

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 22.10.98.

30 Priorité : 24.10.97 DE 19747093.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 30.04.99 Bulletin 99/17.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
 — DE.

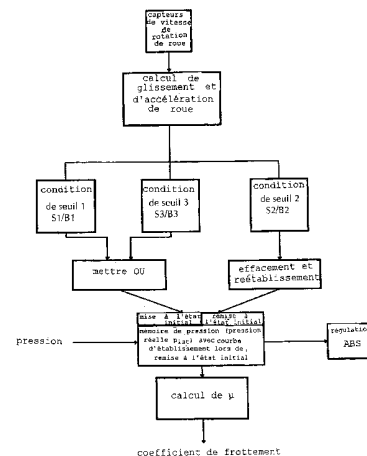
72 Inventeur(s) : **ZITTLAU KIRK.**

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : **CABINET DE BOISSE.**

54 **PROCEDE DE FREINAGE A ACTIONNEMENT ELECTRIQUE D'UN VEHICULE AUTOMOBILE ET SYSTEME DE FREINAGE A ACTIONNEMENT ELECTRIQUE.**

57 Les vitesses de roue sont mesurées, des actionneurs de frein de roue électriques à action continue appliquent à chaque roue une pression de freinage indépendante, le glissement et l'accélération de roue sont calculés pour chaque roue, la valeur réelle momentanée de pression de freinage au franchissement d'une valeur de seuil de glissement et/ ou d'accélération de roue est mise en mémoire, le quotient est formé à partir de la valeur réelle en mémoire et d'une valeur de pression caractéristique du véhicule pour un coefficient de frottement $\mu = 1$ pour la roue considérée et un premier coefficient de frottement μ_G est estimé, une régulation antiblocage de pression de frein est effectuée à l'aide du coefficient estimé, le premier coefficient estimé est effacé au franchissement d'une deuxième valeur de seuil de glissement et/ ou d'accélération de roue vers le bas et il est remplacé par un coefficient estimé chaque fois nouveau qui peut être augmenté jusqu'à la valeur correspondant à une voie de roulement sèche et la pression de freinage en mémoire est utilisée comme valeur de consigne de régulation antiblocage.



De nouvelles exigences imposées aux systèmes de freinage de véhicules automobiles - comme par exemple des systèmes antiblocage, des régulations de stabilité de conduite, des contrôles de traction ou des régulations de glissement de traction, ce qu'il est convenu d'appeler des tempomates intelligents, etc. - ont, en commun avec l'exigence d'une réduction des coûts de montage et d'entretien, conduit au développement de nouveaux systèmes de freinage à commande et actionnement purement électriques (aussi appelés "break-by-wire" ou freinage-par-fil). Dans un système connu de freinage de ce type, les vitesses des différentes roues du véhicule sont mesurées au moyen de senseurs de roue et des actuateurs de frein de roue à action continue sont commandés électriquement d'une manière individuelle de façon à exercer une pression de frein indépendante sur chaque roue (DE 195 48 392 A1). Un dispositif central de commande analyse les signaux des senseurs et réalise une régulation antiblocage de la pression de freinage sur les différentes roues.

Dans un autre système connu de freinage à freins de roue à actionnement hydraulique et à régulation individuelle prévue pour deux roues disposées à gauche et à droite par rapport à la direction de roulement, la force de freinage exercée sur la roue présentant le coefficient de frottement le plus élevé est établie, maintenue constante ou réduite avec un certain retard en vue de réduire le couple de lacet dans le cas de coefficients de frottement différents (DE 195 42 295 A1). Les coefficients de frottement sont relevés, la re-accélération sur les roues étant analysée après une décélération de roue. La roue présentant le coefficient de frottement le plus élevé est déduite d'une comparaison des coefficients de frottement relevés sur des roues situées sur le côté droit et le côté gauche du véhicule.

Un autre système de régulation antiblocage comporte des phases de régulation à une valeur de glissement de

consigne et des phases de commande de pression de frein en cas d'instabilités de la roue (DE 40 34 814 A1). Le glissement de consigne est déterminé à partir d'un coefficient de frottement maximal relevé et la pression de 5 frein commandée est déterminée à partir de la valeur de glissement lors de l'apparition du coefficient de frottement maximal. Le système de régulation antiblocage convient notamment pour des poids lourds. Dans ce cas, le coefficient de frottement, la valeur maximale du 10 coefficient de frottement et en outre une valeur de glissement sont déterminés au moyen de calculs et procédés d'approximation mathématiques très complexes.

