicule.

Estimation du débit échappement, aussi appelé débit turbine :

En stabilisé le débit turbine W_t est égal au débit compresseur plus le débit carburant. En dynamique, ce bilan est affecté par les termes de dynamique de la ligne d'air et de l'échappement. Pour modéliser cette dynamique, on écrit le débit turbine comme suit :

$$W_t = W_c + 0.00012 FIM_{sp} * N_e - \frac{\dot{P}_{spg} V_{tot}}{R_{air} T_{adm}} \quad \text{Equation (2)}$$

Calcul du débit échappement estimé (pour un moteur à 4 cylindres), où FIM_{sp} est le débit carburant (en mg/cp). Le volume V_{tot} est une variable de calibration qui permet de représenter les effets dynamiques sur le débit.

Consigne de débit compresseur

Les conditions de calcul de cette variable $W_{c,sp}$ sont différentes selon que l'on est dans une configuration EGR HP ou EGR BP. Dans le cas de l'EGR HP, on prend directement la consigne qui sert de consigne à l'EGR HP. Dans le cas contraire (EGR BP ou sans EGR), la consigne de débit compresseur est calculée sur la base de l'équation

de remplissage moteur. L'équation qui résume le calcul est la suivante :

$$W_{c,sp} = \frac{P_{spg,sp} V_{cyl} N_e}{120 R_{air} T_{adm}} \eta_{vol}(\rho_{adm,sp}, N_e) \quad \text{Equation (3)}$$

Calcul du débit d'air consigne sans EGR HP

5

où :

- V_{cyl} [m³] est la cylindrée du moteur,
- η_{vol} est le rendement volumétrique. Cette cartographie est identifiée à partir des essais en stabilisé.
- ρ_{adm} [Kg/m³] est la densité d'air dans le collecteur

10

d'admission 40 (obtenue en divisant la pression de l'air dans le collecteur par la température de l'air dans le collecteur et par la constante des gaz parfaits)

De la pression de suralimentation au taux de compression

15

Cette première étape de calcul a pour but de transformer la pression de suralimentation en taux de compression. L'intérêt de cette transformation est de se mettre dans le référentiel du compresseur. Pour le calcul du taux de compression, on considère la perte de charge du refroidisseur d'air. Cette perte de charge est estimée avec une cartographie qui dépend du débit d'air. Les taux de compression consigne et estimé sont calculés respectivement avec la consigne et la mesure de pression de suralimentation, respectivement $P_{spg,sp}$ et $P_{spg,mes}$.

20

La consigne de pression de suralimentation est généralement stockée dans une cartographie, en fonction du couple et du régime du moteur.

25

La mesure de pression de suralimentation est faite via un élément piézoélectrique 16 qui permet la conversion de la pression en tension électrique directement l'interprétable par le calculateur d'injection.

30

Consigne et estimation du taux de compression

Le calcul de la consigne et l'estimation du taux de compression est expliqué par :

$PR_{c,sp} = \frac{P_{spg,sp} + \Delta P_{cool}}{P_{uc}} \quad \text{et} \quad PR_{c,est} = \frac{P_{spg,mes} + \Delta P_{cool}}{P_{uc}}$ Equation 4a	Equation 4b Calcul du taux de compression
$\Delta P_{cool} = f_{cool}(W_c)$	Calcul de la perte de charge RAS

Entrées/ Sorties du bloc

Entrées :+--

- Pression de suralimentation consigne $P_{spg,sp}$ par exemple,
- Pression de suralimentation mesure $P_{spg,mes}$,
- Débit compresseur W_c ,
- Pression amont compresseur P_{uc} ,
- Température amont compresseur T_{uc} .

Sorties :

- Taux de compression consigne $PR_{c,sp}$,
- Taux de compression estimé $PR_{c,est}$.

Le taux de compression consigne peut être limité afin de garantir à terme de ne pas dépasser un régime turbocompresseur limite

Du taux de compression au régime turbocompresseur

Cette deuxième étape de calcul a pour but de lier le régime turbocompresseur avec le taux de compression. L'intérêt de cette transformation est de se mettre dans le référentiel du turbocompresseur.

