

(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
26 mars 2009 (26.03.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/037352 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
B60L 3/00 (2006.01) *B60L 15/36* (2006.01)
B60L 7/00 (2006.01) *H02P 3/06* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2008/062579
- (22) Date de dépôt international :
19 septembre 2008 (19.09.2008)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0706595 20 septembre 2007 (20.09.2007) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf CA, MX, US) :
SOCIÉTÉ DE TECHNOLOGIE MICHELIN [FR/FR];
23, Rue Breschet, F-63000 Clermont-Ferrand (FR).
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **MICHELIN Recherche et Technique S.A.** [CH/CH]; Route Louis Braille 10, CH-1763 Granges-Paccot (CH).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **BOURQUI, Gérald** [CH/CH]; Chemin de la Forêt 6, CH-1752 Villars-sur-Glâne (CH). **CUDRE-MAUROUX, Fabrice** [CH/CH]; Route du Lac 67, CH-1757 Noreaz (CH). **LINDA, Jean-Louis** [FR/CH]; Impasse du Ruisseau 6, CH-1635 La Tour-de-Treme (CH).
- (74) Mandataire : **BAUVIR, Jacques**; Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN, 23, place des Carmes-Déchaux, SGD/LG/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: REDUNDANT HARDWARE ARCHITECTURE FOR THE CONTROL SIGNAL STAGE OF A BRAKING SYSTEM FOR A VEHICLE ALL THE WHEELS OF WHICH ARE EACH CONNECTED TO AT LEAST ONE ROTARY ELECTRICAL MACHINE

(54) Titre : ARCHITECTURE MATÉRIELLE REDONDANTE POUR L'ÉTAGE DE SIGNAUX DE COMMANDE D'UN SYSTÈME DE FREINAGE D'UN VÉHICULE DONT TOUTES LES ROUES SONT RELIÉES CHACUNE À AU MOINS UNE MACHINE ÉLECTRIQUE ROTATIVE.

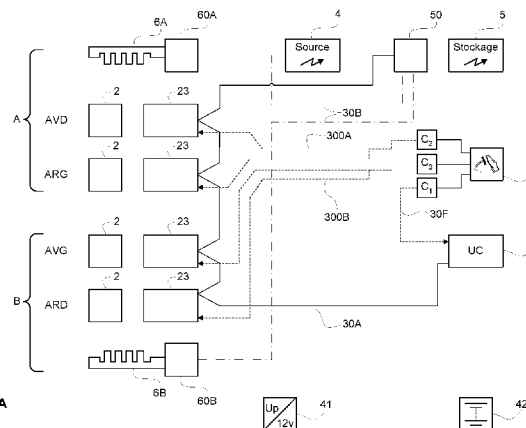


Fig. 4A

(57) Abstract: Electric braking system for a road vehicle of which at least one wheel is connected for the purposes of rotation to at least one rotary electrical machine, at least one wheel control electronic module 23 driving the electrical machine or machines of one same wheel, comprising a central processing unit 3 that manages the movement of the vehicle, said central processing unit controlling the wheel control electronic module or modules 23, comprising a brake command available to a driver, said command being mechanically connected to at least three sensors C1, C2, C3 delivering a vehicle braking command signal of given amplitude representative of the total braking force desired for the vehicle, said sensors C1, C2, C3 being split between a first group C1 and a second group C2, C3, in which the sensor or sensors C1 of the first group delivers or deliver its or their control signal to the said central processing unit 3 and the sensor or sensors of the second group C2, C3 delivers or deliver its or their control signal to the or to each of the wheel control electronic module(s) 23.

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/037352 A1



MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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,

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

(57) **Abrégé :** Système de freinage électrique d'un véhicule routier dont au moins une roue est reliée en rotation à au moins une machine électrique rotative, au moins un module électronique de pilotage de roue 23 pilotant la ou les machines électriques d'une même roue, comportant une unité centrale 3 assurant la gestion du déplacement du véhicule, ladite unité centrale contrôlant le ou les modules électroniques de pilotage de roue 23, comportant une commande de freinage à la disposition d'un conducteur, ladite commande étant reliée mécaniquement au moins à trois capteurs C1, C2, C3 délivrant un signal de commande du freinage du véhicule ayant une amplitude donnée représentative de la force totale de freinage souhaitée pour le véhicule, lesdits capteurs C1, C2, C3 étant répartis en un premier groupe C1 et un deuxième groupe C2, C3, dans lequel le ou les capteur(s) C1 du premier groupe délivre(nt) son (leur) signal de commande à ladite unité centrale 3 et le ou les capteur(s) du deuxième groupe C2, C3 délivre(nt) son (leur) signal de commande au ou à chacun des modules électroniques de pilotage de roue 23.

**Architecture matérielle redondante pour l'étage de signaux de commande
d'un système de freinage d'un véhicule dont toutes les roues sont reliées
chacune à au moins une machine électrique rotative.**

5 DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne les véhicules routiers. Elle concerne en particulier les systèmes de freinage d'un véhicule routier à traction électrique.

[0002] Les véhicules électriques englobent des véhicules dans lesquels l'énergie électrique nécessaire à leur déplacement est stockée dans des batteries et des véhicules dans lesquels
10 l'énergie électrique est produite à bord, par un moteur thermique entraînant une génératrice ou par une pile à combustible. La traction du véhicule est assurée par une ou des machines électriques. Le freinage du véhicule est assuré par un système de freinage mécanique conventionnel. L'état de la technique connaît déjà de très nombreuses propositions de véhicule à traction électrique. On peut citer par exemple le brevet US 5,418,437 qui décrit un véhicule à
15 quatre roues, de type hybride série, chaque roue étant entraînée par une machine électrique qui lui est propre, un contrôleur permettant de piloter les moteurs roue et assurant la gestion de fourniture d'énergie aux moteurs à partir d'un alternateur ou d'une batterie. Ce brevet reste silencieux sur la gestion du freinage électrique.

[0003] Cependant, une machine électrique étant réversible, elle peut être utilisée aussi en
20 génératrice électrique pendant les phases de freinage du véhicule et dans ce cas elle transforme l'énergie mécanique de freinage en énergie électrique que le véhicule doit absorber, éventuellement par dissipation thermique. Ce mode de fonctionnement est souvent appelé « freinage électrique » ou « freinage en récupération ».

[0004] En pratique, les machines électriques fonctionnent en génératrice pour assurer une
25 décélération modérée du véhicule, pour récupérer autant que faire se peut l'énergie et la stocker dans des accumulateurs électriques, ou même pour la dissiper afin d'alléger la sollicitation des freins mécaniques du véhicule. Le freinage principal d'un véhicule est en effet assuré par des freins mécaniques commandés hydrauliquement, en général de façon assistée, et le plus souvent maintenant pourvu d'une fonction anti-blocage couramment désignée par « ABS ». Le freinage
30 est une fonction de sécurité primordiale sur un véhicule. Les freins mécaniques sont de puissance

- 2 -

importante, capable d'amener la roue au blocage, l'écrtage de puissance étant assurée par la fonction anti-blocage, l'écrtage étant lié à la limite d'adhérence. Pour assurer la sécurité des passagers, le système de freinage d'un véhicule de tourisme est en général capable d'assurer une décelération de l'ordre de 1 « g », g étant l'unité d'accélération dont la valeur « 1 » correspond à la gravité terrestre.

[0005] Par ailleurs, dans un véhicule à traction électrique, intégrer la machine électrique dans la roue est une configuration particulièrement intéressante car cela supprime les arbres mécaniques et offre plus de latitudes pour l'architecture générale du véhicule. L'état de la technique connaît plusieurs dispositions d'intégration de machines électriques dans les roues. La demande de brevet WO 2003/065546 propose de disposer quatre machines électriques transmettant leur couple à la roue au moyen d'un train épicycloïdal. Par la demande de brevet EP 0878332, on connaît une liaison au sol qui intègre à la fois la suspension verticale de la roue à l'intérieur de celle-ci et une machine électrique rotative de traction. Il y a un étage de réduction entre la roue et la machine électrique, celle-ci étant engrenée sur une roue dentée coaxiale à la roue. La roue comporte bien entendu un frein à disque afin d'assurer la fonction de freinage de service. En outre, la liaison au sol comporte un pivot afin de permettre de braquer la roue. Toutes les fonctions mécaniques d'une liaison au sol se trouvent ainsi intégrées dans la roue.

[0006] La sécurité de fonctionnement étant primordiale, de nombreux systèmes de contrôle des freins mécaniques traditionnels ont été proposés, comme par exemple celui de la demande de brevet EP 1 026 060 qui décrit des moyens redondants, un pilotage par décision à la majorité, plusieurs alimentations basse tension des systèmes de contrôle pour maintenir l'opérabilité totale même si plusieurs batteries sont défaillantes. Citons aussi le brevet US 6,244,675 décrivant une commande de freinage dont position est mesurée par trois capteurs, alimentées par deux sources indépendantes: un capteur est alimenté par une première source, un autre par une seconde source, et le troisième par les deux sources via des diodes; si l'une des sources est hors service, deux capteurs sont encore alimentés et restent en service.