Dans un procédé de détermination du coefficient de frottement, la vitesse du véhicule, la vitesse de rotation 15 d'une roue et la pression de frein de roue sont mesurées d'une manière continue. A l'aide de l'accélération angulaire de la roue déterminée à partir de la vitesse de rotation et à l'aide de la pression de frein, au moyen d'un algorithme d'estimation de type récurrent, le 20 coefficient de frottement est déterminé en fonction du glissement de roue et est utilisé pour une régulation plus précise du système antiblocage (EP 0 630 786 A1).

Egalement dans des systèmes de freinage à actionnement purement électrique, un blocage d'une roue 25 freinée devrait être empêché, ce qui signifie qu'ils doivent être pourvus d'un système antiblocage (ABS). Un tel système présente des analogies avec des systèmes antiblocage classiques présents dans des systèmes de freinage hydrauliques ou partiellement hydrauliques, mais 30 il en diffère notamment en ce qui concerne les actionneurs. Dans des systèmes électriques de freinage, des organes de réglage fonctionnant d'une manière continue sont utilisés pour appliquer la pression de frein de roue. Toutefois, pour un freinage le plus efficace possible, 35 mais exempt de blocage, la connaissance précise du coefficient de frottement ou valeur de frottement entre le pneumatique et la voie de roulement est important.

L'invention a pour but de fournir un procédé de freinage à l'aide de systèmes de freinage à actionnement électrique, ainsi qu'un système de freinage correspondant qui utilisent les avantages d'une connaissance précise du
5 coefficient de frottement roue-voie de roulement.

Dans ce but, l'invention a pour objet un procédé de freinage à actionnement électrique d'un véhicule automobile, qui comporte les opérations suivantes :

- les vitesses des différentes roues du véhicule
10 automobile sont mesurées au moyen de senseurs de roue,
- des actionneurs de frein de roue électriques et agissant d'une manière continue sont commandés individuellement, de façon qu'ils appliquent à chaque roue une pression de freinage indépendante,
- 15 - dans un dispositif de commande, les opérations suivantes de calcul et de commande sont effectuées :
 - le glissement de roue et l'accélération de roue sont calculés pour chaque roue,
 - la valeur réelle momentanée de la pression de
20 freinage lorsqu'une première valeur de seuil préfixée prévue pour le glissement de roue et/ou l'accélération de roue est franchie vers le haut est rangée en mémoire,
 - le quotient est formé à partir de la valeur réelle rangée en mémoire et d'une valeur de pression
25 caractéristique pour le véhicule pour un coefficient de frottement $\mu = 1$ pour la roue considérée et, à l'aide de celui-ci, un premier coefficient de frottement est estimé,
 - une régulation antiblocage de la pression de freinage sur les différentes roues est effectuée à l'aide
30 du coefficient de frottement estimé, conformément à un algorithme préfixé,
 - le premier coefficient de frottement estimé est effacé lorsqu'une deuxième valeur de seuil prévue pour le glissement de roue et/ou l'accélération de roue est
35 franchie vers le bas et il est remplacé par un coefficient de frottement estimé chaque fois nouveau qui peut être

augmenté jusqu'à la valeur correspondant à une voie de roulement sèche et

- la pression de freinage rangée en mémoire est utilisée comme valeur de consigne pour une régulation
5 antiblocage de la pression de frein.

Dans le même but, l'invention a pour objet un système de freinage comportant les éléments constitutifs suivants :

- des senseurs de vitesse de roue disposés sur au
10 moins une partie des roues du véhicule automobile,

- des actionneurs de frein de roue à actionnement électrique et agissant d'une manière continue qui sont commandés individuellement, de façon à appliquer sur chaque roue ou chaque groupe de roues une pression de
15 freinage indépendante,

- un dispositif électronique de commande,

-- par lequel les signaux de senseur sont analysés et les actionneurs de frein de roue sont commandés et

-- au moyen duquel le glissement de roue et
20 l'accélération de roue sont calculés pour chaque roue, caractérisé en ce que, dans le dispositif de commande :