Consigne et estimation du régime turbocompresseur

Pour la consigne et l'estimation du régime turbo, nous utilisons les cartographies constructeur et moteur pour obtenir le régime turbo corrigé en fonction du régime moteur et du taux de compression. En effet, en exprimant le débit compresseur comme étant le débit aspiré par le moteur, nous obtenons :

$$PR_c = f_{c,\Pi} \left(N_{tc} \sqrt{\frac{T_{ref,c}}{T_{uc}}}, \frac{P_{spg} V_{cyl} N_e}{120 R_{air} T_{adm}} \eta_{vol}(\rho_{adm,sp}, N_e) \sqrt{\frac{T_{uc}}{T_{ref,c}}} \frac{P_{ref,c}}{P_{uc}} \right)$$

Equation (5)

5 En inversant cette fonction, on obtient le régime turbocompresseur corrigé en fonction du taux de compression et du régime moteur. Cette fonction est notée f_{Nt} . Nous avons donc :

$$N_{tc,sp} = f_{Nt}(PR_{c,sp}, N_e) \sqrt{\frac{T_{uc}}{T_{ref,c}}} \quad \text{et} \quad N_{tc,est} = f_{Nt}(PR_{c,est}, N_e) \sqrt{\frac{T_{uc}}{T_{ref,c}}}$$

Equation (6a)

Equation (6b)

10

Calcul du régime turbocompresseur (équations 4)
avec T_{uc} la température amont compresseur et,
 $T_{ref,c}$ la température de référence du compresseur.

15

Entrées/ Sorties du bloc de calcul :

Entrées :

- Régime moteur N_e ,
- Taux de compression estimé $PR_{c,est}$,
- Taux de compression consigne $PR_{c,sp}$,
- Température amont compresseur mesuré T_{uc} .

20

Sorties :

- Régime turbocompresseur consigne $N_{tc,sp}$,
- Régime turbocompresseur estimé $N_{tc,est}$.

25

Vers une consigne de puissance compresseur

Cette étape de calcul a pour but de lier les précédents calculs afin de construire une consigne de puissance compresseur.

L'expression de la puissance compresseur est donnée par :

30

$$POW_c = W_c T_{uc} \frac{1}{\eta_c} c_{p,adm} \left(PR_c^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right) \quad \text{Equation (7)}$$

où :

- W_c est le débit passant à travers le compresseur,
- T_{uc} est la température amont compresseur,
- PR_c est le taux de compression,
- $c_{p,adm}$ est la capacité thermique massique des gaz à l'admission,
- γ est le rapport des capacités thermiques massiques à l'admission.
- η_c est l'efficacité compresseur, cartographiée

La question est de savoir dans ce calcul si les variables utilisées doivent être des valeurs de consigne ou des valeurs mesurées/estimées. Le même type d'arbitrage s'impose pour le calcul de la puissance turbine qui utilise un débit une efficacité turbine. Dans le calcul de la puissance de consigne, nous faisons le choix d'utiliser toutes les consignes possibles. La puissance compresseur consigne délivrée par l'estimateur 20 s'exprime :

$$POW_{c,sp} = W_{c,sp} T_{uc} \frac{1}{\eta_{c,sp}} c_{p,adm} \left(PR_{c,sp}^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right) \quad \text{Equation (8)}$$

- η_c est l'efficacité compresseur de consigne, cartographiée par exemple sous la forme :

$$\eta_{c,sp} = f_{c,\eta} \left(N_{t,sp} \sqrt{\frac{T_{ref,c}}{T_{uc}}}, W_{c,sp} \sqrt{\frac{T_{uc}}{T_{ref,c}}} \frac{P_{ref,c}}{P_{uc}} \right) \quad \text{Equation (9)}$$

Entrées/ Sorties du bloc

Entrées :

- Taux de compression consigne $PR_{c,sp}$,
- Débit compresseur consigne $W_{c,sp}$,
- Régime turbocompresseur consigne $N_{t,sp}$,
- Température et pression amont compresseur T_{uc} et P_{uc} .

Sortie :

Puissance compresseur consigne $POW_{c,sp}$.

Vers une estimation de puissance turbine

5 Cette étape de calcul a pour but d'estimer la puissance actuellement prélevée par la turbine dans les gaz d'échappement.