[0007] On peut encore citer le brevet US 6,476,515 qui montre une utilisation de quatre capteurs, mesurant des grandeurs physiques différentes. Les capteurs sont groupés en fonction du principe physique mesuré et ils sont tous nécessaires au calcul normal de la force de freinage.

[0008] L'invention se rapporte aux systèmes de freinage électrique d'un véhicule routier équipé de roues qui sont reliées en rotation chacune à au moins une machine électrique rotative, chaque machine électrique rotative coopérant avec une seule roue. Dans une telle architecture, on peut conférer au freinage électrique un rôle prédominant, tout à la fois en puissance et en contrôle
5 de la stabilité du véhicule (fonctions connues sous les appellations ABS et ESP) puisqu'il est possible de contrôler sélectivement sur chacune des roues le couple à la roue via le pilotage de la ou des machine(s) électrique(s) rotative(s) qui lui est (sont) associée(s). Encore faut-il pour cela que le freinage électrique soit extrêmement fiable.

[0009] L'objectif de la présente invention est d'améliorer la sécurité des systèmes de freinage électrique pour les véhicules à traction électrique. En particulier, l'objectif est de
10 proposer une architecture d'un système de freinage électrique telle qu'il soit possible de supprimer les freins mécaniques et faire assurer la fonction de freinage de service par voie purement électrique. Plus spécifiquement, l'objectif de la présente invention est, par des configurations particulières de moyens redondants, d'apporter à un tel système une très grande
15 sécurité dans la détection et l'exploitation d'une demande de freinage par le conducteur d'un véhicule.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

20 [0010] On décrit ci-dessous un système de freinage dans lequel on peut distinguer :

- un étage de puissance dans lequel circule la puissance électrique nécessaire à la traction ainsi que la puissance électrique générée par le freinage électrique,
- un étage d'alimentation électrique basse tension pour alimenter des circuits électroniques de contrôle et de commande des éléments de puissance, et
- 25 • un étage de circulation des signaux de commande du freinage du véhicule.

[0011] On propose ci-dessous une architecture dans laquelle chacun de ces étages comporte un certain niveau de redondance. Les redondances proposées pour chacun des étages peuvent être utilisées chacune seule, ou en combinaison avec une autre. Bien entendu, on élève le niveau de sécurité en cumulant toutes les redondances proposées.

[0012] L'invention propose un système de freinage électrique d'un véhicule routier dont au moins une roue est reliée en rotation à au moins une machine électrique rotative, au moins un module électronique de pilotage de roue pilotant la ou les machines électriques d'une même roue, comportant une unité centrale assurant la gestion du déplacement du véhicule, ladite unité
5 centrale contrôlant le ou les modules électroniques de pilotage de roue, comportant une commande de freinage à la disposition d'un conducteur, ladite commande étant reliée mécaniquement à trois capteurs délivrant un signal de commande du freinage du véhicule ayant une amplitude donnée représentative de la force totale de freinage souhaitée pour le véhicule, lesdits capteurs étant répartis en un premier groupe et un deuxième groupe, dans lequel le ou les
10 capteur(s) du premier groupe est (sont) connecté(s) physiquement à l'unité centrale (3) et délivre(nt) son (leur) signal de commande analogique à ladite unité centrale et le ou les capteur(s) du deuxième groupe délivre(nt) son (leur) signal de commande analogique au ou à chacun des modules électroniques de pilotage de roue, lesdits modules électroniques de pilotage de roue délivrant l'information en provenance des capteurs du deuxième groupe à l'unité centrale via une
15 voie de communication de type informatique.

[0013] De préférence, le système selon l'invention comportant au moins deux sous-systèmes chacun comportant au moins un module électronique de pilotage de roue, comportant un étage d'alimentation électrique basse tension pour alimenter des circuits électroniques de contrôle et de commande des éléments de puissance, ledit étage d'alimentation électrique basse tension
20 comportant une première alimentation et au moins une deuxième alimentation, la première alimentation et la deuxième alimentation étant interconnectées par une ligne électrique comportant un premier tronçon et un second tronçon, lesdits premier et second tronçons étant reliés par un dispositif de séparation électrique des deux tronçons, capable d'interrompre l'interconnexion sur commande, en cas de sous-tension ou de sur-intensité sur l'un d'entre eux, l'un des sous-systèmes
25 étant alimenté par le premier tronçon et l'autre des sous-systèmes étant alimenté par le second tronçon, le premier groupe comportant un premier capteur connecté directement ou indirectement à l'une des première ou deuxième alimentation ou les deux, le deuxième groupe comportant un deuxième capteur et un troisième capteur, le deuxième capteur et l'une ou les module(s) électronique(s) de pilotage de roue d'un des sous-systèmes étant connectés directement ou
30 indirectement à la première alimentation, le deuxième capteur étant associé pour délivrer un signal de commande au ou aux module(s) électronique(s) de pilotage de roue dudit sous-système, le troisième capteur et l'un ou les module(s) électronique(s) de pilotage de roue de l'autre des

sous-systèmes étant connectés directement ou indirectement à la deuxième alimentation, le troisième capteur étant associé pour délivrer un signal de commande au ou aux module(s) électronique(s) de pilotage de roue dudit sous-système.

5 [0014] En outre, au niveau de l'étage de puissance, on utilise plusieurs machines électriques rotatives, au moins deux et de préférence une par roue motrice, ce qui apporte déjà une certaine redondance. De préférence, le système selon l'invention comporte au moins un module électronique de dissipation pour chacun des sous-systèmes, l'un des modules électroniques de dissipation étant alimenté par le premier tronçon et l'autre des modules électroniques de dissipation étant alimenté par le second tronçon. L'installation de dissipation comporte par
10 exemple une résistance électrique de dissipation associée à chacun des modules électroniques de dissipation, afin de toujours offrir une certaine capacité de décélération en cas de panne d'une résistance ou de son module de commande.

[0015] Dans une mise en œuvre pour un véhicule à quatre roues, de préférence, chacune des roues est mécaniquement reliée à sa ou à ses propres machines électriques rotatives, chacun
15 desdits sous-systèmes comportant deux desdites roues. De préférence, chaque sous-système regroupe les roues du véhicule disposées en diagonale aux angles opposés du véhicule. On verra que cette solution offre plus de sécurité que les circuits de freinage hydrauliques doubles utilisés couramment sur les automobiles.

[0016] Par ailleurs, fort avantageusement, l'étage d'alimentation électrique basse tension
20 pour alimenter des circuits électroniques de contrôle et de commande des éléments de puissance comporte deux sources de tension indépendantes. Ledit étage d'alimentation électrique basse tension comporte une première alimentation et au moins une deuxième alimentation, la première alimentation et la deuxième alimentation étant interconnectées par une ligne électrique basse tension comportant un premier tronçon et un second tronçon, lesdits premier et second tronçons
25 étant reliés par un dispositif de séparation électrique des deux tronçons, capable d'interrompre l'interconnexion sur commande, en cas de sous-tension sur l'un d'entre eux, chaque module électronique de pilotage de roue et module électronique de dissipation d'un des sous-systèmes étant alimenté par le premier tronçon et chaque module électronique de pilotage de roue et module électronique de dissipation de l'autre des sous-systèmes étant alimenté par le second tronçon.

[0017] La première alimentation est par exemple constituée d'un convertisseur de tension branché à la ligne électrique centrale. L'énergie électrique sur cette ligne centrale peut provenir soit d'une source principale, comme par exemple une pile à combustible, soit d'un dispositif de stockage d'énergie électrique, soit de l'énergie de freinage réutilisée en temps réel. On dispose donc aussi d'une redondance des sources d'énergie. La deuxième alimentation est par exemple constituée d'une batterie basse tension, dédiée à cette alimentation électrique en basse tension. Bien entendu, il est possible d'utiliser pour cette seconde source de tension un deuxième convertisseur de tension branché lui aussi sur la ligne centrale ou bien directement sur le banc de stockage.

10 [0018] Enfin, l'étage de circulation des signaux de commande du freinage du véhicule est construit autour de trois capteurs reliés mécaniquement, et de préférence séparément, à une commande de freinage à la disposition d'un conducteur, les capteurs étant exploités de façon totalement différente comme expliqué ci-après.

[0019] Signalons encore que, de préférence, pour tenir le véhicule immobile, on installe un dispositif de frein mécanique appelé communément frein de parking. Cependant, un tel dispositif n'est pas conçu pour freiner le véhicule mais seulement pour le tenir arrêté, de préférence même sur des pentes très importantes. Ainsi, le système selon l'invention comporte, associé à une roue au moins, un dispositif de freinage mécanique de la roue commandé uniquement par une commande de frein de parking. De préférence, le dispositif de frein de parking est commandé par un actionneur électrique piloté par une unité de commande de freinage qui ne peut être activée que sous un seuil de vitesse longitudinale du véhicule, ledit seuil étant par exemple inférieur à 10 km/h.