-- la valeur réelle momentanée de la pression de freinage lorsqu'une première valeur de seuil préfixée
25 prévue pour le glissement de roue et/ou l'accélération de roue est franchie vers le haut est rangée en mémoire,

-- le quotient est formé à partir de la valeur réelle rangée en mémoire et d'une valeur de pression caractéristique pour le véhicule pour un coefficient de
30 frottement $\mu = 1$ pour la roue considérée et, à l'aide de celui-ci, un premier coefficient de frottement est estimé,

-- une régulation antiblocage de la pression de freinage sur les différentes roues est effectuée à l'aide du coefficient de frottement estimé, conformément à un
35 algorithme préfixé,

-- le premier coefficient de frottement estimé est effacé lorsqu'une deuxième valeur de seuil prévue pour le

glissement de roue et/ou l'accélération de roue est franchie vers le bas et il est remplacé par un coefficient de frottement estimé chaque fois nouveau qui peut être augmenté jusqu'à la valeur correspondant à une voie de roulement sèche et

- la pression de freinage rangée en mémoire est utilisée comme valeur de consigne pour une régulation antiblocage de la pression de freinage.

Le procédé conforme à l'invention peut aussi présenter une ou plusieurs des particularités suivantes:

- la pression de freinage de roue sur une roue individuelle est augmentée, une fois la deuxième valeur de seuil franchie vers le bas, jusqu'à atteindre la première valeur de seuil, puis la pression de freinage est augmentée sur les autres roues jusqu'à la valeur correspondante,

- lors de l'estimation de coefficient de frottement, il est tenu compte d'une diminution de l'action du frein (ou "fading"),

- la valeur réelle de la pression de freinage est rangée en mémoire lorsqu'est franchie vers le haut une troisième valeur de seuil qui est supérieure à la première valeur de seuil et, ainsi, la valeur réelle déterminée en premier lieu est remplacée par une valeur plus actualisée,

- la décélération pouvant être atteinte et la pression de freinage pouvant être atteinte sans tendance au blocage sont déterminées à partir du coefficient de frottement déterminé pour la régulation antiblocage,

- le rapport de la valeur réelle, en mémoire, de la pression de freinage à la pression de blocage pour la roue dans le cas où $\mu = 1$ est utilisé comme valeur d'estimation pour le coefficient de frottement.

L'invention a encore pour objet un système de freinage à actionnement électrique, caractérisé en ce qu'il est commandé suivant le procédé défini plus haut, éventuellement présentant une ou plusieurs des particularités ci-dessus.

Les avantages de l'invention résident notamment dans le fait que la connaissance du coefficient de frottement (parfois appelé aussi valeur de frottement) fournit une régulation précise à faible modulation de pression, étant
5 donné que la décélération maximale pouvant être obtenue et donc une pression de freinage pouvant être au plus transformée, peuvent être déterminées. En outre, le coefficient de frottement peut être utilisé comme grandeur d'entrée pour un modèle de véhicule à deux voies. A l'aide
10 de ce modèle, il est possible de calculer, à partir des grandeurs d'entrée que sont les vitesses de rotation de roue, l'angle de braquage et les coefficients de frottement, des paramètres importants du véhicule qui peuvent être utilisés pour différentes fonctions du
15 véhicule (par exemple calcul du glissement pour l'ABS et calcul de l'angle de flottement pour la régulation de comportement dynamique de conduite).

La connaissance du coefficient de frottement est particulièrement utile dans le cas d'une régulation
20 analogique de l'opération de freinage dans un véhicule automobile. En premier lieu, le calcul de glissement peut être amélioré au moyen d'une information concernant le coefficient de frottement et, en second lieu, la qualité de régulation peut être nettement améliorée, la pression
25 de frein de consigne ou la force de freinage de consigne étant amenées à une valeur adaptée aux conditions de frottement. Ainsi, pour un coefficient de frottement $\mu = 1$, pour un véhicule donné, une pression de blocage de 100 bars est nécessaire, mais, en revanche, la pression de
30 blocage n'est que d'environ 50 bars pour un coefficient de frottement $\mu = 0,5$. Il en ressort qu'il n'est pas judicieux d'appliquer une pression de freinage plus élevée tant que les conditions de frottement entre la roue et la voie de roulement ne sont pas modifiées.

