

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
23 décembre 2004 (23.12.2004)

PCT

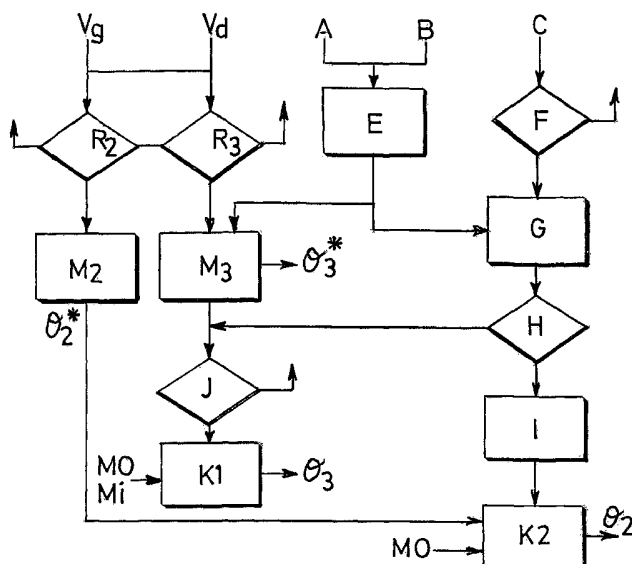
(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/111577 A2

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : **G01D 5/24**
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2004/001455
- (22) Date de dépôt international : 10 juin 2004 (10.06.2004)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
03/07002 11 juin 2003 (11.06.2003) FR
03/07000 11 juin 2003 (11.06.2003) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **S.N.R. ROULEMENTS** [FR/FR]; 1, rue des Usines, F-74010 Anancy Cedex (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **DESBIOLLES, Pascal** [FR/FR]; 1088, route de Biauivy, F-74570 Thorens-Glières (FR). **DURET, Christophe** [FR/FR]; 45, allée Prés, F-74600 Quintal (FR).
- (74) Mandataire : **BOUJU DERAMBURE BUGNION-BDSA**; 18, quai du Point du Jour, F-92659 Boulogne Cedex (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DETERMINATION OF THE ABSOLUTE ANGULAR POSITION OF A STEERING WHEEL BY BINARY SEQUENCES DISCRIMINATION

(54) Titre : DETERMINATION DE LA POSITION ANGULAIRE ABSOLUE D'UN VOLANT PAR DISCRIMINATION DE SEQUENCES BINAIRES



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the absolute angular position θ of a steering wheel (2) of a motor vehicle with respect to the chassis thereof comprising an initial procedure for determining whether a detected binary sequence is non-repetitive and, if yes, to test whether an estimate makes it possible to discriminate the absolute angular position of an encoder (1) in the case when the binary sequence is non-repetitive on a sector and to discriminate the absolute angular position of the steering wheel (2) θ_2 corresponding to said non-repetitive binary sequence; if no, to test whether an estimate makes it possible to discriminate the absolute angular position θ_3 of the steering wheel corresponding to said binary sequence.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/111577 A2



(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

(57) **Abrégé :** Procédé de détermination de la position angulaire absolue θ du volant de direction (2) d'un véhicule automobile par rapport au châssis dudit véhicule, comprenant la procédure initiale prévoyant de déterminer si une séquence binaire détectée est unique et, si oui, tester si une estimation permet de discriminer la position angulaire absolue du codeur (1) dans le cas où la séquence binaire est unique sur un secteur et de discriminer la position angulaire absolue du volant (2) θ_2 qui correspond à la séquence binaire unique ; si non, tester si une estimation permet de discriminer la position angulaire absolue θ_3 du volant (2) qui correspond à la séquence binaire.

Détermination de la position angulaire absolue d'un volant par discrimination de séquences binaires

5

L'invention concerne un procédé de détermination de la position angulaire absolue du volant de direction d'un véhicule automobile par rapport au châssis dudit véhicule.

10 Dans de nombreuses applications, notamment telles que les systèmes de contrôle de trajectoire ou les systèmes de direction assistée électrique, il est nécessaire de connaître la position angulaire absolue du volant de direction par rapport au châssis.

15 On entend par position angulaire absolue l'angle séparant la position du volant à un instant donné, d'une position de référence, cette position de référence étant fixe et donnée par rapport au châssis.

Par opposition, la position angulaire relative est l'angle séparant la position du
20 volant d'une position initiale quelconque et variable par rapport au châssis.

Pour déterminer la position angulaire absolue du volant de direction, il est connu d'utiliser la mesure de la vitesse différentielle des roues d'un même essieu. En effet, il est possible d'établir une relation bijective entre cette vitesse
25 différentielle et la position angulaire puisque, lorsque le véhicule est inscrit dans une trajectoire, rectiligne ou curviligne, chacune des roues a une trajectoire dont le centre de courbure est identique. Un des problèmes qui se pose est que la position angulaire absolue est alors obtenue avec une précision médiocre qui dépend des conditions de roulage du véhicule.

30

Par ailleurs, on connaît des dispositifs de mesure incrémentale de la position angulaire du volant qui permettent d'obtenir la position angulaire relative du volant avec une grande précision. Toutefois, pour obtenir la position angulaire absolue, il est alors nécessaire de prévoir la détermination d'au moins une

position angulaire de référence. Une telle stratégie est par exemple décrite dans le document EP-1 167 927. Une limitation de tels dispositifs est que la détection de la position angulaire de référence n'est possible qu'une seule fois par tour, ce qui, dans certaines conditions de roulage, peut conduire à une détermination de la position angulaire absolue qu'après un temps, et donc une distance parcourue par le véhicule, non négligeable.

On connaît enfin du document FR-0212013 non publié à la date de dépôt de la présente demande, un système de détermination de la position angulaire absolue du volant de direction qui comprend :

- un codeur destiné à être mis en rotation conjointement au volant, ledit codeur comprenant une piste multipolaire principale et une piste multipolaire dite « top tour » qui sont concentriques, ladite piste top tour comprenant M singularités réparties angulairement ;
- un capteur fixe disposé en regard et à distance d'entrefer du codeur, comprenant un circuit électronique apte à délivrer deux signaux digitaux de position A, B carrés en quadrature qui sont représentatifs de la position angulaire du codeur et un signal top tour C sous forme de M impulsions par tour du codeur, dans lequel les M singularités sont réparties angulairement de sorte que le signal top tour C soit agencé pour, en combinaison avec les signaux A et B, définir un motif binaire comprenant des séquences binaires uniques représentatives chacune d'au moins une position angulaire absolue du codeur ;
- un dispositif de traitement des signaux A, B, C qui comprend des moyens de comptage aptes à déterminer, à partir d'une position initiale, les variations de la position angulaire du codeur ; et
- un dispositif d'analyse de la vitesse différentielle des roues d'un même essieu du véhicule qui est apte à déterminer une estimation de la position angulaire absolue du volant en fonction de ladite vitesse différentielle.