La puissance turbine estimée est donnée par :

$$POW_{t,est} = W_t \cdot C_{p,exh} \cdot \eta_t \cdot T_{ut} \left[1 - \left(\frac{1}{PR_t} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] \quad \text{Equation (10)}$$

où :

- 10
- η_t est l'efficacité turbine,
 - $C_{p,exh}$ est la capacité thermique massique à l'échappement,
 - γ est le rapport des capacités thermiques massiques à l'échappement.

15 Avec le taux de détente turbine étant cartographié dans la cartographie 3b sous la forme suivante :

$$PR_t = f_{PR_t} \left(W_t \cdot \sqrt{T_{ut}} \cdot \frac{P_{ref}}{P_{dt}}, N_{tc,est} \cdot \sqrt{\frac{T_{ref}}{T_{ut}}} \right) = f_{PR_t} (C3, C1) \quad \text{Equation (11)}$$

20 Avec l'efficacité de la turbine calculée par la relation statique suivante :

$$\eta_t = f_{\eta_t} \left(W_t \cdot \sqrt{\frac{T_{ref}}{T_{ut}}} \cdot \frac{P_{ref}}{P_{dt}}, N_{tc,est} \cdot \sqrt{\frac{T_{ref}}{T_{ut}}} \right) = f_{\eta_t} (C2, C1) \quad \text{Equation (12)}$$

Entrées/ Sorties du bloc

Entrées :

- 25
- W_t est le débit passant à travers la turbine,
 - $N_{tc,est}$ est l'estimation du régime du turbocompresseur,
 - T_{ut} est la température amont turbine,
 - T_{ref} est la température de référence turbine (valeur constante),
 - P_{ref} est la pression de référence turbine (valeur constante),
 - 30 • P_{dt} est la pression aval turbine

- PR_t est le taux de détente,
- Sorties :
- Puissance turbine estimée $P_{t,est}$.

5 Vers la consigne de boucle ouverte de puissance électrique.

Cette étape de calcul a pour but de déterminer la consigne de puissance électrique grâce au bilan de puissance sur l'arbre du turbocompresseur. L'utilisation du terme dynamique apporte un gain sur le temps de réponse de la boucle de suralimentation (effet d'anticipation).

$$P_{elec,sp,ol} = POW_{c,sp} - POW_{t,est} + \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} J \omega_{tc}^2 \right) \quad \text{Equation (13)}$$

où :

- $POW_{c,sp}$ est la consigne de puissance compresseur,
- POW_t est la puissance turbine,
- ω_{TC} est le régime turbocompresseur estimé (en rad/s),
- J est l'inertie de l'ensemble tournant (compresseur, axe, turbine et machine électrique).

La consigne de puissance électrique se calcule donc en fonction de la puissance compresseur consigne, de la puissance turbine estimée et de la variation d'énergie cinétique consigne. Elle s'écrit donc :

$$P_{elec,sp,ol} = POW_{c,sp} - POW_{t,est} + \left(\frac{\pi}{30} \right)^2 J N_{tc,est} \frac{dN_{tc,est}}{dt}$$

Equation (14)

Calcul de la consigne de puissance turbine en boucle ouverte

Entrées/ Sorties du bloc

Entrées :

- Puissance compresseur consigne $POW_{c,sp}$,
- Régime turbocompresseur estimé $N_{tc,estp}$.

- Puissance turbine estimée $POW_{t,est}$.

-

Sorties :

- Puissance électrique consigne boucle ouverte $P_{elect,sp,ol}$.

5

Remarque : dans notre convention la consigne de puissance électrique est positive en mode moteur et négative en mode générateur.

Le mode moteur est défini par

$$10 \quad POW_{c,sp} > POW_{t,est} + \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 JN_{tc,est} \frac{dN_{tc,est}}{dt}. \quad \text{Equation (15)}$$

Le mode générateur est défini par

$$POW_{c,sp} < POW_{t,est} + \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 JN_{tc,est} \frac{dN_{tc,est}}{dt} \quad \text{Equation (16)}$$

Vers une consigne de puissance électrique en boucle fermée :

Un contrôleur peut être nécessaire pour compenser les erreurs de modèle. Il est à noter que plus le modèle utilisé est précis, moins l'action du contrôleur sera nécessaire. On peut même envisager des variantes de réalisation sans contrôleur.