35 Un exemple de mise en oeuvre de l'invention est exposé ci-après en regard des dessins. On voit :

à la figure 1, un système de freinage à commande et actionnement électriques d'un véhicule automobile et,

à la figure 2, un schéma fonctionnel d'un procédé conforme à l'invention se déroulant dans le système de 5 freinage de la figure 1.

Le système de freinage 1 (figure 1), prévu pour un véhicule automobile à quatre roues qui n'est pas représenté ici plus précisément, comporte quatre freins 2 qui comprennent chacun un disque de frein 3 et un 10 dispositif d'actionnement se présentant sous la forme d'un actionneur de frein de roue 4 - appelé aussi ci-après actionneur de frein de roue ou seulement actionneur. Chacun des actionneurs de frein de roue 4 est intégré dans un étrier de frein 5 associé, c'est-à-dire assemblé avec 15 celui-ci de façon à former un ensemble unitaire. L'étrier de frein 5 est réalisé sous forme d'un étrier flottant et, lors d'un actionnement de l'actionneur 4, il exerce un couple de freinage sur le disque de frein 3 par l'intermédiaire de garnitures de frein 6.

20 Les actionneurs de frein de roue 4 sont alimentés en énergie électrique par une batterie 8 par l'intermédiaire de lignes d'alimentation 9.

Un dispositif électronique de commande 10 (ou "ECU") analyse des signaux provenant de capteurs de vitesse de 25 rotation de roue, ou senseurs, 12 qui sont prévus sur chaque roue. Les signaux de ces capteurs parviennent au dispositif de commande 10 par des lignes de signaux 14. Le dispositif de commande 10 est aussi relié à un générateur de valeur de freinage ou simulateur de pédale 15 qui est 30 actionné par le conducteur du véhicule au moyen d'une pédale 16. Le simulateur de force de pédale 15 transforme le mouvement de la pédale de frein 16, c'est-à-dire la force exercée comme à l'accoutumée par le conducteur et la course de pédale, en signaux électriques qui sont envoyés 35 au dispositif de commande 10 par l'intermédiaire de lignes de signaux 20. Au moyen de plusieurs senseurs - un ou deux capteurs de course 18 et un ou deux capteurs de pression

19, l'actionnement de la pédale est transformé en signaux électriques qui parviennent par des lignes de signaux 20 au dispositif de commande 10 et sont analysés dans celui-ci.

5 A partir des signaux des senseurs, le dispositif de commande détermine des valeurs de consigne pour l'actionnement du frein et les transmet par des lignes 22 aux différents actionneurs de frein de roue 4. Pour calculer les valeurs de consigne destinées aux
10 actionneurs, lors d'une intervention de régulation antiblocage ou de stabilité de conduite, le dispositif de commande 10 analyse d'autres signaux de senseur, par exemple les signaux des capteurs de vitesse de rotation 12 et des signant de capteurs d'accélération transversale et
15 de vitesse angulaire de lacet qui ne sont pas exposés ici plus précisément étant donné qu'ils sont connus par eux-mêmes.

Ainsi les actionneurs de frein de roue 4 peuvent être prévus sur chaque roue ou aussi seulement sur des groupes
20 de roues. Il sont actionnés ou réglés d'une manière continue par la voie électrique et ils produisent, pour chaque roue ou pour chaque groupe de roues, une pression de freinage indépendante.

Les calculs suivants sont effectués dans le
25 dispositif électronique de commande 10 (figure 2) :

a) A partir de signaux qui sont délivrés par les capteurs de vitesse de rotation de roue 12, le glissement de roue et l'accélération de roue sont calculés pour chaque roue.

30 b) La pression de frein se présentant chaque fois lors du franchissement vers le haut d'une première valeur de seuil S1 prévue pour le glissement de roue ou d'une première valeur de seuil B1 prévue pour l'accélération de roue (condition de seuil 1) est rangée en mémoire.