Ce document prévoit, lors de la détection d'une séquence binaire unique, de recalculer la position angulaire relative issue des signaux A et B de sorte à obtenir la position angulaire absolue.

Une limitation de cette utilisation du système est que le recalage est effectué après la détection d'une séquence binaire unique complète, ce qui nécessite une rotation du volant suffisamment importante, typiquement comprise entre 30° et 75° suivant la position initiale. Par conséquent, il reste des situations de roulage dans lesquelles le recalage n'est pas effectué de façon suffisamment rapide. En particulier tel est le cas, pour un démarrage du véhicule en ligne droite, lors d'une microcoupure du calculateur à vitesse élevée (100 – 130 km/h sur autoroute par exemple), ou pour un démarrage du véhicule dans une courbe à très fort rayon de courbure ne nécessitant pas de rotation du volant supérieure à +/- 20° par exemple.

L'invention vise à résoudre les limitations mentionnées ci-dessus en proposant notamment un procédé de détermination de la position angulaire absolue du volant de direction qui permet, dans toutes les conditions de roulage, de déterminer ladite position de façon plus rapide et avec une précision optimale.

A cet effet, l'invention propose un procédé de détermination de la position angulaire absolue θ du volant de direction d'un véhicule automobile par rapport au châssis dudit véhicule, au moyen d'un système comprenant :

- un codeur mis en rotation conjointement au volant, ledit codeur comprenant une piste multipolaire principale et une piste multipolaire dite « top tour » (1b) qui sont concentriques, ladite piste top tour comprenant M singularités réparties angulairement ;
- un capteur fixe disposé en regard et à distance d'entrefer du codeur, comprenant un circuit électronique apte à délivrer deux signaux digitaux de position A, B carrés en quadrature qui sont représentatifs de la position angulaire du codeur et un signal top tour C sous forme de M impulsions par tour du codeur, dans lequel les M singularités correspondantes sont réparties angulairement de sorte que le signal top tour C soit agencé pour, en combinaison avec les signaux A et B, définir un motif binaire comprenant des séquences binaires uniques sur un tour ou sur un secteur de tour qui sont représentatives chacune d'une position angulaire absolue du codeur sur le tour ou sur le secteur ;

- un dispositif de traitement des signaux A, B, C qui comprend des moyens de comptage aptes à déterminer, à partir d'une position initiale, les variations de la position angulaire du codeur ;
- un dispositif d'analyse de la vitesse différentielle des roues d'un même essieu du véhicule qui est apte à déterminer une estimation de la position angulaire absolue du volant en fonction de ladite vitesse différentielle ;

Ledit procédé comprenant la procédure initiale prévoyant de :

- déterminer au moins une estimation θ^* de la position angulaire absolue du volant au moyen du dispositif d'analyse ;
- construire la séquence binaire correspondant aux signaux A, B, C délivrés ;
- déterminer si la séquence binaire est unique ;
- si oui, tester si une estimation θ^* permet de discriminer la position angulaire absolue du codeur dans le cas où la séquence binaire est unique sur un secteur et de discriminer la position angulaire absolue du volant θ_2 qui correspond à la séquence binaire unique ;
- si non, tester si une estimation θ^* permet de discriminer la position angulaire absolue θ_3 du volant qui correspond à la séquence binaire ;

Dans lequel une estimation θ^* est utilisée en tant que position angulaire absolue θ avant la détermination des positions angulaires θ_2 et θ_3 , puis, lorsqu'une des positions angulaires θ_2 ou θ_3 est disponible, utiliser ladite position angulaire en tant que position angulaire initiale θ_0 pour déterminer, à partir de cette position initiale, les variations de la position angulaire absolue θ au moyen des signaux A, B.

D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui suit, faite en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue de face du codeur d'un système de détermination utilisable selon l'invention, ledit codeur comprenant une piste multipolaire principale et une piste multipolaire top tour ;

- la figure 2 est une vue schématique et partielle d'un ensemble de direction pour véhicule automobile, qui est équipé d'un système de détermination de la position angulaire absolue du volant ;
- 5 - la figure 3 représente l'algorithme d'un mode de réalisation de la procédure initiale d'un procédé de détermination suivant l'invention ;
- la figure 4 représente l'algorithme d'un mode de réalisation de la procédure de calibration utilisable dans un procédé selon l'invention.

10

L'invention concerne un procédé de détermination de la position angulaire absolue θ du volant de direction 2 d'un véhicule automobile par rapport au châssis dudit véhicule au moyen d'un système comprenant un codeur 1 mis en rotation conjointement au volant 2 et un capteur fixe 5 apte à détecter les impulsions issues du codeur 1. Le procédé peut être mis en œuvre dans un calculateur hôte prévu à cet effet, implanté dans un calculateur dédié du véhicule ou intégré au capteur.

15

En relation avec la figure 2, on décrit un ensemble de direction comprenant une colonne de direction 3 sur lequel est monté un codeur 1 tel que celui représenté sur la figure 1, de sorte à assurer la solidarisation en rotation de la colonne 3 et du codeur 1. De façon connue, la colonne 3 est associée au volant de direction 2 par l'intermédiaire duquel le conducteur applique un couple et donc un angle de braquage. Par ailleurs, la colonne 3 est agencée pour transmettre cet angle de braquage aux roues de direction du véhicule. A cet effet, les roues peuvent être associées mécaniquement à la colonne 3 par l'intermédiaire d'un pignon de crémaillère et d'une crémaillère afin de transformer le mouvement de rotation de la colonne 3 en déplacement angulaire des roues, ou être découplées de la colonne 3. Dans ce dernier cas, le codeur 1 peut être associé directement à une partie du volant 2.

25

30

Le volant 2 est agencé pour pouvoir effectuer une pluralité de tours, typiquement deux, de chaque côté de la position « ligne droite » dans laquelle les roues sont droites.

L'ensemble de direction comprend en outre un élément fixe 4 qui est solidaire du châssis du véhicule automobile, le capteur 5 étant associé sur ledit élément de sorte que les éléments sensibles dudit capteur soient disposés en regard et à distance d'entrefer du codeur 1.