25 BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0020] D'autres objectifs et avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la description qui va suivre d'un mode de réalisation préféré mais non limitatif, illustré par les figures suivantes dans lesquelles :

- 7 -

- la figure 1 représente schématiquement un système de freinage d'un véhicule à quatre roues, à production d'énergie électrique à bord ;
- la figure 2 est un schéma détaillant le niveau de puissance organisé pour présenter une certaine redondance matérielle ;
- 5 • la figure 3 détaille le niveau d'alimentation électrique basse tension des différents circuits électroniques de commande ;
- la figure 4A détaille le niveau des lignes de commande entre les circuits électroniques de commandes des différents éléments et l'unité centrale ;
- la figure 4B illustre quelques variantes de réalisation de la configuration illustrée à la
- 10 figure 4A ;
- la figure 5 illustre un deuxième mode de réalisation du niveau alimentation électrique basse tension et du niveau des lignes de commande qui lui est associé ;
- la figure 6 illustre un troisième mode de réalisation du niveau alimentation électrique basse tension et du niveau des lignes de commande qui lui est associé.

15

DESCRIPTION DU MEILLEUR MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

[0021] A la figure 1, on a schématisé un véhicule à quatre roues 1_{AVG} , 1_{AVD} , 1_{ArG} et 1_{ArD} . Les roues sont notées 1_{AVG} pour la roue avant gauche, 1_{AVD} pour la roue avant droite, 1_{ArG} pour la roue arrière gauche et 1_{ArD} pour la roue arrière droite. Chaque roue est équipée d'une machine électrique qui lui est couplée mécaniquement. On voit les machines électriques 2_{AVG} , 2_{AVD} , 2_{ArG} et 2_{ArD} . Dans la suite, on ne reprendra pas les indices désignant spécifiquement la position de la roue 1 ou de la machine électrique 2 dans le véhicule lorsque cela n'apporte rien à la clarté de l'exposé. Les machines électriques de traction 2 sont des machines synchrones triphasées, équipées d'un capteur de position angulaire de type resolver et sont pilotées par les modules électroniques de pilotage de roue 23 auxquels elles sont reliées par des lignes électriques de puissance 21. Les modules électroniques de pilotage de roue 23 sont conçus pour piloter les machines électriques en couple. Chaque module électronique de pilotage de roue 23 permet d'imposer sélectivement à la roue considérée un couple de pilotage déterminé en amplitude et en signe. De ce fait, les machines électriques peuvent être utilisées en moteur et en génératrice. Chacune des roues arrières 1_{ArG} et 1_{ArD} est équipée en outre d'un dispositif de

freinage mécanique 71 de la roue commandé par un actionneur électrique 7 piloté par une unité de commande de freinage.

[0022] Dans une mise en œuvre particulièrement avantageuse de l'invention, aucune des roues du véhicule ne comporte de frein mécanique de service. Quelle que soit l'amplitude du signal de commande du freinage, c'est-à-dire même pour les freinages les plus intenses, le freinage est assuré uniquement par voie électrique, c'est-à-dire en pilotant les machines électriques en génératrice. Chaque roue comporte une ou plusieurs machines électriques dédiées afin de pouvoir générer une force de freinage sélectivement sur chaque roue, ce que l'on ne pourrait pas faire avec une machine électrique commune à plusieurs roues, par exemples les roues d'un essieu, car il y aurait dans ce cas une transmission mécanique et un différentiel entre les roues. Les machines électriques sont dimensionnées de façon appropriée pour imposer à chaque roue la force de freinage la plus élevée possible.

[0023] Bien entendu, le système comporte des moyens capables d'absorber une puissance électrique élevée, ce qui par exemple conduit à installer une ou des résistances électriques de dissipation refroidies efficacement, par exemple par circulation d'eau, les accumulateurs électriques connus n'étant pas capables d'absorber la puissance électrique produite par un freinage d'urgence ou n'étant pas capables d'absorber toute l'énergie électrique produite par un freinage de longue durée, sauf à installer une capacité telle que le poids du véhicule serait vraiment prohibitif. Ainsi, l'invention permet de former un système électrique autonome isolé de l'environnement, sans échange d'énergie électrique avec l'extérieur du véhicule, donc applicable aussi aux véhicules automobiles, application des systèmes de freinage électrique beaucoup plus difficile que dans le cas de véhicules reliés à un réseau électrique comme les trains ou les trams urbains.

[0024] De nombreuses dispositions sont possibles pour agencer une machine électrique couplée mécaniquement à la roue. Notons cependant que l'on aura avantage à installer une démultiplication assez grande, par exemple au moins égale à 10 et même de préférence supérieure à 15, afin que la machine électrique ne soit pas trop volumineuse. On peut installer une machine électrique de façon coaxiale à la roue, la liaison mécanique étant assuré par un train d'engrenages épicycloïdaux pour disposer de la démultiplication nécessaire. On peut aussi adopter une configuration du genre de celle décrite dans la demande de brevet EP 0878332, de préférence en ajoutant un étage de démultiplication mécanique. On peut aussi choisir de disposer plusieurs

machines électriques dont les couples s'additionnent. Dans ce cas, un module électronique de roue peut piloter plusieurs machines électriques en parallèle installées dans une même roue. Au sujet de l'installation de plusieurs machines électriques dans une roue, on consultera par exemple la demande de brevet WO 2003/065546 et la demande de brevet FR 2776966.

5 [0025] L'invention est illustrée dans une application à un véhicule assurant la production d'énergie électrique à bord. On voit une pile à combustible 4 délivrant un courant électrique sur une ligne électrique centrale 40. Bien entendu, tout autre moyen d'alimentation en énergie électrique peut être utilisé, comme par exemple des batteries. On voit aussi un dispositif de
10 stockage d'énergie électrique constitué dans cet exemple par un banc de super condensateurs 5, relié à la ligne électrique centrale 40 par un module électronique de récupération 50. On voit une résistance électrique de dissipation 6, de préférence plongée dans un liquide caloporteur évacuant les calories vers un échangeur (non représentés), constituant un dispositif d'absorption d'énergie apte à absorber l'énergie électrique produite par l'ensemble des machines électriques au cours d'un freinage. La résistance de dissipation 6 est reliée à la ligne électrique centrale 40 par un
15 module électronique de dissipation 60.

[0026] Une unité centrale 3 gère différentes fonctions, parmi lesquelles la chaîne de traction électrique du véhicule. L'unité centrale 3 dialogue avec l'ensemble des modules électroniques de pilotage de roue 23 ainsi qu'avec le module électronique de récupération 50 via les lignes électriques 30A (bus CAN ®). L'unité centrale 3 dialogue aussi avec une commande
20 d'accélération 33 via une ligne électrique 30E, avec une commande de freinage 32 (freins de service) via une ligne électrique 30F, et avec une commande 31 sélectionnant la marche avant ou la marche arrière via une ligne électrique 30C. Cela permet de prendre en compte les intentions du conducteur. L'unité centrale 3 dialogue également avec un capteur d'accélération longitudinale 34 via une ligne électrique 30D. Enfin, le module électronique de récupération 50 dialogue avec le
25 module électronique de dissipation 60 via une ligne électrique 30B.

[0027] L'unité centrale 3 assure la gestion du déplacement longitudinal du véhicule. Ladite unité centrale 3 contrôle l'ensemble des modules électronique de pilotage de roue 23. L'unité centrale 3 a un mode de fonctionnement de freinage du véhicule activé par un signal de commande du freinage du véhicule ayant une amplitude donnée représentative de la force totale
30 de freinage souhaitée pour ledit véhicule. En mode freinage, quelle que soit l'amplitude du signal de commande du freinage, ladite unité centrale 3 contrôle l'ensemble des modules électroniques

de pilotage de roue 23 de façon à ce que la somme des efforts longitudinaux de l'ensemble des roues 1 provenant des machines électriques rotatives soit une fonction de ladite amplitude du signal de commande du freinage. Autrement dit, il n'y a pas de frein mécanique de service ; le système de freinage électrique décrit ici est le frein de service du véhicule.

5 [0028] On voit aussi une commande de frein de parking 35. L'actionneur 7 du dispositif de freinage mécanique de roue est commandé via une ligne électrique 30H uniquement par cette commande de frein de parking 35, et absolument pas par la commande de freinage 32. De préférence, afin d'éviter toute détérioration des dispositifs de freinage mécanique 71 conçus
10 uniquement pour maintenir immobile le véhicule et dont la capacité d'évacuer des calories est donc très limitée, ladite unité de commande de frein de parking ne peut être activée que sous un seuil de vitesse longitudinale du véhicule assez bas, par exemple inférieur à 10 km/h.

[0029] Expliquons le fonctionnement du système selon l'invention.

[0030] Lorsque le conducteur sélectionne la marche avant à l'aide de la commande 31 et actionne la pédale d'accélération 33, l'unité centrale 3 ordonne aux modules électroniques de
15 pilotage de roue 23 d'alimenter les machines électriques 2 en puisant l'énergie électrique sur la ligne électrique centrale 40. Celle-ci est alimentée par la pile à combustible 4 et/ou le banc de super condensateurs 5, selon l'état de charge de celui-ci et sous le contrôle de l'unité centrale 3. Le véhicule se déplace en marche avant. Les machines électriques 2 transforment l'énergie électrique en énergie mécanique de traction. La puissance mise en œuvre dépend en particulier de
20 la position de la commande d'accélération 33.