35 c) Une régulation ABS, c'est-à-dire une régulation de pression de frein au moyen de laquelle un blocage des roues freinées est empêché, est exécutée.

d) La valeur de frein en mémoire est augmentée, conformément à une relation préfixée, lors du franchissement vers le bas d'une deuxième valeur de seuil S2 prévue pour le glissement ou d'une deuxième valeur de seuil B2 (condition de seuil 2) prévue pour l'accélération de roue.

e) Le coefficient de frottement est calculé ou estimé au moyen d'une comparaison de la valeur de pression de frein en mémoire et d'une valeur de la pression de blocage, pour une chaussée sèche, rangée en mémoire pour le véhicule chaque fois considéré.

f) La pression de freinage en mémoire est utilisée comme valeur cible pour la régulation ABS et on obtient ainsi un meilleur comportement de régulation (avec une faible modulation de pression).

Les pas a) à f) sont traités d'une manière continue, en boucle.

Les capteurs de vitesse de rotation 12 situés sur chaque roue transmettent un signal de vitesse de rotation de roue au dispositif de commande 10. Le glissement de roue est déterminé d'une manière connue à partir de ces vitesses de rotation de roue, une vitesse de référence de véhicule étant par exemple déterminée à partir de la roue non motrice la plus rapide en tenant compte de courses de braquage et le glissement d'une roue étant calculé comme rapport entre la vitesse de rotation de roue mesurée et la vitesse de référence de véhicule. En outre, pour chaque roue, une pression de freinage de consigne ou une force de freinage de consigne est produite, en tant que souhait de freinage, par le conducteur ou par un système électronique de freinage (par exemple une commande de comportement dynamique de conduite). Au moyen d'un algorithme qui n'est pas concerné par la présente invention, le blocage d'une roue est empêché du fait que cette valeur de consigne est réduite.

Indépendamment de cet algorithme, le coefficient de frottement pneumatique-voie de roulement est déterminé comme suit, conformément à l'invention :

Lors du franchissement vers le haut d'une valeur de 5 seuil de glissement S1 préfixée d'une manière fixe et/ou d'une valeur de seuil d'accélération de roue B1 préfixée, la pression réelle produite d'une manière actuelle par les actionneurs de frein de roue 4 est rangée en mémoire. Cette valeur en mémoire est conservée jusqu'à ce qu'une 10 deuxième valeur de seuil de glissement S2 et/ou une valeur de seuil d'accélération de roue B2 soient franchies vers le bas pendant un intervalle de temps déterminé. Ensuite, la valeur en mémoire fait l'objet d'une approximation, suivant une augmentation se déroulant dans le temps d'une 15 manière déterminée, par rapport à la valeur de consigne préfixée par le conducteur ou d'une autre manière. L'approximation peut avoir lieu suivant une augmentation se déroulant d'une manière exponentielle préfixée ou, au contraire, suivant un déroulement dans le temps dépendant 20 des paramètres que sont la vitesse de véhicule, le niveau de pression actuel et la durée du franchissement de la valeur de seuil vers le bas.

Les valeurs de seuil S1 et B1 sont choisies de façon qu'un blocage de roue commençant soit constaté d'une 25 manière sûre, mais qu'une régulation ABS ayant lieu simultanément n'influe pas encore trop fortement sur la pression. Les deuxièmes valeurs de seuil S2 et B2 et la condition temporelle associée sont choisies de façon que la fin de la tendance au blocage soit constatée d'une 30 manière sûre.

La pression réelle p_{Ist} constitue, lors du franchissement de la valeur de seuil vers le haut au début d'une tendance au blocage de la roue, une mesure pour la force de freinage maximale pouvant être transmise sur la 35 voie de roulement. Si on met cette valeur en relation avec une pression limite typique pour le véhicule pour un

coefficient de frottement $\mu = 1$, on obtient une valeur estimée μ_s pour le coefficient de frottement actuel.

$$\mu_s = \frac{\text{pression réelle en mémoire}}{\text{pression de blocage pour la roue pour } m = 1} \quad \text{équation (1)}$$

5 Le calcul est effectué individuellement pour toutes les roues objet de la régulation et une valeur moyenne est alors formée à partir de tous les résultats.

En liaison avec l'équation (1), il convient de tenir compte de ce qui suit :

10 I) Réduction d'action du frein ("fading") : lorsque le frein s'échauffe, l'action du frein diminue pour une pression de frein restant identique. Le coefficient de frottement serait alors estimé trop haut. Cela peut par exemple être corrigé au moyen d'une décélération du
15 véhicule calculée à partir des vitesses de rotation de roue.