Pour pouvoir déterminer la position angulaire absolue du codeur 1, et donc du volant 2, par rapport à l'élément fixe 4, et donc au châssis, le codeur 1 comprend une piste multipolaire principale 1a et une piste multipolaire dite « top tour » 1b qui sont concentriques. La piste top tour 1b comprend M (avec $M > 1$) singularités 1b1 réparties angulairement.

Dans un exemple particulier, le codeur 1 est formé d'un anneau magnétique multipolaire sur lequel est aimantée une pluralité de paires de pôles 1c Nord et Sud équiréparties avec une largeur angulaire constante de sorte à former les pistes principale 1a et top tour 1b, une singularité magnétique 1b1 de la piste top tour 1b étant formée de deux pôles adjacents dont la transition magnétique est différente des autres.

Suivant la réalisation représentée sur la figure 1, les pistes principale 1a, disposée vers l'intérieur de l'anneau, et top tour 1b, disposée vers l'extérieur de l'anneau, comprennent 24 paires de pôles 1c, les paires de pôles 1c de la piste top tour 1b étant en retard de phase d'une valeur ϕ par rapport à celles de la piste principale 1a.

Chaque singularité 1b1 est formée d'une paire de pôles 1c, la largeur des pôles étant agencée pour qu'un pôle soit déphasé de $-\phi$ par rapport au pôle correspondant de la piste principale 1a. Ainsi, chaque impulsion du signal C correspond à la détection d'une inversion de déphasage entre la piste principale 1a et la piste top tour 1b.

Par ailleurs, le capteur 5 comprend un circuit électronique pourvu d'au moins trois éléments sensibles dont au moins deux sont positionnés en regard de la

piste principale 1a et au moins un est positionné en regard de la piste top tour 1b.

5 Dans un exemple particulier, les éléments sensibles sont choisis dans le groupe comprenant les sondes à effet Hall, les magnétorésistances, les magnétorésistances géantes.

10 Le capteur 5 utilisé est apte à délivrer deux signaux électriques S1, S2 périodiques en quadrature par l'intermédiaire des éléments sensibles disposés en regard de la piste principale 1a et un signal électrique S3 par l'intermédiaire des éléments sensibles disposés en regard de la piste top tour 1b.

15 Le principe d'obtention des signaux S1 et S2 à partir d'une pluralité d'éléments sensibles alignés est par exemple décrit dans le document FR-2 792 403 issu de la demanderesse.

Mais des capteurs 5 comprenant deux éléments sensibles qui sont aptes à délivrer les signaux S1 et S2 sont également connus.

20 A partir des signaux S1, S2 et S3, le circuit électronique est apte à délivrer des signaux digitaux de position A, B carrés en quadrature et un signal top tour C sous forme de M impulsions électriques par tour du codeur 1.

25 Un principe d'obtention des signaux digitaux A, B et C, ainsi que différents modes de réalisation des singularités magnétiques 1b1, sont décrits dans les documents FR-2 769 088 et EP-0 871 014.

30 Suivant une réalisation, le circuit électronique comprend en outre un interpolateur, par exemple du type décrit dans le document FR-2 754 063 issu de la demanderesse, permettant d'augmenter la résolution des signaux de sortie. En particulier, une résolution de la position angulaire du codeur 1 inférieure à 1° peut être obtenue.

Le capteur 5 peut être intégré sur un substrat en silicium ou équivalent par exemple AsGa, de sorte à former un circuit intégré et personnalisé pour une application spécifique, circuit parfois désigné sous le terme ASIC pour faire référence au circuit intégré conçu partiellement ou complètement en fonction des besoins.

Bien que la description soit faite en relation avec un ensemble codeur/capteur magnétique, il est également possible de mettre en œuvre l'invention de façon analogue en utilisant une technologie de type optique. Par exemple, le codeur 1 peut être formé d'une cible en métal ou en verre sur laquelle les pistes principale 1a et top tour 1b ont été gravées de sorte à former un motif optique analogue au motif magnétique multipolaire exposé ci-dessus, les éléments sensibles étant alors formés de détecteurs optiques.

Le système de détermination comprend en outre un dispositif de traitement des signaux A, B, C qui comprend des moyens de comptage aptes à déterminer, à partir d'une position initiale, les variations de la position angulaire du codeur 1. Dans un exemple de réalisation, les moyens de comptage comprennent un registre dans lequel la valeur de la position angulaire est incrémentée ou décrémentée d'une valeur angulaire correspondant au nombre de fronts des signaux A et B qui sont détectés, la valeur initiale étant par exemple fixée à zéro lors de la mise en service du système. Ainsi, le dispositif de traitement permet de connaître la position relative du codeur 1 par rapport à la position initiale.

Le système de détermination comprend également un dispositif d'analyse de la vitesse différentielle des roues d'un même essieu du véhicule qui est apte à déterminer une estimation de la position angulaire absolue du volant 2 en fonction de ladite vitesse différentielle.

Pour obtenir la position angulaire absolue du volant 2, il est prévu d'utiliser un codeur 1 dont la répartition des singularités 1b1 de la piste top tour 1b est spécifique.

Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 1, la répartition angulaire des dix singularités 1b1 de la piste top tour 1b peut être représentée par le motif binaire 000001000110100111001011 obtenu par exploitation du signal C et des signaux A et B lors d'une rotation d'un tour, où le chiffre 1 correspond à la
5 détection d'une impulsion top tour sur la paire de pôles correspondant à la singularité 1b1 et le chiffre 0 à l'absence de détection d'une telle impulsion.

Avec ce motif binaire, il est possible d'établir, en fonction de la position initiale du codeur 1 et du sens de rotation, le nombre d'états 0 ou 1 à lire pour
10 déterminer de façon univoque la position absolue du codeur 1 sur un tour. Dans la suite de la description, cette succession de 0 ou 1 qui permet de déterminer une position absolue du codeur 1 sur un tour, est appelée séquence binaire unique.

15 Par conséquent, les M singularités 1b1 sont réparties angulairement sur le codeur 1 de sorte que le signal C soit agencé pour, en combinaison avec les signaux A et B, définir des séquences binaires uniques qui sont représentatives chacune d'une position angulaire absolue du codeur 1 sur un tour. En particulier, cette position angulaire absolue peut être définie par rapport à la
20 position « ligne droite » du codeur (flèche 8) qui correspond à une position angulaire égale à 0°.