La stratégie basée sur modèle est suffisamment performante pour qu'un PID à gains fenêtrés constants soit suffisant.

$$P_{elec,sp,cl} = K_p \times \varepsilon_{PRc} + K_i \int \varepsilon_{PRc} dt + K_d \frac{d\varepsilon_{PRc}}{dt} \quad \text{Equation (17)}$$

Où:

ε_{PRc} est l'écart entre les valeurs de rapports de détente estimé et de consigne calculés respectivement aux équations (4a) et (4b)

K_p , K_i , K_d sont des valeurs de gains du régulateur 11.

La sortie du contrôleur est destinée à opérer une correction de taux de détente ($PR_{t,sp,cl}$), c'est pourquoi nous avons choisi de mettre en entrée du contrôleur une erreur de taux de compression afin de limiter la variation de gain statique entre les valeurs d'entrée et de sortie

Les entrées/sorties sont

Entrées :

- Taux de compression consigne $PR_{c,sp}$,
- Taux de compression estimé $PR_{c,est}$,

Sorties :

- Correction de puissance électrique consigne boucle fermée $P_{elect,sp,cl}$.

L'invention ne se limite pas aux exemples de réalisation décrits et peut se décliner en de nombreuses variantes. Dans l'exemple illustré plus haut, certaines variables de fonctionnement du turbocompresseur sont mesurées à l'aide de capteur ou directement déduites à partir de mesures effectuées par des capteurs. D'autres variables sont estimées à partir des mesures effectuées à l'aide de modèles mathématiques. La proportion de variables directement issues de mesures et de variables

estimées peut être modifiée sans sortir du cadre de l'invention. Un système de saturation peut être prévu entre le sommateur 5 et le convertisseur électrique 43 pour imposer une consigne de puissance à la machine électrique qui est comprise entre une valeur minima et une valeur maxima, ces valeurs minima et maxima dépendant des autres paramètres de fonctionnement du moteur 30. Le capteur de température 55 dans le collecteur d'admission peut être remplacé par un débitmètre mesurant le débit de la turbine. Le capteur de pression (P_{atmo}) d'air extérieur au véhicule peut être remplacé par un capteur de la pression (P_{uc}) à l'entrée du compresseur.

Le système de régulation selon l'invention peut être utilisé aussi bien pour des systèmes avec recirculation de gaz d'échappement à haute pression (EGR HP) que pour des systèmes avec recirculation de gaz à basse pression (EGR BP). Il ne nécessite qu'un nombre minimal de capteurs de pression (un capteur de pression d'air atmosphérique et un capteur de pression d'air dans le collecteur d'admission).

Le système de régulation proposé permet une régulation fine de la pression de suralimentation grâce à la prise en compte des interactions physiques entre les différents paramètres mesurés, la puissance fournie à la machine électrique et la pression de suralimentation que l'on souhaite imposer. Le lien entre le taux de compression et le taux de détente se fait grâce au bilan d'énergie au niveau du turbocompresseur qui est un modèle physique fiable et indépendant du mode de fonctionnement moteur.

Liste de références

	1	Système turbocompresseur
	2	Unité de commande électronique
5	3a	Première cartographie
	3b	Seconde cartographie
	4	Estimateur en boucle ouverte
	5	Sommateur
	11	Régulateur
10	12	Générateur de consigne de puissance de la machine électrique
	13	Cartographie reliant W_c et ΔP_{cool}
	14	Capteur de température amont compresseur T_{uc}
	15	Débitmètre mesurant le débit compresseur W_c
15	16	"2 nd capteur" de pression $P_{spg,mes}$ dans le collecteur 40
	17	Estimateur de régime moteur N_e
	18	Estimateur de couple moteur C_e
	19	"1 ^{er} capteur" de pression P_{dt} en aval de la turbine 33
20	20	Estimateur estimant le régime turbo $N_{tc,est}$ et la puissance compresseur de consigne $POW_{c,sp}$
	21	Unité de calcul de puissance turbine
	22	Second calculateur des coordonnées C1, C2 et C3 des cartographies 3a et 3b
25	30	Moteur
	31	Filtre à air
	32	Compresseur
	33	Turbine
	34	Echangeur
30	35	Refroidisseur
	36	Vanne
	37	Turbocompresseur
	39	Vanne
	40	Collecteur d'admission du moteur