II) Il convient de tenir compte de l'influence de l'état de charge du véhicule.

20 III) L'influence d'un virage (augmentation et diminution de charge sur les différentes roues) est déjà éliminée dans une large mesure au moyen de la formation de valeur moyenne entre les roues. A partir d'une vitesse en virage dépendant du véhicule, le coefficient de frottement n'est plus valable.

25 IV) L'influence de l'angle d'inclinaison de la voie de roulement peut être négligée dans un large domaine.

La qualité de l'estimation dépend donc de différents paramètres. Pour une estimation grossière (précision de 20%), jusqu'à $\mu = 0,1$, il suffit de tenir compte de la
30 réduction d'action ("fading") et de la charge. Le procédé conforme à l'invention a alors l'avantage qu'une commande de frein effective est effectuée d'une manière simple et sûre dans un système électrique de freinage et qu'aucun senseur supplémentaire n'est nécessaire à cet effet. En
35 outre, il s'est avéré favorable de renouveler le coefficient de frottement en mémoire lorsqu'une troisième

valeur de seuil S3 ou B3 est franchie vers le haut. S3 et B3 sont des valeurs relativement élevées au voisinage du blocage de roue.

Ce coefficient de frottement ainsi déterminé est
 5 utilisé pour régler la valeur de consigne de la pression de frein qui doit être réglée lors de la régulation ABS. De ce fait, une plus grande qualité de régulation peut être obtenue, la valeur de freinage de consigne, préfixée par le conducteur et ayant subi l'influence de la
 10 correction, étant d'abord adaptée au coefficient de frottement. Si par exemple un coefficient de frottement $\mu = 0,5$ est estimé, il apparaît que, si la pression de blocage est de 100 bars pour un coefficient de frottement $\mu = 1$, la régulation ABS fonctionne avantageusement avec
 15 une pression de consigne d'approximativement $0,5 \times 100$ bars + k %. k est un supplément d'environ 10 à 30 % servant à compenser des imprécisions de l'estimation.

La décélération α pouvant être obtenue et la pression de freinage pouvant être obtenue sans tendance au blocage
 20 sont déterminées à partir du coefficient de frottement μ_S déterminé pour la régulation antiblocage, au moyen de l'équation (2) suivante qui n'est pas une équation sans dimension. On obtient ainsi un meilleur comportement de régulation présentant une modulation de pression qui est
 25 faible.

$$a(m/s^2) = 10 * \eta_S \quad \text{équation (2)}$$

Un autre point à prendre en considération est le
 suivant : lorsque la valeur de consigne imposée par la régulation ABS a été soumise à l'influence de l'estimation
 30 de μ , un coefficient de frottement homogène ou un coefficient de frottement qui va en diminuant peut faire l'objet d'une bonne estimation à l'aide du procédé conforme à l'invention. En tout état de cause, un coefficient de frottement qui va en augmentant ne
 35 s'établit que lentement, à savoir en fonction de la vitesse d'augmentation après franchissement du seuil de glissement vers le bas.

C'est pourquoi l'augmentation du coefficient de frottement rangé en mémoire après franchissement des seuils S2 et/ou B2 vers le bas doit être choisie avec une pente suffisamment grande pour que, lors d'un passage
5 rapide d'un faible coefficient de frottement à un coefficient de frottement élevé, la valeur plus élevée soit atteinte suffisamment rapidement pour éviter un très long sous-freinage dû à un établissement de pression trop lent. Par ailleurs, l'augmentation ne devrait pas être
10 trop forte au point que la régulation en devienne trop peu stable du fait d'un franchissement permanent de la limite de blocage vers le haut.