En variante non représentée, on peut prévoir que le motif binaire comprenne des secteurs de tour pourvus chacun de séquences binaires uniques telles que
25 définies précédemment. Par conséquent, ces séquences binaires uniques sont représentatives chacune d'une position angulaire absolue du codeur 1 sur le secteur considéré.

Le procédé de détermination selon l'invention prévoit une procédure initiale
30 dans laquelle on détermine au moins une estimation θ^* de la position angulaire absolue du volant 2 au moyen du dispositif d'analyse.

Pour ce faire, dans l'hypothèse où le glissement entre le sol et les roues est négligeable, il existe une relation bijective entre la position angulaire θ^* et la

vitesse différentielle des roues. Ce glissement est particulièrement négligeable lorsque la mesure de la vitesse différentielle est effectuée sur les roues non motrices, mais également sur les roues motrices lorsque l'adhérence est normale. Selon une réalisation, la relation est identifiée à l'aide de mesures
5 réalisées sur le véhicule dans des conditions optimales qui peuvent comprendre :

- évolution du véhicule sur une aire plane ;
- vitesse du véhicule stabilisée ;
- rotation lente du volant ;
- 10 - pression des pneus nominale ;
- sol sec.

Dans ces conditions, on peut établir la relation polynomiale, par exemple d'ordre trois, qui permet d'estimer la position angulaire θ^* en fonction de la vitesse
15 différentielle. Par utilisation de cette relation dans le dispositif d'analyse, on peut donc obtenir à chaque instant l'estimation θ^* de la position angulaire θ en fonction de la vitesse différentielle mesurée. A cet effet, le dispositif d'analyse est alimenté avec respectivement les vitesses des roues gauche V_g et droite V_d d'un même essieu et comprend des moyens de calcul agencés pour fournir la
20 vitesse différentielle.

Dans l'algorithme représenté sur la figure 3, il est prévu de déterminer deux estimations : une estimation grossière θ_2^* et une estimation fine θ_3^* qui sont
25 obtenues respectivement lorsque des conditions de roulage déterminées R_2 , R_3 sont respectées. L'estimation grossière θ_2^* est typiquement utilisée pour déterminer le tour ou le secteur de tour dans lequel le volant se situe et l'estimation fine θ_3^* pour déterminer la position angulaire absolue du volant avant qu'une séquence binaire unique ne soit complètement construite. Toutefois, le procédé peut être mis en œuvre en utilisant une seule estimation θ^*
30 dont la précision est suffisante pour déterminer les positions angulaires θ_2 et θ_3 comme décrit ci-dessous.

La procédure initiale prévoit également par comptage des variations de la position angulaire du codeur 1 (étape E) et détection des top tours (étape F), de construire la séquence binaire correspondant aux signaux A, B, C délivrés (étape G). Par exemple, en partant de la position indiquée par la flèche 7 sur la figure 1, la séquence construite est 1 puis 10 puis 100 puis 1001 puis 10011, cette dernière étant unique dans le motif binaire. La position angulaire représentée par la flèche 8 sur la figure 1 est la position angulaire absolue du codeur correspondant à cette séquence binaire unique.

10 Le procédé prévoit de déterminer si la séquence binaire construite est unique (test H).

Lorsque la séquence construite est unique, la position angulaire absolue du codeur est connue (étape I) et la position angulaire du volant θ_2 peut être connue (étape K₂) grâce à l'estimation θ_2^* (étape M₂) dès que celle-ci à une précision suffisante pour permettre de discriminer le tour ou éventuellement le secteur de tour sur lequel la séquence est unique. Dans l'exemple considéré ci-dessus, la séquence binaire 10011 permet de déterminer la position « ligne droite » en tant que position absolue sur le tour où la mesure est effectuée, et dès que la précision de l'estimation θ_2^* est inférieure à +/- 180° on peut discriminer la position entre -720°, -360°, 0°, 360° ou 720° (dans le cas où le volant 2 est agencé pour tourner de +/- 2 tours complets). Les conditions de roulage R₂ pour la détermination de θ_2^* sont donc prévues pour atteindre cette précision, par exemple une vitesse du véhicule supérieure à 2 km/h et un temps de déplacement supérieur à 400 ms permettent d'obtenir une précision typique de l'ordre de +/- 50°.

Dans le cas où la séquence construite n'est pas unique, le procédé initiale prévoit de tester (test J) si l'estimation θ_3^* permet de discriminer la position angulaire absolue θ_3 du volant qui correspond à la séquence binaire. Dans le cas où la séquence binaire construite est 001 qui a quatre occurrences dans le motif (-105°, -15°, 60°, 165°), une des occurrences est validé (étape K₁) dès que

la précision de l'estimation θ_3^* le permet, par exemple lorsque $\theta_3^* = 520^\circ \pm 15^\circ$, l'occurrence 165° est validée et $\theta_3 = 515^\circ$.

Dans un mode de réalisation, l'estimation fine θ_3^* est obtenue par détermination
 5 itérative de la différence moyenne entre les positions angulaires mesurées à partir des signaux A, B (étape E) et les positions angulaires calculées à partir de la vitesse différentielle des roues, et addition de ladite différence à la position angulaire mesurée à partir des signaux (A, B) (étape M₃). En effet, cette moyenne mobile point à point permet dans des conditions de roulage R₃ telles
 10 que vitesse du véhicule supérieure à 5 km/h et vitesse du volant inférieure à 20°/s, d'obtenir θ_3^* avec une précision inférieure à $\pm 15^\circ$ au bout de 2 secondes. Ce procédé de détermination de θ_3^* est décrit dans la demande de brevet français FR-0307002, dont le principe général est rappelé ci-dessous.

15 Dans ce procédé, on échantillonne la position angulaire $\delta(t_i)$ mesurée à partir des signaux A, B ainsi que la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_i)$ par exemple avec une période de l'ordre de 1 ms.

Pour chaque mesure de la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_i)$, on détermine par le
 20 calcul une estimation $\theta^*(t_i)$ de la position angulaire du volant, par exemple au moyen d'une relation bijective telle que mentionnée précédemment.

La position angulaire incrémentale $\delta(t_i)$ permet de connaître les variations de la position angulaire $\theta(t_i)$ au cours du temps, mais elle est décalée d'une valeur
 25 offset constante par rapport à ladite position angulaire absolue.