[0031] Lorsque le conducteur actionne la pédale de frein 32, l'unité centrale 3 passe en mode freinage. A partir de l'action du conducteur sur la pédale de frein 32, l'unité centrale 3 calcule une valeur du signal de commande du freinage. Quelle que soit l'amplitude du signal de commande du freinage, ladite unité centrale 3 contrôle l'ensemble des modules électroniques de
25 pilotage de roue 23 de façon à ce que la somme des efforts longitudinaux de l'ensemble des roues 1 soit proportionnelle à ladite amplitude du signal de commande du freinage. Les machines électriques rotatives 2 transforment alors de l'énergie mécanique de rotation en énergie électrique.

[0032] Selon la stratégie de gestion de l'énergie électrique programmée dans le module électronique de récupération 50, celui-ci répartit l'énergie de freinage de façon à recharger le banc
30 de super condensateurs 5 et/ou commande le module électronique de dissipation 60 de façon à

dissiper l'énergie dans la résistance électrique de dissipation 6. On comprend bien que lorsque les moyens de stockage tels que le banc de super condensateurs 5 sont saturés, la totalité de l'énergie doit être dissipée. De plus, la puissance des moyens de stockage peut être limitée, c'est à dire que la vitesse de charge des moyens de stockage peut par exemple correspondre à un freinage léger
5 comme il est couramment attendu de la part d'un moteur thermique (ce qu'on appelle le « frein moteur »). Au-delà de ce niveau de freinage, la puissance électrique produite est alors dirigée vers les moyens de dissipation.

[0033] Afin d'assurer la sécurité de fonctionnement du véhicule, la résistance électrique de dissipation 6 est dimensionnée et refroidie de façon à ce que la totalité de l'énergie électrique
10 produite en manœuvres de freinage d'urgence, les plus violentes, puisse être dissipée. En fait, il convient de dimensionner la chaîne constituée par les machines électriques rotatives 2, les modules électroniques de pilotage de roue 23, la ligne électrique centrale 40, le module électronique de dissipation 60 et la résistance électrique de dissipation 6 selon des critères de même sévérité que ce que l'on applique aux systèmes de freinage mécanique.

15 [0034] De préférence, l'ensemble des résistances électriques de dissipation 6 forme un dispositif d'absorption d'énergie de puissance supérieure à 500 kW par tonne de véhicule. En effet, si F est la force appliquée au véhicule pour le freiner, si sa masse vaut M kg et sa vitesse vaut V m/sec et si γ est l'accélération en m/sec², on a $F = M * \gamma$ et $P = F * V = M * (\gamma * V)$; en posant que la décélération maximale vaut 1 g, à 130 km/h, la puissance par tonne de véhicule
20 vaut environ 350 kW et elle vaut environ 500 kW à 160 km/h. L'homme du métier dimensionnera aisément la puissance du dispositif d'absorption d'énergie en fonction des caractéristiques du véhicule qu'il veut construire.

[0035] Ainsi, comme dans l'exemple illustrant l'invention, il y a deux sous-systèmes ayant chacun une résistance électrique de dissipation, chacune de ces résistances électriques de
25 dissipation 6A et 6B est de puissance supérieure à $250 * M / 1000$ kW.

[0036] Lorsque le conducteur sélectionne la marche arrière, l'unité centrale 3 ordonne aux modules électroniques de pilotage de roue 23 d'inverser le fonctionnement des machines électriques rotatives 2, y compris en cas de freinage.

[0037] Décrivons maintenant comment on peut implanter une fonction anti-blocage de roue.

[0038] Les machines électriques de traction 2 étant équipées d'un capteur de position angulaire de type resolver, chaque roue 1 ayant sa propre machine électrique rotative 2, on dispose ainsi d'un capteur de vitesse de rotation de chaque roue. On peut donc avantageusement équiper le système selon l'invention d'un dispositif de contrôle du glissement de chaque roue dans lequel, en mode freinage (ou même dès que le conducteur lève le pied de la pédale d'accélérateur pour provoquer ce qu'il est convenu d'appeler un frein moteur), le couple de pilotage d'une roue est diminué lorsque le dispositif de contrôle du glissement détecte un glissement de la roue considérée. On peut par exemple analyser en temps réel le signal que le capteur de vitesse de rotation de chaque roue délivre et déduire d'une forte variation (décélération) une amorce de blocage. On peut calculer en temps réel la dérivée du signal de vitesse de rotation de chaque roue, obtenir ainsi un signal représentatif de l'accélération/décélération de chaque roue et comparer ce dernier à un signal donnant l'accélération/décélération réelle du véhicule si l'on dispose d'un capteur approprié. C'est le capteur d'accélération longitudinale 34 déjà introduit plus haut, ou c'est le fait d'un traitement de plusieurs signaux permettant d'estimer l'accélération/décélération réelle du véhicule. Dès lors, l'unité centrale 3 peut ordonner aux modules électroniques de pilotage de roue 23 de diminuer le couple de pilotage de roue (sélectivement par roue) lorsque le dispositif de contrôle du glissement détecte un glissement de la roue considérée. Notons que cette diminution de couple peut être gérée directement par les modules électroniques de pilotage de roue qui peuvent réagir en temps réel par rapport aux vitesses et accélérations mesurées sur la roue, l'unité centrale transmettant par exemple des consignes de vitesse et d'accélération limite à respecter.

[0039] En conclusion, signalons que l'absence d'organe de freinage conventionnel (voir disque et pince dans la demande EP 0878332) simplifie substantiellement non seulement l'architecture du véhicule équipé d'un système selon l'invention, mais également son entretien en éliminant les opérations périodiques de remplacement des plaquettes et des disques. Parmi les avantages de la suppression des organes de freinage hydraulique conventionnels, on peut citer en outre l'élimination de tout frottement résiduel des plaquettes (on sait que ces frottements consomment une part non négligeable de l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un véhicule à freinage conventionnel). On peut également citer comme avantage la suppression des contraintes thermiques induites sur la liaison au sol par les organes de freinage hydraulique conventionnels et l'élimination des nuisances liées aux poussières produites par l'usure des plaquettes et des disques.

[0040] On a décrit ci-dessus un système de traction pour véhicule automobile dans lequel aucune des roues n'est équipée de freins mécaniques. La capacité de décélération du véhicule provient du pilotage de machines électriques rotatives en génératrice et celles-ci sont dimensionnées de façon à pouvoir amener chacune des roues du véhicule au blocage, c'est-à-dire qu'elles sont capables de fournir un couple freineur suffisamment important.

[0041] La suite de la description illustre un exemple particulier, non limitatif, permettant de construire un système présentant une redondance matérielle suffisante pour pouvoir assurer un très haut niveau de sécurité au système de freinage du véhicule.

[0042] On voit à la figure 2 que le système de freinage électrique comporte deux sous-systèmes (A et B) connectés à la ligne électrique centrale 40, chacun des sous-systèmes comporte deux roues reliées en rotation chacune à au moins une machine électrique rotative 2 qui lui est propre. La roue avant droite et la roue arrière gauche, ou plus exactement les machines électriques rotatives 2 et les modules électroniques de pilotage de roue 23 qui leur sont associées forment le sous-système A. La roue avant gauche et la roue arrière droite, ou plus exactement les machines électriques rotatives 2 et les modules électroniques de pilotage de roue 23 qui leur sont associées forment le sous-système B. Chaque sous-système comporte une résistance électrique de dissipation 6A, respectivement 6B, chacune alimentée par un module électronique de dissipation 60A, respectivement 60B.

[0043] Si l'on examine les différents éléments constitutifs du système de traction au regard du critère de redondance matérielle, les machines électriques rotatives 2 intégrées aux roues forment un système qui présente naturellement une redondance puisque chacune des roues dispose de sa propre machine électrique. L'électronique de commande de ces machines, à savoir les modules électroniques de pilotage de roue 23, forme également un système qui présente une redondance matérielle puisque chacune de ces machines électriques 2 dispose de sa propre électronique de commande.

[0044] En freinage récupératif, chacune des machines électriques rotatives 2 fournit sur la ligne électrique de puissance 40 de l'énergie électrique via les modules électroniques de pilotage de roue 23. Cette énergie peut être soit stockée dans des accumulateurs comme le banc de super condensateurs 5 ou être dissipée par les résistances électriques de puissance 6A et 6B. En freinage d'urgence, il est évident que l'on ne peut pas tabler sur la capacité de stockage des

accumulateurs car ceux-ci pourraient très bien être déjà à leur charge maximale et incapables d'absorber de l'énergie électrique. Dès lors, la résistance électrique 6 est un organe crucial pour la sécurité de fonctionnement. De même, la ligne électrique de puissance 40 est un élément crucial pour la sécurité de fonctionnement du système de freinage du véhicule par voie toute électrique.