L'expression pression de freinage a été largement utilisée dans la présente description, mais celle-ci est
15 équivalente à l'expression force de freinage. Les deux grandeurs sont l'une vis-à-vis de l'autre dans un rapport fixe qui dépend des dimensions géométriques du frein.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de freinage à actionnement électrique d'un véhicule automobile,
caractérisé en ce qu'il comporte les opérations
- 5 suivantes :
- les vitesses des différentes roues du véhicule automobile sont mesurées au moyen de senseurs de roue,
 - des actionneurs de frein de roue électriques et agissant d'une manière continue sont commandés

10 individuellement, de façon qu'ils appliquent à chaque roue une pression de freinage indépendante,

 - dans un dispositif de commande, les opérations suivantes de calcul et de commande sont effectuées :
 - le glissement de roue et l'accélération de roue

15 sont calculés pour chaque roue,

 - la valeur réelle momentanée de la pression de freinage lorsqu'une première valeur de seuil préfixée prévue pour le glissement de roue et/ou l'accélération de roue est franchie vers le haut est rangée en mémoire,

20 -- le quotient est formé à partir de la valeur réelle rangée en mémoire et d'une valeur de pression caractéristique pour le véhicule pour un coefficient de frottement $\mu = 1$ pour la roue considérée et, à l'aide de celui-ci, un premier coefficient de frottement (μ_g) est

25 estimé,

 - une régulation antiblocage de la pression de freinage sur les différentes roues est effectuée à l'aide du coefficient de frottement estimé, conformément à un algorithme préfixé,

30 -- le premier coefficient de frottement estimé est effacé lorsqu'une deuxième valeur de seuil prévue pour le glissement de roue et/ou l'accélération de roue est franchie vers le bas et il est remplacé par un coefficient de frottement estimé chaque fois nouveau qui peut être

35 augmenté jusqu'à la valeur correspondant à une voie de roulement sèche et

- la pression de freinage rangée en mémoire est utilisée comme valeur de consigne pour une régulation antiblocage de la pression de freinage.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la pression de freinage de roue sur une roue individuelle est augmentée, une fois la deuxième valeur de seuil franchie vers le bas, jusqu'à atteindre la première valeur de seuil, puis la pression de freinage est augmentée sur les autres roues jusqu'à la valeur correspondante.

3. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, lors de l'estimation de coefficient de frottement, il est tenu compte d'une diminution ("fading") de l'action du frein.

4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la valeur réelle de la pression de freinage est rangée en mémoire lorsqu'est franchie vers le haut une troisième valeur de seuil qui est supérieure à la première valeur de seuil et, ainsi, la valeur réelle déterminée en premier lieu est remplacée par une valeur plus actualisée.

5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la décélération pouvant être atteinte et la pression de freinage pouvant être atteinte sans tendance au blocage sont déterminées à partir du coefficient de frottement déterminé pour la régulation antiblocage.

6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le rapport de la valeur réelle, en mémoire, de la pression de freinage à la pression de blocage pour la roue dans le cas où $\mu = 1$, est utilisé comme valeur d'estimation pour le coefficient de frottement (μ_S).

7. Système de freinage à actionnement électrique, caractérisé en ce qu'il est commandé conformément à un procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6.

8. Système de freinage comportant les éléments constitutifs suivants :

- des senseurs de vitesse de roue disposés sur au moins une partie des roues du véhicule automobile,
- 5 - des actionneurs de frein de roue à actionnement électrique et agissant d'une manière continue qui sont commandés individuellement, de façon à appliquer sur chaque roue ou chaque groupe de roues une pression de freinage indépendante,
- 10 - un dispositif électronique de commande (10),
 - par lequel les signaux de senseur sont analysés et les actionneurs de frein de roue sont commandés et
 - au moyen duquel le glissement de roue et l'accélération de roue sont calculés pour chaque roue,
 - 15 caractérisé en ce que, dans le dispositif de commande (10) :
 - la valeur réelle momentanée de la pression de freinage lorsqu'une première valeur de seuil préfixée prévue pour le glissement de roue et/ou l'accélération de
 - 20 roue est franchie vers le haut est rangée en mémoire,
 - le quotient est formé à partir de la valeur réelle rangée en mémoire et d'une valeur de pression caractéristique pour le véhicule pour un coefficient de frottement $\mu = 1$ pour la roue considérée et, à l'aide de
 - 25 celui-ci, un premier coefficient de frottement (μ_g) est estimé,
 - une régulation antiblocage de la pression de freinage sur les différentes roues est effectuée à l'aide du coefficient de frottement estimé, conformément à un
 - 30 algorithme préfixé,
 - le premier coefficient de frottement estimé est effacé lorsqu'une deuxième valeur de seuil prévue pour le glissement de roue et/ou l'accélération de roue est franchie vers le bas et il est remplacé par un coefficient
 - 35 de frottement estimé chaque fois nouveau qui peut être augmenté jusqu'à la valeur correspondant à une voie de roulement sèche et

- la pression de freinage rangée en mémoire est utilisée comme valeur de consigne pour une régulation antiblocage de la pression de freinage.