Le procédé selon ce mode de réalisation propose de calculer cette valeur en prévoyant, par exemple à chaque instant t_n , de déterminer la différence de la moyenne des vecteurs $\hat{\theta}^*(t_n) = [\theta^*(t_0), \dots, \theta^*(t_n)]$ et $\hat{\delta}(t_n) = [\delta(t_0), \dots, \delta(t_n)]$ de sorte à
 30 obtenir la différence moyenne $\text{offset}(t_n)$. En effet, la valeur $\text{offset}(t_n)$ correspond alors au minimum de la fonction de coût $\hat{\theta}^*(t_n) - \hat{\delta}(t_n) - \text{offset} * I_n$, I_n étant la matrice identité de dimension n.

Ainsi, le procédé prévoit d'utiliser l'ensemble des valeurs $\theta^*(t_i)$ et $\delta(t_i)$ de façon statistique de sorte à améliorer continument la précision de la moyenne offset(t_n) puisque le nombre de valeurs utilisées augmente avec le temps. En outre,
5 l'ensemble des perturbations affectant le calcul des estimations $\theta^*(t_i)$, par exemple telles que les défauts de planéité du sol, pouvant être supposé centré sur zéro, le calcul statistique proposé permet de converger rapidement vers la valeur offset recherchée.

10 Par conséquent, par addition entre la différence moyenne offset(t_n) et la position angulaire $\delta(t_n)$, l'estimation $\theta^*_3(t_n)$ de la position angulaire absolue du volant 2 peut être obtenue de façon itérative, en s'affranchissant pour une grande part des défauts de la zone de roulage.

15 Selon une réalisation, la précision de la détermination de la position angulaire absolue peut être améliorée en prévoyant de mettre en œuvre ce procédé dans des conditions de roulage déterminées. Par exemple, comme mentionné ci-dessus, les conditions de roulage R_3 peuvent comprendre une vitesse de rotation maximale du volant de sorte à limiter les perturbations liées au délai
20 d'inscription du véhicule dans la trajectoire et/ou une vitesse minimale du véhicule pour permettre d'améliorer la finesse des estimations. Dans un exemple numérique, la limite de vitesse du véhicule peut être fixée à 5 km/h et celle de la vitesse du volant à 20°/s. Ainsi, si ces conditions sont remplies pendant au moins 2 secondes, pas nécessairement consécutives, on peut
25 obtenir l'estimation θ^*_3 avec une précision typique de l'ordre de +/- 5°. Cette précision peut donc être obtenue au bout de 25 m de roulage et peut s'établir à +/- 2° au bout de 50 m de roulage.

Par ailleurs, le calcul de l'estimation θ^*_3 selon cette réalisation permet de
30 s'affranchir des défauts d'indexation mécanique entre le codeur 1 et le volant 2 puisque ceux-ci sont corrigés lors du calcul de la valeur offset.

Sur la base de la procédure initiale, le procédé de détermination prévoit d'utiliser une estimation θ^* , notamment θ_3^* , en tant que position angulaire absolue θ avant la détermination des positions angulaires θ_2 et θ_3 . Cette information, bien que moins précise, à l'avantage d'être disponible très rapidement. En outre, les conditions de roulage R_2 étant moins sévères que celles prévues en R_3 ,
5 l'estimation θ_2^* sera disponible avant l'estimation θ_3^* . Puis, lorsque l'une des positions angulaires θ_2 ou θ_3 est disponible, on utilise ladite position angulaire en tant que position angulaire initiale θ_0 . On détermine ainsi, à partir de cette position initiale, les variations de la position angulaire absolue θ au moyen des signaux A, B de sorte à connaître, en continu, ladite position grâce aux moyens
10 de comptage.

Le procédé prévoit donc d'utiliser la première information disponible parmi θ_2 ou θ_3 , ce qui permet, dans toutes les conditions de roulage, d'obtenir rapidement
15 une position angulaire absolue θ qui soit précise. En particulier, la position angulaire absolue du volant est disponible avant le seuil de 15 km/h au delà duquel elle est nécessaire au système de contrôle de trajectoire. En outre, il est à noter que la précision des estimations θ_2^* et θ_3^* s'améliore avec le temps de roulage et qu'elles permettent de s'affranchir pour une grande part de l'influence
20 du profil de la route (nid de poule, bosse) sur la vitesse des roues.

De façon schématique, on peut faire ressortir deux scénarii classiques :

- le véhicule démarre, roule et le conducteur tourne suffisamment le volant : θ_2 est alors disponible avant θ_3 ;
- 25 - le véhicule démarre, roule et le conducteur tourne peu le volant (de l'ordre de +/- 7,5° par exemple) : θ_3 est alors disponible avant θ_2 .

En variante, le procédé prévoit en outre, lorsque la position angulaire θ_0 est basée sur la position angulaire θ_3 , de recalibrer les positions angulaires θ
30 déterminées ultérieurement en fonction de la position angulaire θ_2 lorsque celle-ci est disponible de sorte à fiabiliser les positions angulaires obtenues.

- La procédure initiale décrite ci-dessus est notamment destinée à être utilisée lors de l'initialisation ou de la réinitialisation du système de détermination de sorte à recalibrer la position angulaire relative issue des signaux A, B. En outre, cette procédure peut être utilisée de façon itérative après le recalage pour
- 5 fiabiliser le procédé de détermination. Par ailleurs, on peut également prévoir que le procédé utilise d'autres estimateurs dynamiques de la position angulaire du volant, tel qu'un capteur de lacet, un accéléromètre ou un gyroscope, pour accélérer, contrôler et/ou fiabiliser les calculs réalisés.
- 10 Selon un mode de réalisation, le procédé comprend également une procédure de calibrage (voir figure 4) dans laquelle, préalablement à l'utilisation du système de détermination, la position angulaire du codeur est indexée électroniquement par rapport à la position angulaire du volant. En particulier, le
- 15 décalage de la position « ligne droite » 8 du codeur par rapport à la position « ligne droite » des roues du véhicule peut être déterminé. Cette procédure permet d'annuler les erreurs de positionnement angulaire du codeur lors de son montage sur le véhicule, et donc de s'affranchir d'une indexation mécanique précise du codeur par rapport à la position angulaire des roues.
- 20 La procédure de calibration prévoit de déterminer une estimation θ_4^* de la position angulaire absolue du volant au moyen du dispositif d'analyse dans des conditions de roulage R_4 particulières qui sont plus sévères en terme de temps et de vitesses que celles utilisées pour déterminer θ_2^* et θ_3^* . Par exemple, les
- 25 conditions de roulage peuvent imposer une plage de position angulaire du volant autour de la position « ligne droite » (par exemple +/- 45° autour de la ligne droite). Dans ces conditions, il est possible d'obtenir, par exemple en utilisant le même procédé de calcul (étape M_4) que celui décrit ci-dessus pour déterminer θ_3^* , la position angulaire θ_4^* avec une précision de +/- 2°. Par conséquent, l'estimation θ_4^* est disponible moins rapidement que les autres
- 30 estimations. En variante, en fonction de la précision de calibration que l'on souhaite obtenir, l'estimation θ_3^* peut être utilisée à la place de l'estimation θ_4^* .