5 On examinera ci-dessous différents scénarii de défaillance.

[0045] A la figure 2, on reconnaît la source d'énergie électrique principale qui, dans cet exemple de réalisation, est une pile à combustible 4. On voit également la batterie d'accumulateurs permettant de stocker de l'énergie électrique qui, dans cet exemple de réalisation, est un banc de super condensateurs 5 et son module électronique de récupération 50.

10 Enfin, l'alimentation électrique basse tension des différents modules électroniques est assurée d'une part par un convertisseur de tension 41 permettant de convertir la tension disponible sur la ligne électrique de puissance 40 en basse tension (par exemple 12 volts) utilisée pour alimenter les différents circuits électroniques de commande, et d'autre part par une batterie 42 telle qu'une batterie utilisée classiquement sur un véhicule en tension de 12 volts continus.

15 [0046] On a vu que, afin d'assurer la sécurité du freinage, le système de freinage est organisé en deux sous-systèmes, à savoir le système A regroupant la roue avant droite et la roue arrière gauche et le système B regroupant la roue avant gauche et la roue arrière droite. Le sous-système A est branché sur la ligne de puissance 40 via un dispositif de protection contre les surintensités 41A. Le sous-système B est branché sur la ligne de puissance 40 via un dispositif de protection contre les surintensités 41B. Chacun des sous-systèmes comporte donc sa propre résistance de dissipation 6A, 6B et chacune dispose de son propre module électronique de dissipation 60A, 60B, et est branché à la ligne de puissance 40 via un dispositif de protection contre les sur-intensités 41A, 41B capable d'isoler électriquement ledit sous-système de la ligne électrique centrale. Du côté opposé à la ligne de puissance 40, en aval du dispositif 41A, un tronçon 40A de ligne électrique de puissance est connecté au module électronique de pilotage de roue 23 associé à la roue arrière gauche, au module électronique de pilotage de roue 23 associé à la roue avant droite et enfin au module électronique de dissipation 60A associé à la résistance de dissipation 6A. De même, pour le sous-système B.

25 [0047] En cas d'avarie sur la ligne de puissance 40 provoquant une coupure entre les points de connexion des dispositifs de protection contre les surintensités 41A et 41B, il reste deux sous-systèmes indépendants l'un de l'autre, les systèmes A et B, chacun capable d'assurer un freinage

électrique du véhicule. Chacun de ces sous-systèmes dispose de sa propre résistance électrique de dissipation. On a donc une redondance matérielle de l'étage de puissance.

[0048] L'étage de puissance peut présenter d'autres avaries qu'une avarie sur la ligne de puissance 40. Imaginons par exemple que le tronçon de la ligne de puissance 40A aboutissant au module électronique de dissipation 60A soit interrompu. Dans ce cas, la résistance de dissipation 6A est hors circuit. La puissance électrique produite par le sous-système A en freinage électrique peut transiter par la section de la ligne électrique de puissance 40A non interrompue et, via le dispositif de protection contre les surintensités 41A, remonter sur la ligne de puissance 40 et être acheminée, via la ligne de puissance 40B, vers la résistance électrique de dissipation 6B. La résistance électrique de dissipation 6B devient donc commune, dans ce cas-là, au sous-système A et au sous-système B.

[0049] Même si la puissance électrique de dissipation disponible est divisée par deux, dans ce cas précis, la capacité de ralentissement du système de freinage électrique reste importante, suffisante pour assurer un freinage d'urgence. En effet, chacune des résistances électriques de dissipation 6 est plongée dans un circuit hydraulique de refroidissement. En cas de freinage d'urgence, l'énergie produite par le freinage électrique est suffisante pour porter le fluide de refroidissement à ébullition. Il n'empêche, au fur et à mesure de sa transformation en phase vapeur, le fluide vaporisé est immédiatement remplacé par du fluide de refroidissement en phase liquide, qui lèche à nouveau la résistance et le système continue de présenter une certaine capacité à évacuer des calories. De plus, le système de refroidissement a une certaine inertie thermique. Les expérimentations du déposant ont démontré que, même dans ce cas de figure, le système de freinage électrique reste bien plus puissant et efficace qu'un système de freinage hydraulique en croix tel que ceux qui équipent les véhicules automobiles à l'heure actuelle.

[0050] Si la ligne électrique de puissance 40A est interrompue entre le module électronique de pilotage de roue 23 associée à la roue avant droite et le module électronique de pilotage de roue 23 associée à la roue arrière gauche, alors dans ce cas la résistance électrique de dissipation 6A reste disponible pour la machine électrique rotative 2 associée à la roue avant droite lorsqu'elle fonctionne en génératrice alors que la résistance électrique de dissipation 6B est disponible pour le sous-système B et pour la machine électrique rotative 2 associée à la roue arrière gauche, c'est-à-dire l'une des machines électriques rotatives 2 du sous-système A. L'une des résistances électriques de dissipation va recevoir une puissance électrique plus élevée que

l'autre 6A. Le fonctionnement n'est pas optimal mais on se trouve donc dans une configuration moins pénalisante pour la capacité de ralentissement du véhicule que celle exposée au paragraphe précédent.

5 [0051] Si, pour une raison quelconque, une avarie provoque l'ouverture du dispositif de protection contre les surintensités 41A, isolant ainsi le sous-système A, alors là aussi les capacités de freinage du véhicule restent maximales car les résistances électriques de dissipation sont dimensionnées de façon à pouvoir assurer, globalement, la pleine décélération du véhicule même lorsque l'accumulateur d'énergie électrique, constitué ici par le banc de super condensateurs 5, est à sa charge maximale. Dans ce cas, on n'est donc pas dans une situation de
10 défaillance du système de freinage électrique quant à la capacité maximale de décélération. Certes l'on n'est pas dans une situation optimale quant à la gestion générale puisque notamment la possibilité de récupérer de l'énergie est perdue, mais ceci n'est pas préjudiciable à la sécurité.

[0052] Si l'une quelconques des défaillances qui viennent d'être expliquées pour le sous-système A surviennent au sous-système B, pour des raisons de symétrie, les conditions de sécurité
15 du freinage électrique restent strictement identiques. En conclusion, en organisant l'étage de puissance en deux sous-systèmes indépendants, le système A et le système B, chacun relié à la ligne électrique de puissance 40 centrale du véhicule par son propre dispositif de protection contre les surintensités (dispositifs 41A et 41B) et en équipant chacun des sous-systèmes de sa propre résistance électrique de dissipation, on a organisé une redondance matérielle double telle que l'on
20 peut assurer le freinage électrique du véhicule dans d'excellentes conditions de sécurité.

[0053] La puissance de dissipation des résistances électriques de dissipation 6A et 6B dépend du bon fonctionnement du système de refroidissement. En effet, elles sont plongées dans un fluide caloporteur. La figure 3 montre de façon schématique le circuit de refroidissement. On voit que celui-ci comporte 2 pompes 8A et 8B et 2 radiateurs 80A et 80B. Les 2 pompes 8A et
25 8B sont montées en série et chacune est commandée par son propre moteur électrique 81A et 81B respectivement. Chacun de ces moteurs électriques est piloté par son propre circuit électronique de commande 82A et 82B. Les radiateurs 80A et 80B sont montés en parallèle, et équipés de vanes 83 qui permettent d'isoler chacun des radiateurs sélectivement en cas de fuites à l'un d'eux. D'autre part, l'ensemble pompe et moteur d'actionnement de la pompe est dimensionné de
30 telle façon que si l'une des pompes est en panne, l'autre pompe est capable d'assurer un débit suffisant du fluide caloporteur malgré le fait que l'autre pompe n'est plus fonctionnelle.

[0054] On décrit maintenant l'alimentation électrique basse tension des différents circuits électroniques de commande et des différents auxiliaires, à l'aide de la figure 3. Sur celle-ci, on reconnaît les modules électroniques de dissipation 60 A et 60B des 2 résistances électriques de dissipation 6A et 6B, les modules électroniques de pilotage de roue 23 associés chacun à l'un des quatre machines électriques 2, le module électronique de récupération 50 associé au banc de super condensateurs 5. On voit également l'unité centrale 3, le circuit électronique de commande 82A de l'une des pompes du circuit de refroidissement et le circuit électronique de commande 82B de l'autre des pompes du circuit de refroidissement.

[0055] La redondance pour la fourniture de l'énergie électrique basse tension est conçue de la façon suivante. Puisque l'on dispose, d'une part, d'un convertisseur de tension 41 branché sur la ligne électrique de puissance 40 et délivrant une tension continue 12 volts et, d'autre part, d'une batterie 42 délivrant elle aussi une tension continue 12 volts, certains éléments vont être branchés sur le convertisseur de tension 41 et d'autres éléments vont être branchés sur la batterie 12 volts de la façon suivante. Une ligne 43 assure l'interconnexion entre le convertisseur de tension 41 et la batterie 42. Cette ligne 43 comporte un premier tronçon 43A et un second tronçon 43B, lesdits premier et second tronçons étant reliés par un dispositif de séparation électrique 430 des deux tronçons en cas de sous-tension ou de sur-intensité sur l'un d'entre eux. Ainsi, on voit que dans la réalisation non limitative illustrant l'invention, les deux tronçons 43A et 43B sont alimentés à la même tension électrique. Certains éléments sont branchés sur le premier tronçon 43A, chacun via un dispositif de protection contre les surintensités 434A. Certains autres éléments sont branchés sur le tronçon 43B, chacun via un dispositif de protection contre les surintensités 434B.