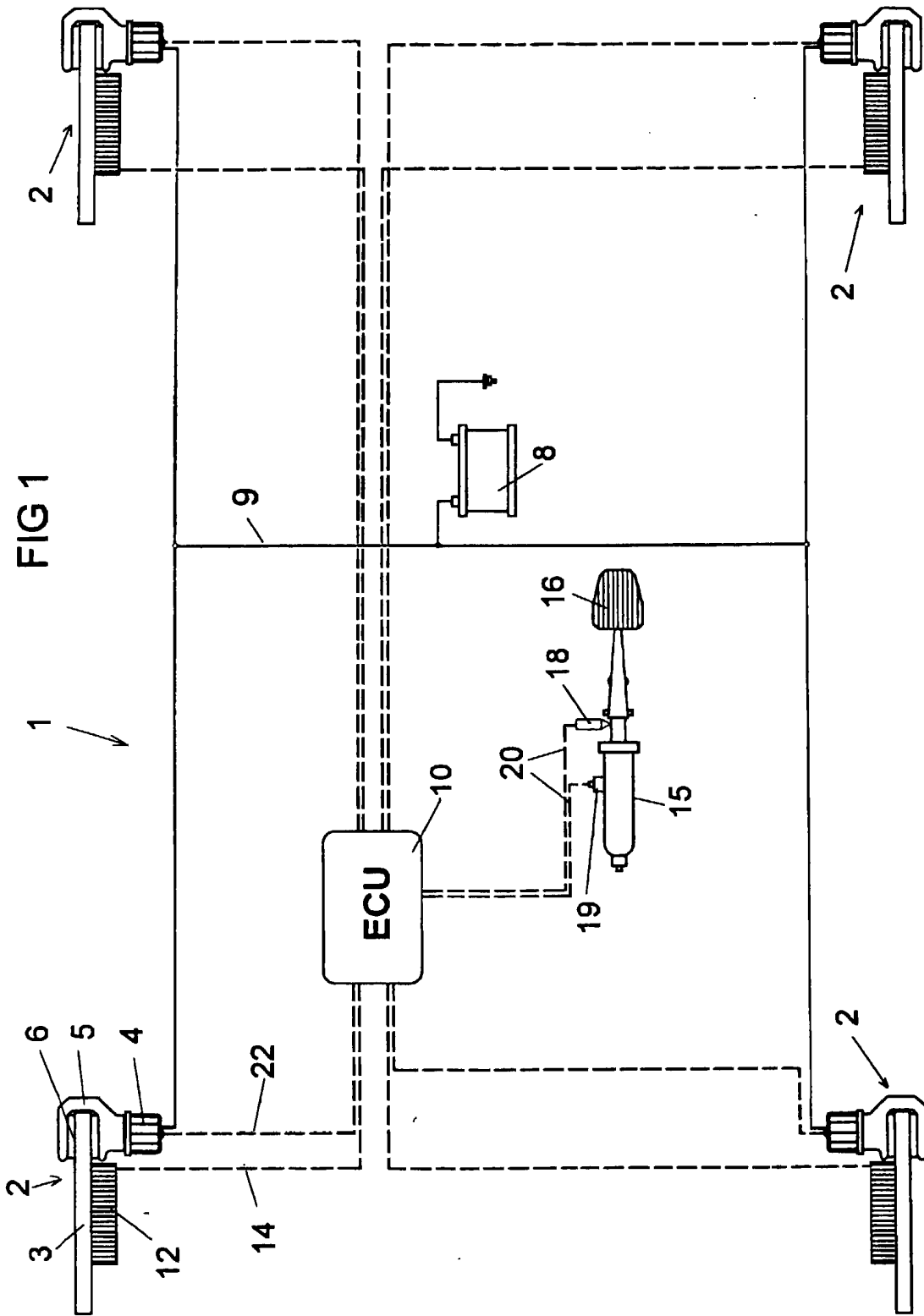


FIG 2