	41	Cylindres du moteur
	42	Superviseur élaborant la consigne pression de suralimentation $P_{spg,sp}$
	43	Convertisseur électrique
5	44	Batterie
	45	Machine électrique
	46	Estimateur de puissance turbine
	55	Capteur de température d'air dans le collecteur d'admission du moteur
10	58	Dérivateur
	A	Prise d'air frais

15 Nota : p.10 à 12 : liste des principales grandeurs mentionnées

REVENDICATIONS

1. Système turbocompresseur pour moteur (30) à combustion interne de véhicule automobile, comprenant un turbocompresseur (37) et une machine électrique (45) configurée pour pouvoir appliquer
5 alternativement un couple moteur et un couple résistant à l'arbre du turbocompresseur, le système comprenant en outre un premier capteur de pression (19) apte à mesurer la pression (P_{dt}) de gaz en aval de la turbine (33) du turbocompresseur, un second capteur de pression (16) apte à mesurer la pression ($P_{spg,mes}$) de gaz dans un collecteur (40)
10 d'admission des cylindres du moteur (30), comprenant un capteur (14) de température placé de manière à mesurer en amont du compresseur (32) du turbocompresseur, une température (T_{uc}) de gaz entrant dans le système, comprenant un capteur (55) de température placé de manière à mesurer une température d'admission (T_{adm}) des gaz dans un
15 collecteur d'admission (40) du moteur (30), comprenant un débitmètre (15) placé de manière à mesurer le débit (W_c) des gaz traversant le compresseur, le système comprenant une unité de commande électronique (2) configurée pour calculer une consigne de puissance ($P_{e,sp}$) envoyée vers la machine électrique (45), caractérisé en ce que,
20 pour calculer la consigne de puissance ($P_{e,sp}$) l'unité de commande électronique (2) est configurée pour élaborer, une première valeur de puissance ($POW_{c,sp}$) assimilable à une puissance de consigne du compresseur, et une valeur de premier régime de rotation ($N_{tc,est}$) assimilable à un régime de rotation du turbocompresseur, cette
25 première puissance et ce premier régime étant calculés en prenant en compte une pression de suralimentation de consigne ($P_{spg,sp}$), la température en amont du compresseur (T_{uc}), la température (T_{adm}) des gaz dans le collecteur d'admission (40), et le débit de gaz (W_c) traversant le compresseur.
- 30 2. Système turbocompresseur selon la revendication 1, dans lequel l'unité de commande électronique 2 est configurée pour élaborer une seconde valeur de puissance ($POW_{t,est}$) assimilable à une puissance

estimée de la turbine (33), en prenant en compte le premier régime de rotation ($N_{tc,est}$) et la pression (P_{dt}) en aval de la turbine.

5 3. Système turbocompresseur selon les revendications 1 et 2, dans lequel l'unité de commande électronique est configurée pour calculer un terme de puissance de consigne en boucle ouverte ($P_{elec,sp,ol}$) en additionnant trois termes proportionnels respectivement à la première valeur de puissance ($POW_{c,sp}$), à la seconde valeur de puissance ($POW_{t,est}$), et à un terme inertiel ($N_{tc,est} \frac{dN_{tc,est}}{dt}$) calculé à partir du premier régime de rotation ($N_{tc,est}$).

10 4. Système turbocompresseur selon la revendication 3, dans lequel l'unité de commande électronique est configurée pour ajouter au terme de puissance de consigne en boucle ouverte ($P_{elec,sp,ol}$), un correctif de consigne de puissance ($P_{elec,sp,cl}$) en boucle fermée, calculé en prenant en compte la pression de suralimentation de consigne ($P_{spg,sp}$), la pression ($P_{spg,mes}$) mesurée par le second capteur de pression (16) dans le collecteur d'admission (40), et le débit (W_c) des gaz traversant le compresseur.

20 5. Système turbocompresseur selon la revendication 1, dans lequel l'unité de commande électronique est en outre configurée pour estimer ou mesurer une troisième valeur de pression (P_{uc}) assimilable à une pression en amont du compresseur (32), et pour prendre en compte cette valeur dans le calcul de la première puissance ($POW_{c,sp}$) et du premier régime de rotation ($N_{tc,est}$).