[0056] Par exemple, pour assurer le bon fonctionnement des pompes du circuit de refroidissement, l'un des moteurs 81A est branché sur le premier tronçon 43A via son circuit électronique de commande 82A. L'autre des moteurs 81B est branché sur le second tronçon 43B via son circuit électronique de commande 82B. Les circuits électroniques de commande du sous-système A, à savoir le module électronique de pilotage de roue 23 associée à la machine électrique rotative 2 de la roue avant droite, le module électronique de pilotage de roue 23 associée à la machine électrique rotative 2 de la roue arrière gauche et le module électronique de dissipation 60A de la résistance de dissipation 6A sont branchés sur le second tronçon 43B alors

que les mêmes circuits électroniques du sous-système B sont branchées sur le premier tronçon 43A.

[0057] L'unité centrale 3 assurant la gestion du déplacement du véhicule, puisqu'elle contrôle l'ensemble des modules électroniques de pilotage de roue 23, bénéficie d'un double
5 branchement électrique. Elle est branchée tout à la fois sur le premier tronçon 43A et le second tronçon 43B, via une paire de diodes isolant lesdits premier et second tronçons. L'unité centrale 3 est connectée chaque fois via une diode 435 de façon à assurer la continuité de l'alimentation électrique de l'unité centrale 3, même en cas de défaillance d'une des 2 sources basse tension. En
10 outre, un circuit approprié 436 surveille la présence de tension électrique sur chacune des lignes d'alimentation afin d'envoyer un signal de défaut en cas de panne d'une des deux alimentations électriques. Le module électronique de récupération 50 associé au banc de super condensateurs 5 est branché sur le premier tronçon 43A uniquement. Notons que ce type de double branchement pourrait aussi être utilisé pour tous les circuits électroniques, notamment pour les modules électroniques de pilotage de roue 23.

15 [0058] Dans le cas d'une sous-tension ou d'une surintensité survenant par exemple suite à un court-circuit sur l'un des deux tronçons 43A ou 43B ou directement interne à l'une des alimentations 41 ou 42, le dispositif de séparation électrique 430 interrompt la connexion entre les deux tronçons 43A et 43B de manière à préserver la fonctionnalité du tronçon sans défaut. On voit donc que, si pour une raison quelconque, un défaut important sur le convertisseur de
20 tension 41 conduit le dispositif de séparation électrique 430 à interrompre l'interconnexion entre le convertisseur de tension 41 et la batterie 42, celle-ci peut continuer à alimenter en basse tension les circuits électroniques de commande associées au sous-système A et l'unité centrale ainsi que l'une des 2 pompes du circuit hydraulique de refroidissement. A l'inverse, dans le cas d'un défaut important du côté de la batterie 42, le dispositif de séparation électrique 430 peut interrompre
25 l'interconnexion et le convertisseur de tension 41 peut continuer à alimenter le sous-système B, l'unité centrale et l'une des pompes du circuit hydraulique de refroidissement. On voit donc que l'architecture décrite permet de maintenir le fonctionnement de l'un des 2 sous-systèmes A ou B et l'on dispose donc encore de la moitié de la puissance de freinage du véhicule. Bien entendu, en utilisant le double branchement de l'alimentation électronique basse tension pour tous les circuits
30 électroniques, on peut maintenir, même dans ce cas de défaut, la totalité de la puissance de freinage.

[0059] La pédale de frein est supposée suffisamment sûre par sa construction et n'est donc pas doublée. Il faut transformer l'action du conducteur sur la pédale de frein en signal électrique exploitable par l'unité centrale 3 et/ou les modules électroniques de pilotage de roue 23. A cette fin, on implante des capteurs associés à la pédale de frein. On en implante plusieurs pour assurer une certaine redondance en vue de porter la sécurité du système à un niveau suffisant. Il convient que le système de freinage, globalement, soit capable de faire face à des défauts capteurs francs tels que la disparition de l'alimentation électrique d'un capteur ou du signal qu'il délivre, ainsi qu'un court-circuit du signal au « plus » ou au « zéro ». En outre, il convient aussi que le système de freinage, globalement, soit capable de faire face à certaines dérives comme un simple décalage entre l'information délivrée par un capteur par rapport aux autres (défaut capteur non franc). A cette fin, trois capteurs de position, C1, C2 et C3, sont chacun associés à la pédale de frein et délivrent chacun un signal représentatif de la commande voulue par le conducteur du véhicule.

[0060] L'architecture du système selon l'invention a dévolu aux trois capteurs C1, C2 et C3 un rôle différent. Considérons qu'il existe un premier groupe comportant le premier capteur C1 et un deuxième groupe comportant le deuxième capteur C2 et le troisième capteur C3. On peut envisager d'associer deux capteurs sur l'unité centrale 3 et un capteur à tous les modules électroniques de roue 23, ou bien d'associer un capteur à l'unité centrale 3 et deux capteurs aux modules électroniques de roue 23. Avant de revenir dans la suite sur différentes possibilités d'associations, on décrit ci-dessous en détails une variante préférée qui associe deux capteurs aux modules électroniques de roue 23 dans le cas particulier d'un véhicule à quatre roues équipées des moyens de l'invention.

[0061] Décrivons maintenant l'alimentation des capteurs de freinage C1, C2 et C3 qui sont à la source de la chaîne de commande de freinage. Rappelons que le système selon l'invention comporte une unité centrale 3 qui contrôle l'ensemble des modules électroniques de pilotage de roue 23. Le capteur C1 est alimenté en énergie électrique basse tension via l'unité centrale 3. Il délivre le signal de commande à l'unité centrale 3 et celle-ci ne reçoit le signal de commande de freinage que du capteur C1 pour créer les signaux de commande globale du freinage du véhicule d'un premier niveau. Signalons que l'unité centrale 3 comporte les circuits appropriés permettant de surveiller la présence de tension sur la ligne d'alimentation du capteur C1, ainsi que l'intégrité du signal de commande sur la ligne 30F, afin de gérer une information de défaut du circuit de conditionnement du capteur C1.

[0062] Les deuxième et troisième capteurs sont alimentés en énergie électrique basse tension respectivement via l'un ou les module(s) électronique(s) de pilotage de roue (23) d'un (A) des sous-systèmes et via l'un ou les module(s) électronique(s) de pilotage de roue (23) de l'autre (B) des sous-systèmes. Bien entendu, les deuxième et troisième capteurs sont alimenté en énergie
5 électrique basse tension depuis toutes les modules électroniques de pilotage de roue (23) respectivement de l'un (A) et de l'autre (B) des sous-systèmes via des diodes 230 isolant lesdits premier et second tronçons. En outre, un circuit approprié 231, dialoguant avec chacun des modules de pilotage de roue 23, surveille la présence de tension électrique sur chacune des quatre
10 lignes d'alimentation, afin d'envoyer un signal de défaut en cas de panne d'une des quatre alimentations électriques. On verra au paragraphe suivant que les capteurs C2 et C3 sont directement associés aux modules électroniques de pilotage de roue 23 et seulement aux modules électroniques de pilotage de roue 23.

[0063] On vient de voir que l'étage d'alimentation électrique basse tension comporte une première alimentation et au moins une deuxième alimentation, la première alimentation et la
15 deuxième alimentation étant interconnectées par une ligne électrique 43 comportant un premier tronçon 43A et un second tronçon 43B, lesdits premier et second tronçons étant reliés par un dispositif de séparation électrique 430 des deux tronçons en cas de sous-tension ou de sur-intensité sur l'un d'entre eux. Ledit premier capteur C1 est alimenté, via l'unité centrale 3, par
20 chacun des tronçons 43A et 43B. Ledit deuxième capteur C2 est alimenté par chacune des modules électroniques de pilotage de roue 23 d'un (A) des sous-systèmes, au travers d'une ligne 232A et via des diodes 230 isolant les alimentations provenant de chacune des modules électroniques de pilotage de roue 23. Les modules électroniques de pilotage de roue 23 du sous-système A reçoivent toutes deux leur énergie électrique basse tension du tronçon 43A. Ledit
25 troisième capteur C3 est alimenté par chacune des modules électroniques de pilotage de roue 23 de l'autre (B) des sous-systèmes, au travers d'une ligne 232B et via des diodes 230 isolant les alimentations provenant de chacune des modules électroniques de pilotage de roue 23. Les modules électroniques de pilotage de roue 23 du sous-système B reçoivent toutes deux leur énergie électrique basse tension de l'autre tronçon 43B.