Ensuite, on compare (étape L) l'estimation θ_4^* avec la position angulaire absolue θ déterminée par la méthode décrite ci-dessus, de sorte à en déduire le décalage angulaire M_0 entre le codeur et le volant. En effet, l'estimation θ_4^* est indépendante du montage du codeur et est fonction du cap du véhicule alors que l'angle absolue θ déterminée en fonction de θ_2 ou θ_3 dépend du montage du codeur. Par conséquent, un montage imprécis du codeur qui induit un décalage entre la position ligne droite du codeur et le cap du véhicule correspondant, typiquement mais pas limitativement compris entre +/- 15°, peut être corrigé de sorte à annuler ce décalage.

10

Cette indexation peut être réalisée en sortie de chaîne ou lors d'une opération de maintenance, la valeur M_0 pouvant être mémorisée de sorte à être utilisée lors de la détermination de la position angulaire initiale θ_0 pour corriger les estimations θ_2^* et θ_3^* obtenues. En variante, la procédure de calibration peut être réalisée plusieurs fois de sorte, en moyennant les valeurs de M_0 obtenues, à fiabiliser l'indexation réalisée.

15

Selon une réalisation, la procédure de calibration peut être effectuée de façon itérative de sorte à obtenir des décalages angulaires M_i qui sont utilisées au fur et à mesure de leur obtention pour la détermination de la position angulaire initiale θ_0 de façon actualisée vis-à-vis des conditions de roulage et des caractéristiques du véhicule. Ainsi, même en cas de défaut lié à une roue ou à un train de roue (tel que variation pression du pneu, réglage train), il est possible de déterminer les angles θ_2 et θ_3 de façon fiable.

20

Selon un mode de réalisation, le procédé selon l'invention prévoit également de déterminer la différence entre M_0 et M_i , et, si la différence est supérieure à un seuil, d'en déduire un défaut lié à une roue. En effet, si un des pneus est crevé, dégonflé ou si une roue de diamètre différent a été montée, cela se traduit par une dérive des valeurs M_i et le passage de la différence $|M_0 - M_i|$ au dessus d'un seuil qui permet la détection de ces événements. Cette détermination d'un défaut lié à une roue peut être affinée si nécessaire par filtrage des valeurs M_i ,

25

30

détection de dérive lente ou rapide, calcul au démarrage du véhicule ou dans une phase de roulage stationnaire.