25 6. Système turbocompresseur selon la revendication 4, dans lequel l'unité de commande électronique est en outre configurée pour estimer ou mesurer une troisième valeur de pression (P_{uc}) assimilable à une pression en amont du compresseur (32), et pour prendre en compte cette valeur dans le calcul du terme correctif de consigne de puissance ($P_{elec,sp,cl}$) en boucle fermée.

30 7. Système turbocompresseur selon la revendication 2, dans lequel l'unité de commande électronique est en outre configurée pour estimer ou mesurer une seconde valeur de débit (W_t) assimilable à un débit de la turbine, et une seconde valeur de température (T_{ut}) assimilable à une température en amont de la turbine, et pour prendre

en compte ces deux valeurs dans le calcul de la seconde valeur de puissance ($POW_{t,est}$).

5 8. Système turbocompresseur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le turbocompresseur comprend une turbine à géométrie fixe et sans conduite de dérivation contournant la turbine.

9. Système turbocompresseur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'unité de commande électronique 2 est configurée pour utiliser, pour le calcul de la consigne de puissance ($P_{e,sp}$), au plus deux types de consignes cartographiées directement en
10 fonction du point de fonctionnement (N_e, C_e) du moteur (30), soit une première valeur de cartographiée ($P_{spg,sp}$) assimilable à une pression, et au plus une seconde valeur cartographiée (T_{ut}) assimilable à une température.

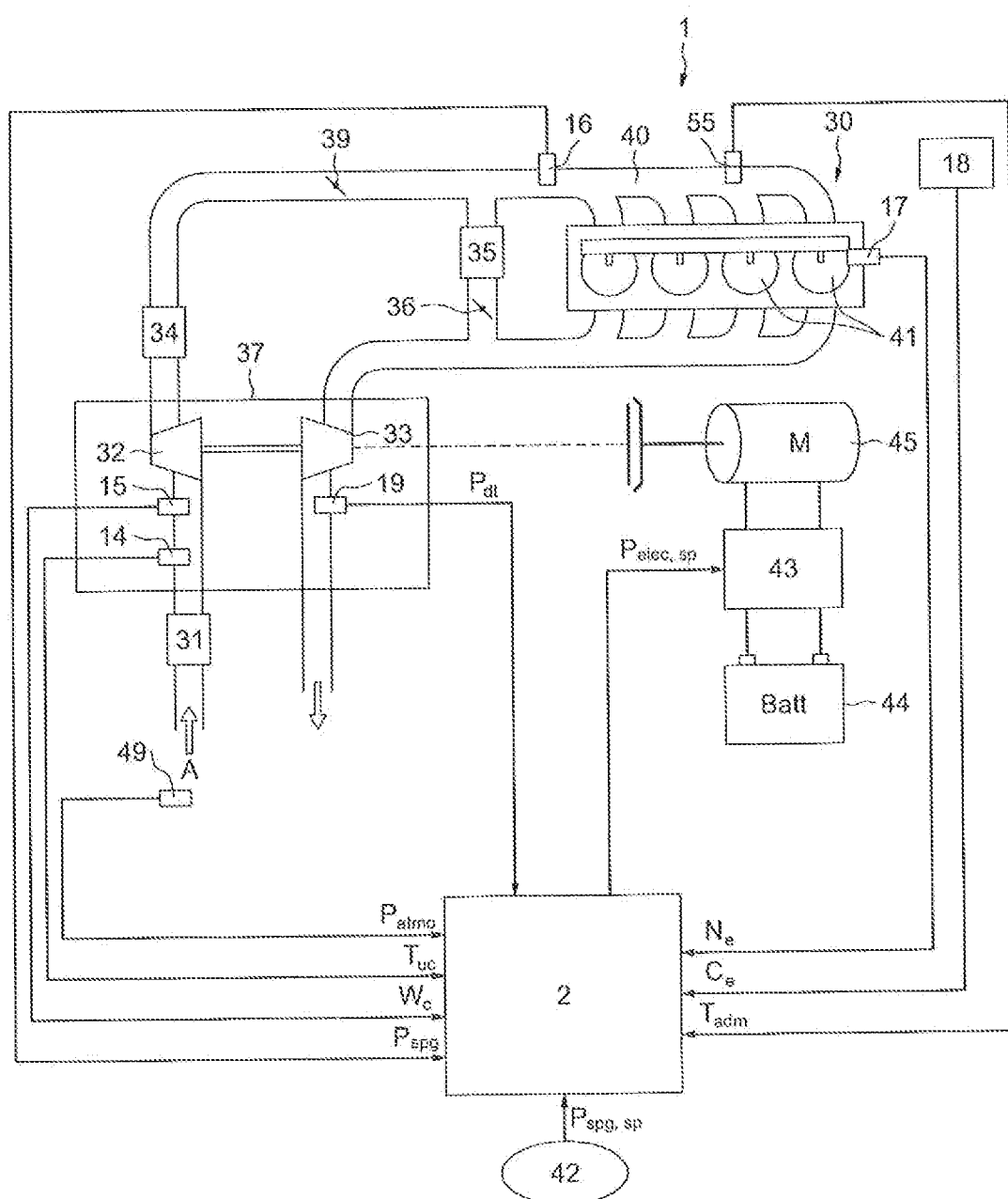
10. Procédé de régulation d'un turbocompresseur (37) pour
15 moteur (30) à combustion interne de véhicule automobile, le turbocompresseur (37) étant relié à une machine électrique (45) apte à lui délivrer alternativement un couple moteur et un couple résistif, dans lequel on calcule une première consigne de puissance ($P_{elec,sp,ol}$) de la machine électrique (45) en soustrayant à une puissance souhaitée
20 ($POW_{c,sp}$) du compresseur (32) du turbocompresseur, une valeur estimée ($POW_{t,est}$) de la puissance actuellement délivrée par la turbine (33) du turbocompresseur, et un terme inertiel calculé à partir d'une valeur estimée ($N_{tc,est}$) du régime actuel de rotation du turbocompresseur (37).