[0064] A la figure 4A, on voit que l'unité centrale 3 est interconnectée avec chacun des
30 modules électroniques de pilotage de roue 23 et avec le module électronique de récupération 50 par un bus CAN® (Control Area Network, désigné par la référence 30A) permettant le transfert

d'ordres de pilotage sous forme informatique. L'unité centrale 3 est chargée des logiciels adéquats pour pouvoir prendre en compte tous les paramètres souhaitables afin d'élaborer un signal de commande de freinage qui est envoyé aux différents circuits électroniques pilotant les machines électriques suivant les protocoles voulus pour circuler sur le bus CAN® 30A. L'unité centrale 3 envoie ledit signal de manière cadencée sur le bus 30A avec une périodicité de l'ordre de 10 à 20 ms et chaque module électronique de pilotage roue 23 contrôle cette périodicité. Chaque module électronique de pilotage roue 23 réagit ainsi aux ordres élaborés par l'unité centrale 3 sur la base du signal délivré par le premier capteur C1. Si pour une raison de dysfonctionnement du bus CAN®, de l'unité centrale 3 ou du logiciel implanté, ou pour toute autre raison, cette périodicité n'est pas respectée, une information de défaut de communication CAN® est générée dans les modules électroniques de pilotage de roue 23.

[0065] Chacun des modules électroniques de pilotage de roue 23 du sous-système A, respectivement du sous-système B, reçoit en outre directement des signaux analogiques délivrés par le capteur C2, respectivement C3, cette fois via des lignes analogiques 300A, respectivement 300B. Signalons également que chaque module de pilotage de roue 23 comporte les circuits appropriés permettant de surveiller l'intégrité du signal de commande sur les lignes 300A et 300B, afin de gérer une information de défaut en cas de panne du circuit de conditionnement du capteur C2, respectivement C3.

[0066] Chaque module électronique de pilotage roue 23 surveille son signal capteur (détection de défaut franc) et génère de manière autonome une information « mesure capteur valide ». En plus de la commande de freinage élaborée sur la base du capteur C1, l'unité centrale signale sur bus CAN® 30A si son propre capteur C1 est valide à chaque module électronique de pilotage roue 23. Si ce n'est pas le cas, chaque module électronique de pilotage roue 23 ignore la consigne de freinage circulant sur bus CAN® 30A pour appliquer la consigne du capteur qui lui est associé, à savoir celle en provenance du capteur C2 ou le capteur C3. Chaque module électronique de pilotage roue 23 applique également la consigne du capteur qui lui est associé, à savoir celle en provenance du capteur C2 ou le capteur C3, dans le cas de détection d'un défaut de communication signalé sur CAN® comme expliqué avant. En cas de détection d'une panne franche sur le capteur C2 ou sur le capteur C3, la pleine capacité de freinage est conservée ; elle l'est même en cas de panne franche à la fois sur le capteur C2 et sur le capteur C3 tant qu'il existe un signal de commande de freinage élaborée sur la base du capteur C1 signalé valide sur

bus CAN® 30A. Cependant, même si la pleine capacité de freinage est conservée en cas de détection d'une panne franche sur le capteur C2 et/ou sur le capteur C3, il convient d'activer une alerte pour informer le conducteur du véhicule d'une défaillance dans la redondance et de programmer différentes mesures appropriées comme par exemple interdire le redémarrage ultérieur du véhicule ou en limiter la vitesse.

[0067] La figure 4B schématise que, dans la configuration qui vient d'être décrite avec à l'appui les figures 3 et 4, le capteur C1 peut être alimenté par l'unité centrale 3 (comme montré à la figure 3) ou indifféremment directement par les tronçons 43A et 43B (avec interposition de diodes) ou, en variante acceptable, soit par le tronçon 43A ou le tronçon 43B. Le capteur C2 peut être alimenté depuis au moins l'un des modules électroniques de roue 23 du sous-système A (la figure 3 montre une double alimentation de ce type) ou directement par le tronçon 43A et le capteur C3 peut être alimenté depuis au moins l'un des modules électroniques de roue 23 du sous-système B (la figure 3 montre une double alimentation de ce type) ou directement par le tronçon 43B. Ainsi, en cas de panne de l'alimentation sur le tronçon 43A par exemple, le capteur C3 et les modules électroniques de roue 23 qui lui sont associés (ceux du sous-système B) restent alimentés et peuvent jouer leur rôle expliqué par ailleurs.

[0068] On peut concevoir d'autres modes de réalisation des alimentations basse tension et des branchements de capteurs qui y sont associés. Il est cependant important de bien veiller à ce que, en cas de panne d'une des sources de basse tension, à la fois le ou les capteurs et la ou les modules électroniques de roue 23 associés soient encore tous alimentés. On ne respecterait pas l'objectif de redondance pour améliorer la sécurité si, par exemple, un capteur était alimenté seulement par la tension présente sur le premier tronçon 43A et un des modules électroniques de pilotage de roue 23 associés avec ce capteur étaient alimentés seulement par le second tronçon 43B et vice versa.

[0069] Enfin, des lignes de commande 30B relient le module électronique de récupération 50 aux modules électroniques de dissipation 60 A et 60B. En cas de défaut sur lesdites lignes de commande 30B ou sur le module électronique de récupération 50, les modules électroniques de dissipation 60A et 60B conservent la possibilité de dissiper la puissance de freinage qui remonte sur la ligne de puissance 40 de manière autonome, sans recevoir de commande sur la ligne 30B. Le principe des sous-ensembles A et B reste donc pleinement opérationnel pour le freinage mais

sans possibilité de stocker l'énergie puisque dans cette dernière hypothèse, le module électronique 50 de récupération est hors service.

[0070] Revenons à la création des couples freineurs par les machines électriques 2. Le pilotage des machines électriques 2 étant assuré directement par un module électronique de pilotage de roue 23 particulier à chacune des machines électriques 2. Celui-ci est chargé des logiciels adéquats pour piloter chaque machine électrique en couple selon les signaux de commande reçus. Chaque module électronique de pilotage de roue 23 reçoit des signaux de commande de freinage d'une part sur le bus 30A et d'autre part sur la ligne analogique 300 délivrant le signal du capteur C2 ou C3. Chaque module électronique de pilotage de roue 23 peut donc comparer à tout moment le signal de commande délivré sur le bus 30A et le signal de commande délivré par la ligne analogique 300 et, dans une certaine marge de tolérance par exemple de l'ordre de 10 à 20 % selon des déterminations expérimentales, donner priorité au signal de commande de freinage en provenance du bus 30A. C'est le mode de fonctionnement normal.

[0071] En revanche, si pour une raison de dysfonctionnement de l'unité centrale 3 ou du logiciel implanté dans l'unité centrale 3, le signal de commande de freinage envoyé par le bus 30A était très inférieur au signal de commande de freinage provenant directement de façon analogique du capteur C2, ou C3, priorité peut être donnée au signal de commande en provenance du capteur C2 (respectivement C3) pour assurer la sécurité de fonctionnement en freinage du véhicule.

[0072] Avec trois capteurs, le système est même capable de réagir face à des défauts « non francs ». La détection d'un décalage éventuel entre capteurs est centralisée au niveau de l'unité centrale 3 qui dispose de sa propre mesure et de la mesure circulant sur bus CAN 30A de tous les modules électroniques de pilotage roues 23. L'unité centrale 3 assure un contrôle de cohérence des mesures en déterminant par un « vote majoritaire » quelles sont les mesures valides. En plus de la commande de freinage élaborée sur la base du capteur C1, l'unité centrale 3 signale à chaque module électronique de pilotage de roue 23, par signal approprié sur le bus CAN 30A, si son propre capteur C1 est valide. Elle signale de plus si la mesure propre de chaque module électronique de pilotage de roue 23 est elle-même valide (ceux-ci ne faisant pas, de manière autonome, ce contrôle de cohérence). Si la mesure du capteur C1 directement associé à l'unité centrale 3 n'est pas valide, chaque module électronique de pilotage de roue 23 ignore la consigne

de freinage circulant sur le bus CAN 30A pour appliquer la consigne (signal analogique) de son propre capteur C2 ou C3, si celui-ci est valide. Si la consigne interne du module électronique de pilotage de roue 23 n'est pas valide (la probabilité que cela survienne en même temps pour les deux capteurs étant considérée faible) alors la roue concernée ne freine pas.

5 [0073] Notons que seul le capteur C1 (premier groupe) est connecté à l'unité centrale 3 ; il sert, seul, au calcul de la consigne de freinage dans la situation normale. Le deuxième groupe (capteurs C2 et C3) est connecté aux modules électroniques de pilotage de roue 23 qui transmettent sur le bus CAN® 30A leurs mesures issues des capteurs C2 et C3 à l'unité centrale 3. Soulignons que le premier groupe de capteurs (ici, le seul capteur C1) est connecté
10 physiquement à l'unité centrale 3. Il délivre un signal analogique à l'unité centrale 3. Soulignons encore que le(s) capteur(s) du deuxième groupe (ici, les capteurs C2 et C3) délivrent un signal analogique à chacun des modules électroniques de pilotage de roue 23 et que, en aval et via les modules électroniques de pilotage de roue 23, ils délivrent à l'unité centrale 3, cette fois indirectement, une information via une voie de communication de type informatique. Sur cette
15 voie de communication de type informatique circulent des signaux digitaux et non plus analogiques. Les mesures du deuxième groupe de capteurs (capteurs C2 et C3) participent, dans l'unité centrale 3, au contrôle de cohérence, comme explicité ci-dessus, pour valider l'ensemble des mesures. Elles n'interviennent en revanche pas directement dans le calcul normal de la consigne de freinage.