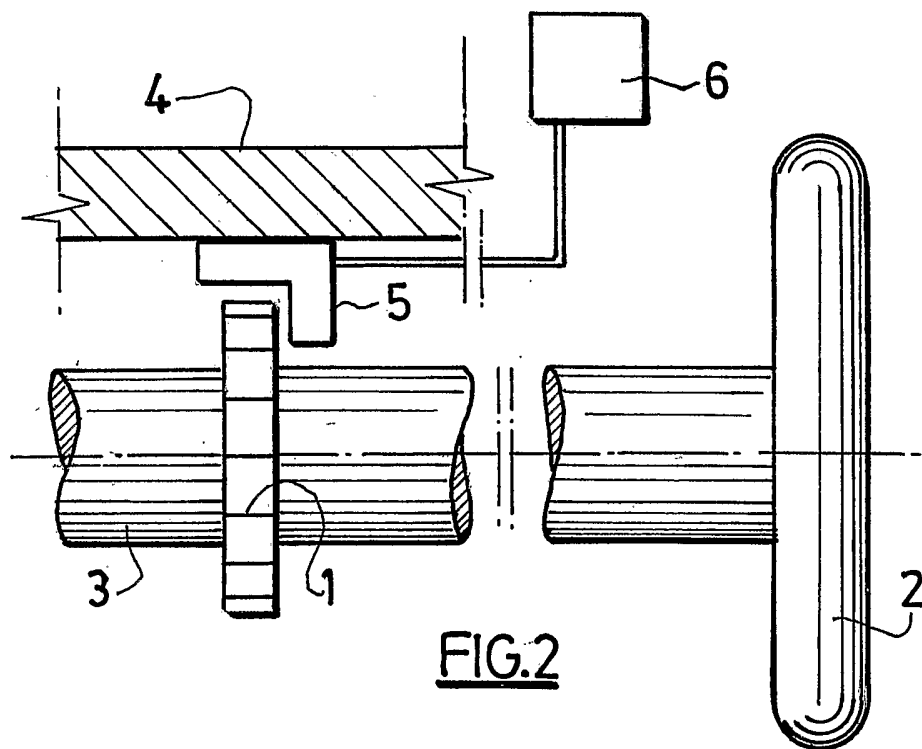
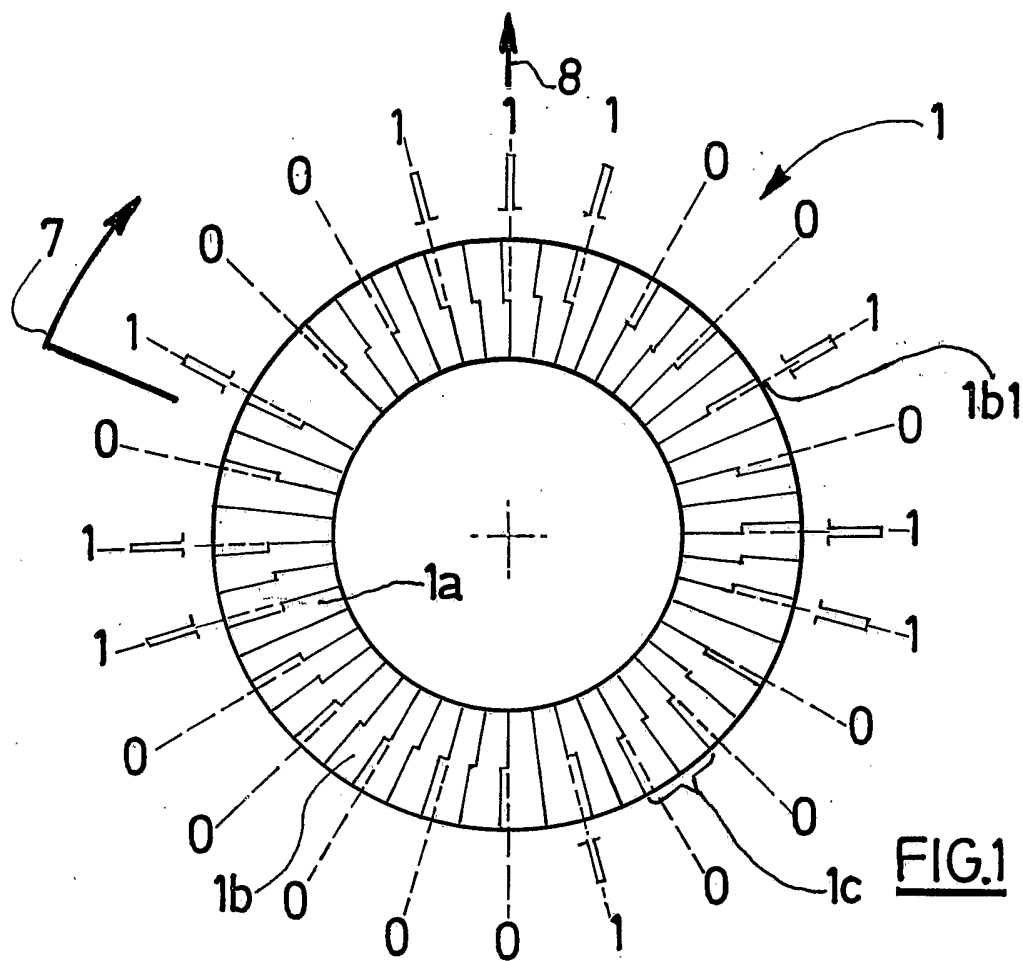
En variante, le procédé prévoit de déterminer le signe de la différence entre M_0 et M_i de sorte à en déduire la roue concernée par le défaut. En particulier, en 5 cas de crevaison, si $M_0 - M_i > 0$ la roue droite est concernée. La roue gauche est concernée dans l'occurrence opposée.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination de la position angulaire absolue θ du volant de direction (2) d'un véhicule automobile par rapport au châssis dudit véhicule, au moyen d'un système comprenant :
- un codeur (1) mis en rotation conjointement au volant (2), ledit codeur comprenant une piste multipolaire principale (1a) et une piste multipolaire dite « top tour » (1b) qui sont concentriques, ladite piste top tour comprenant M singularités (1b1) réparties angulairement ;
 - un capteur fixe (5) disposé en regard et à distance d'entrefer du codeur (1), comprenant un circuit électronique apte à délivrer deux signaux digitaux de position (A, B) carrés en quadrature qui sont représentatifs de la position angulaire du codeur (1) et un signal top tour (C) sous forme de M impulsions par tour du codeur (1), dans lequel les M singularités correspondantes (1b1) sont réparties angulairement de sorte que le signal top tour (C) soit agencé pour, en combinaison avec les signaux A et B, définir un motif binaire comprenant des séquences binaires uniques sur un tour ou sur un secteur de tour qui sont représentatives chacune d'une position angulaire absolue du codeur (1) sur le tour ou sur le secteur ;
 - un dispositif de traitement (6) des signaux (A, B, C) qui comprend des moyens de comptage aptes à déterminer, à partir d'une position initiale, les variations de la position angulaire du codeur (1) ;
 - un dispositif d'analyse de la vitesse différentielle des roues d'un même essieu du véhicule qui est apte à déterminer une estimation de la position angulaire absolue du volant (2) en fonction de ladite vitesse différentielle ;
- Ledit procédé comprenant la procédure initiale prévoyant de :
- déterminer au moins une estimation θ^* de la position angulaire absolue du volant (2) au moyen du dispositif d'analyse ;
 - construire la séquence binaire correspondant aux signaux (A, B, C) délivrés ;
 - déterminer si la séquence binaire est unique ;
 - si oui, tester si une estimation θ^* permet de discriminer la position angulaire absolue du codeur (1) dans le cas où la séquence binaire est unique sur un

- secteur et de discriminer la position angulaire absolue du volant (2) θ_2 qui correspond à la séquence binaire unique ;
- si non, tester si une estimation θ^* permet de discriminer la position angulaire absolue θ_3 du volant (2) qui correspond à la séquence binaire ;
- 5 Dans lequel une estimation θ^* est utilisée en tant que position angulaire absolue θ avant la détermination des positions angulaires θ_2 et θ_3 , puis, lorsqu'une des positions angulaires θ_2 ou θ_3 est disponible, utiliser ladite position angulaire en tant que position angulaire initiale θ_0 pour déterminer, à partir de cette position initiale, les variations de la position angulaire absolue θ au moyen des signaux
- 10 (A, B).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il prévoit en outre, lorsque la position angulaire θ_0 est basée sur la position angulaire θ_3 , de recalibrer les positions angulaires θ déterminées ultérieurement en fonction de la position
- 15 angulaire θ_2 lorsque celle-ci est disponible.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la détermination de l'estimation θ^* est mise en œuvre dans des conditions de roulage déterminées.
- 20
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il prévoit de déterminer deux estimations θ_2^* et θ_3^* en fonction respectivement de conditions de roulage déterminées, l'estimation grossière θ_2^* étant utilisée pour discriminer la position angulaire θ_2 et l'estimation fine θ_3^* étant utilisée pour discriminer la
- 25 position angulaire θ_3 .
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'estimation fine θ_3^* est obtenue par détermination itérative de la différence moyenne entre les positions angulaires mesurées à partir des signaux (A, B) et les positions
- 30 angulaires calculées à partir de la vitesse différentielle des roues, et addition de ladite différence à la position angulaire mesurée à partir des signaux (A, B).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la mesure de la vitesse différentielle est effectuée sur les roues non motrices.
- 5 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend une procédure de calibration dans laquelle, dans des conditions de roulage particulières :
- on détermine une estimation θ_4^* de la position angulaire absolue du volant (2) au moyen du dispositif d'analyse ;
 - 10 - on compare l'estimation θ_4^* avec la position angulaire absolue θ déterminée de sorte à en déduire le décalage angulaire (M_0) entre le codeur (1) et le volant (2).
8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la procédure de calibration est effectuée de façon itérative de sorte à obtenir des décalages angulaires (M_i).
- 15 9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que le décalage (M_0) ou les décalages (M_i) sont utilisés lors de la détermination de la position angulaire initiale θ_0 .
- 20 10. Procédé selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il prévoit de déterminer la différence entre M_0 et M_i , et, si la différence est supérieure à un seuil, d'en déduire un défaut lié à une roue.
- 25 11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il prévoit de déterminer le signe de la différence entre M_0 et M_i de sorte à en déduire la roue concernée par le défaut.