25 11. Procédé de régulation selon la revendication 10, dans lequel on pilote la machine électrique par un terme de consigne ($P_{e,sp}$) obtenu en ajoutant à la première consigne de puissance ($P_{elec,sp,ol}$) un terme obtenu par un régulateur (11) à partir d'un écart entre un taux de compression estimé ($PR_{c,est}$) du turbocompresseur, et un taux de
30 compression de consigne ($PR_{c,sp}$) du turbocompresseur, le taux de compression de consigne ($PR_{c,sp}$) étant calculé à partir de la pression de suralimentation de consigne ($P_{spg,sp}$), du débit mesuré (W_c) des gaz traversant le compresseur, et d'une pression (P_{uc}, P_{atmo}) mesurée en amont du compresseur, et le taux de compression estimé ($PR_{c,est}$) étant

calculé à partir de la pression ($P_{spg,mes}$) délivrée par le second capteur de pression (16), du débit mesuré (W_c) des gaz traversant le compresseur, et d'une pression (P_{uc}, P_{atmo}) mesurée en amont du compresseur.

1/2

FIG. 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2013/052083

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02B37/12 F02B39/10 F02D23/00 F02D41/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02B F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006/196182 A1 (KIMOTO KAYOKO [JP] ET AL) 7 September 2006 (2006-09-07) paragraph [0048] - paragraph [0127]; figure 1	1-9
X	----- WO 2007/020524 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; OOTA HIROHIKO [JP]) 22 February 2007 (2007-02-22) paragraph [0017] - paragraph [0059]; figures 1-5	1-9
X	----- DE 10 2006 000237 A1 (DENSO CORP [JP]) 23 November 2006 (2006-11-23) paragraphs [0054] - [0056], [0067] - paragraph [0071]; figures 1-3 ----- -/-	1-3,8,9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 November 2013

Date of mailing of the international search report

21/01/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Tietje, Kai

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2013/052083

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102 35 891 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 14 August 2003 (2003-08-14) paragraph [0022] - paragraph [0032]; figure 1	1
A	----- WO 03/060298 A1 (SIEMENS AG [DE]; ELLMER DIETMAR [DE]; STUERTZ MICHAEL [DE]; TEINER MAR) 24 July 2003 (2003-07-24) page 5, line 18 - page 6, line 35; figures 1-3 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2013/052083

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See additional Sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-9

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has determined that the international application contains multiple (groups) of inventions, namely:

1. Claims 1-9

A turbocharger with an electric machine receiving an input from two pressure sensors, two temperature sensors and a flowmeter, for calculating a set power value using the values from said sensors.

2. Claims 10, 11

A method for regulating a turbocharger with an electric machine, comprising calculating a set pressure value, but without describing which values are used and which sensors are present.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2013/052083

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006196182 A1	07-09-2006	DE 102006000100 A1	28-09-2006
		KR 20060096306 A	11-09-2006
		US 2006196182 A1	07-09-2006
		US 2008051976 A1	28-02-2008

WO 2007020524 A1	22-02-2007	CN 101243246 A	13-08-2008
		EP 1917426 A1	07-05-2008
		JP 4631598 B2	23-02-2011
		JP 2007051619 A	01-03-2007
		KR 20080026659 A	25-03-2008
		WO 2007020524 A1	22-02-2007

DE 102006000237 A1	23-11-2006	DE 102006000237 A1	23-11-2006
		FR 2887297 A1	22-12-2006
		JP 4548215 B2	22-09-2010
		JP 2006322425 A	30-11-2006
		US 2006260305 A1	23-11-2006

DE 10235891 A1	14-08-2003	NONE	

WO 03060298 A1	24-07-2003	DE 10202146 A1	31-07-2003
		EP 1468173 A1	20-10-2004
		US 2005022525 A1	03-02-2005
		WO 03060298 A1	24-07-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052083

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F02B37/12 F02B39/10 F02D23/00 F02D41/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F02B F02D		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2006/196182 A1 (KIMOTO KAYOKO [JP] ET AL) 7 septembre 2006 (2006-09-07) alinéa [0048] - alinéa [0127]; figure 1 -----	1-9
X	WO 2007/020524 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; OOTA HIROHIKO [JP]) 22 février 2007 (2007-02-22) alinéa [0017] - alinéa [0059]; figures 1-5 -----	1-9
X	DE 10 2006 000237 A1 (DENSO CORP [JP]) 23 novembre 2006 (2006-11-23) alinéas [0054] - [0056], [0067] - alinéa [0071]; figures 1-3 -----	1-3,8,9
A	DE 102 35 891 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 14 août 2003 (2003-08-14) alinéa [0022] - alinéa [0032]; figure 1 ----- -/--	1
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 27 novembre 2013		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 21/01/2014
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Tietje, Kai

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 03/060298 A1 (SIEMENS AG [DE]; ELLMER DIETMAR [DE]; STUERTZ MICHAEL [DE]; TEINER MAR) 24 juillet 2003 (2003-07-24) page 5, ligne 18 - page 6, ligne 35; figures 1-3 -----	1

Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :
2. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :
3. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. ☐ Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. ☐ Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os} :
4. ☒ Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os} :
1-9

Remarque quant à la réserve

- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
- ☐ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUES SUR PCT/ISA/ 210

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1-9

Turbocompresseur avec machine électrique avec input de deux capteurs de pression, deux capteurs de température et un débit mètre calculer une consigne de puissance utiliser les valeurs de ledit capteurs.

2. revendications: 10, 11

Procédé de régulation d'un turbocompresseur avec machine électrique calculer une consigne de pression sans décrire quelles valeurs sont utilisées et sans décrire quelles capteurs sont présentes.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2013/052083

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006196182 A1	07-09-2006	DE 102006000100 A1 KR 20060096306 A US 2006196182 A1 US 2008051976 A1	28-09-2006 11-09-2006 07-09-2006 28-02-2008
WO 2007020524 A1	22-02-2007	CN 101243246 A EP 1917426 A1 JP 4631598 B2 JP 2007051619 A KR 20080026659 A WO 2007020524 A1	13-08-2008 07-05-2008 23-02-2011 01-03-2007 25-03-2008 22-02-2007
DE 102006000237 A1	23-11-2006	DE 102006000237 A1 FR 2887297 A1 JP 4548215 B2 JP 2006322425 A US 2006260305 A1	23-11-2006 22-12-2006 22-09-2010 30-11-2006 23-11-2006
DE 10235891 A1	14-08-2003	AUCUN	
WO 03060298 A1	24-07-2003	DE 10202146 A1 EP 1468173 A1 US 2005022525 A1 WO 03060298 A1	31-07-2003 20-10-2004 03-02-2005 24-07-2003