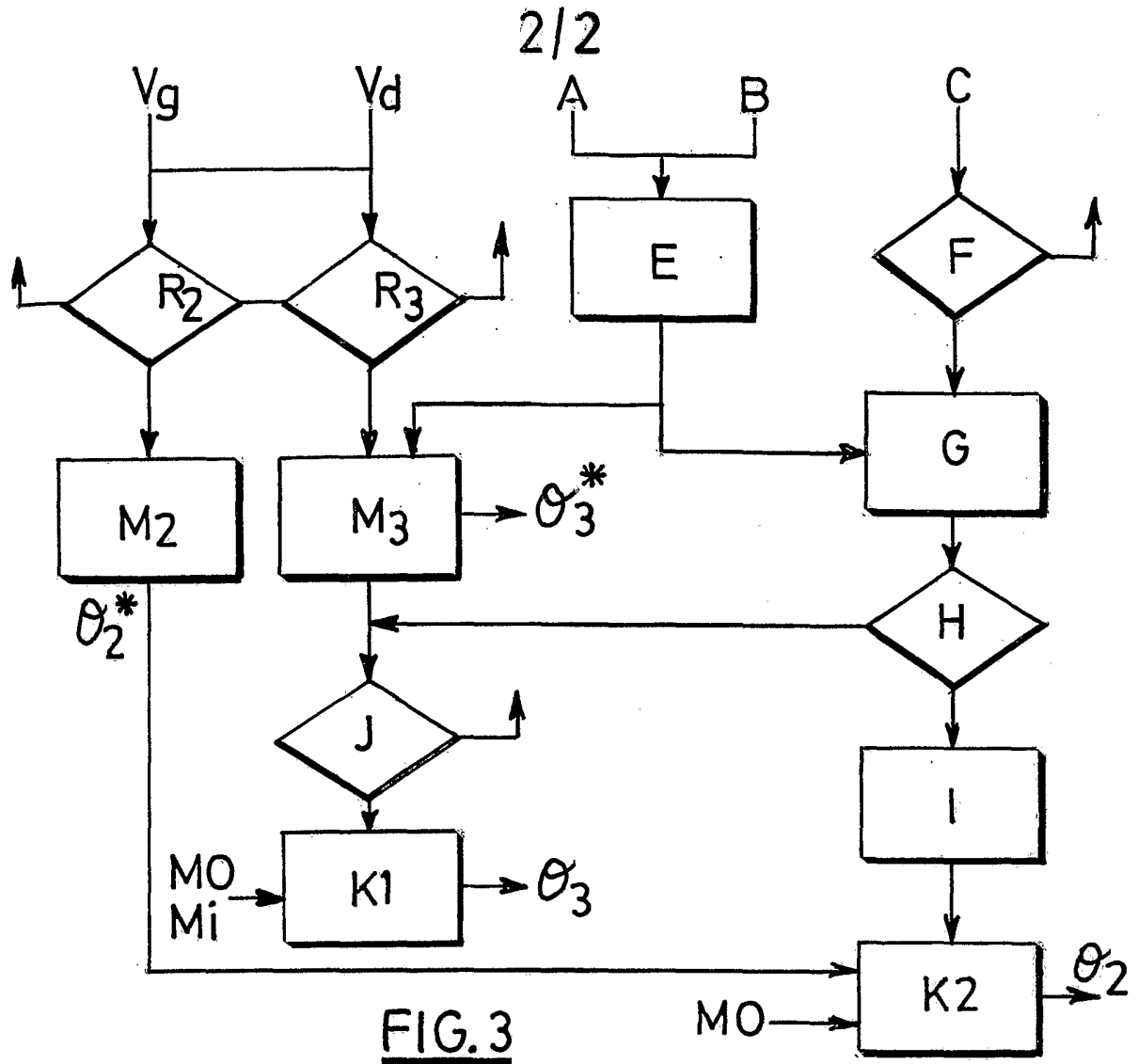


FIG. 3

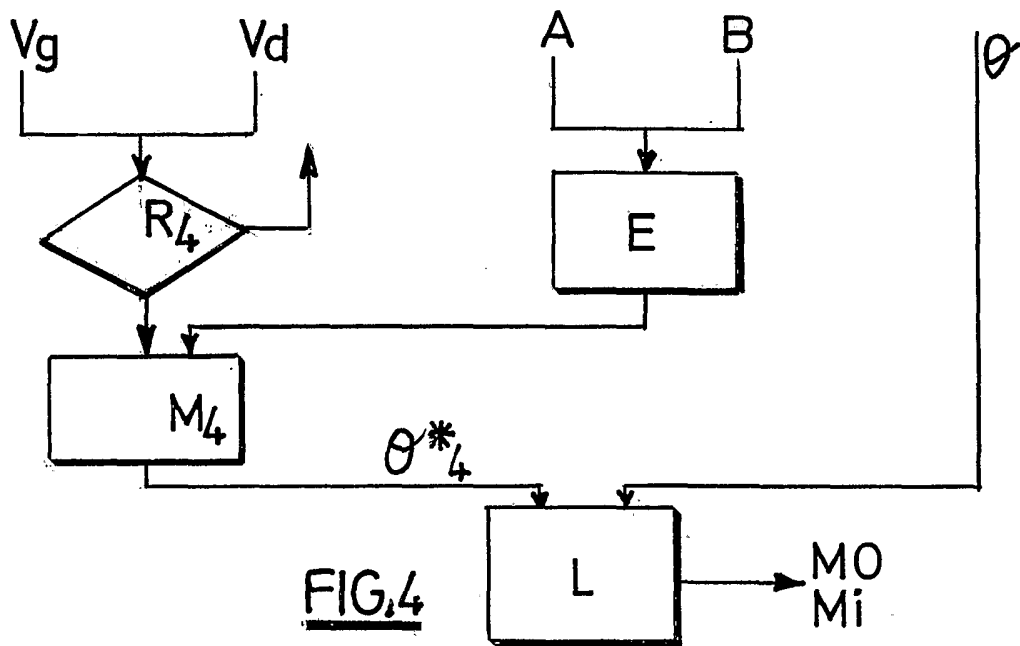


FIG. 4