20 [0074] On sait que la multiplication de matériel contribue, dans le cas d'une mise en œuvre judicieuse, à augmenter la sécurité de fonctionnement d'un système. C'est le principe de la redondance. Cependant, plus on augmente le nombre de matériels installés, plus on augmente la probabilité de panne. Par exemple, si pour assurer la redondance d'informations au niveau de l'unité centrale 3, on connecte l'ensemble des capteurs à celle-ci, la multiplication des lignes
25 électriques physiques entre capteurs et unité centrale augmente le risque de panne. Or, observant que, dans le système de freinage traité ici, les modules électroniques de pilotage de roue 23 reçoivent de toute façon en entrée une information en provenance de capteurs et que, dans l'état de l'art, on implante de toutes façons une voie de communication de type informatique, c'est-à-dire par exemple un bus CAN® pour assurer le dialogue entre tous les sous-systèmes, grâce à
30 l'invention, on utilise une voie de conversion analogique/digitale déjà existante dans les modules électroniques de pilotage de roue et on fait circuler sur le bus CAN déjà existant lui aussi une ou

des informations supplémentaires (l'information en provenance des capteurs du deuxième groupe) pour conférer une redondance au niveau de l'unité centrale 3. Ce faisant, on assure une redondance sans ajouter de matériel à cette seule fin, donc sans risquer de dégrader la fiabilité du système. De cette façon, on parvient à concilier une grande sécurité de fonctionnement grâce à
5 une redondance provenant de l'exploitation de plusieurs capteurs, et une grande fiabilité en contenant le matériel utilisé (en particulier les connexions électriques physiques) au strict minimum.

[0075] On peut augmenter encore la sécurité par exemple en utilisant par exemple 4 capteurs dans le deuxième groupe, un capteur étant associé à une seule roue. Les considérations
10 faites ci-dessus en cas de détection d'une panne franche sur le capteur C2 ou sur le capteur C3 (pleine capacité de freinage conservée grâce à la voie utilisant le capteur C1, utilité d'alertes, voire de mesures de précaution appropriées) s'applique bien sûr à un mode de réalisation à quatre capteurs dans le deuxième groupe.

[0076] On voit que l'architecture proposée réalise une exploitation différente des signaux
15 délivrés par chacun des capteurs C1 d'une part et C2 et C3 d'autre part. Le capteur C1 est associé à l'unité centrale 3 et permet de calculer un signal de freinage global de premier niveau. D'autre part, les signaux de commande délivrés par les capteurs C2 et C3 sont directement délivrés par voie analogique par des lignes appropriées aux modules électroniques de pilotage de
roue 23

[0077] Si un module électronique de pilotage roue 23 détecte un défaut de communication
20 sur le bus CAN 30A, ou si l'unité centrale 3 détecte un défaut du capteur C1 ou de son circuit de conditionnement, priorité peut être donnée au signal de commande en provenance du capteur C2, respectivement C3. De la sorte, la sécurité dans la commande du freinage est assurée même en cas de défaillance du bus 30A, ou d'un tronçon du bus, ou de l'une quelconque des lignes
25 analogiques 300 ou 30F. Bien entendu, comme déjà évoqué ci-dessus dans une autre hypothèse, il convient d'activer une alerte pour informer le conducteur du véhicule d'une défaillance dans la redondance et de programmer différentes mesures appropriées comme par exemple interdire le redémarrage ultérieur du véhicule ou en limiter la vitesse.

[0078] En plus de tout ceci, on peut implanter une possibilité de créer un signal de freinage
30 prédéterminé par une commande d'urgence au moyen par exemple d'un bouton d'urgence à la

disposition du conducteur. Ce type de commande de freinage est pris en compte par l'unité centrale 3, plus précisément par le logiciel implanté dans l'unité centrale 3, et est acheminé aux modules électroniques de commande 23 de chacune des machines électriques par le bus CAN 30A. Ceci peut assurer une sécurité de fonctionnement au freinage même en cas de rupture de la pédale de frein. De même, ceci peut assurer une sécurité de fonctionnement au freinage en cas de rupture des trois capteurs ou de rupture de la fixation des trois capteurs de frein C1, C2 et C3. Si seule la liaison mécanique de l'un des trois capteurs C1 ou C2 ou C3 ou l'un des capteurs est défaillant, bien entendu la sécurité de fonctionnement en freinage est assurée comme expliqué au paragraphe précédent. Mais dans ce cas, on peut par exemple autoriser la fin du trajet et, après arrêt du véhicule, interdire son redémarrage.

[0079] La figure 5 illustre un autre mode de réalisation des associations de capteurs et des alimentations basse tension. Le premier groupe comporte un premier capteur C1 connecté directement ou indirectement à l'une ou l'autre des première ou deuxième alimentation ou aux deux, le deuxième groupe comportant un deuxième capteur C2 et un troisième capteur C3. Chacun des deuxième et troisième capteurs C2 et C3 est associé, pour délivrer un signal de commande au ou aux module(s) électronique(s) de pilotage de roue 23 des deux sous-systèmes A et B, le deuxième capteur (C2) et le troisième capteur (C3) étant connectés directement ou indirectement à l'une des première ou deuxième alimentation ou les deux.

[0080] En variante de réalisation, si le capteur C1 est connecté directement ou indirectement à une seule des première ou deuxième alimentation, par exemple le tronçon 43A, alors au moins l'un des deuxième C2 ou troisième C3 capteurs doit être alimenté par une alimentation différente de celle du premier capteur C1, par exemple le tronçon 43B.

[0081] La figure 6 illustre un troisième mode de réalisation des associations de capteurs et des alimentations basse tension. Cette fois, le premier groupe comporte un premier capteur C1 et un deuxième capteur C2 connectés directement ou indirectement à une l'une des première ou deuxième alimentation ou les deux, le deuxième groupe comportant un troisième capteur C3 associé pour délivrer un signal de commande au ou aux module(s) électronique(s) de pilotage de roue 23 des deux sous-systèmes A et B, le troisième capteur C3 étant alimentée par l'une des première ou deuxième alimentation ou par les deux.

[0082] Dans ce mode de réalisation, les capteurs C1 et C2 (premier groupe) sont connectés physiquement à l'unité centrale 3 et lui délivrent un signal analogique, alors que le capteur C3 (deuxième groupe) est connecté aux modules électroniques de pilotage de roue 23 qui transmettent sur le bus CAN® 30A la mesure issue du capteur C3 l'unité centrale 3. Il s'agit
5 donc d'une transmission indirecte via les modules électroniques de pilotage de roue 23, d'une information via une voie de communication de type informatique.

[0083] Si en variante du troisième mode de réalisation, l'unité centrale 3 est alimentée par une seule des première ou deuxième alimentation, par exemple par connexion au tronçon 43A, et si les trois capteurs C1, C2 et C3 sont également alimentés par une seule des première ou
10 deuxième alimentation, alors au moins un des capteurs C1 ou C2 du premier groupe doit être alimenté par la même alimentation que celle de l'unité centrale 3 alors que le capteur C3 du deuxième groupe doit être alimenté par une alimentation différente de celle de l'unité centrale 3, dans ce cas par connexion au tronçon 43B.

[0084] Enfin, signalons que de préférence la redondance matérielle qui vient d'être exposée
15 est utilisée en combinaison avec une redondance logicielle, avantageusement à la fois pour les logiciels chargés dans l'unité centrale 3 et ceux chargés dans les modules électroniques de pilotage de roue 23. De la sorte, on atteint un haut degré de sécurité du système de freinage pour véhicule par voie totalement électrique.

REVENDICATIONS

1. Système de freinage électrique d'un véhicule routier dont au moins une roue est reliée en rotation à au moins une machine électrique rotative, au moins un module électronique de pilotage de roue (23) pilotant la ou les machines électriques d'une même roue, comportant une unité centrale (3) assurant la gestion du déplacement du véhicule, ladite unité centrale contrôlant le ou les modules électroniques de pilotage de roue (23), comportant une commande de freinage à la disposition d'un conducteur, ladite commande étant reliée mécaniquement au moins à trois capteurs (C1, C2, C3) délivrant un signal de commande du freinage du véhicule ayant une amplitude donnée représentative de la force totale de freinage souhaitée pour le véhicule, lesdits capteurs (C1, C2, C3) étant répartis en un premier groupe (C1) et un deuxième groupe (C2, C3), dans lequel le ou les capteur(s) (C1) du premier groupe est (sont) connectés physiquement à l'unité centrale (3) et délivre(nt) son (leur) signal de commande analogique à ladite unité centrale (3) et le ou les capteur(s) du deuxième groupe (C2, C3) délivre(nt) son (leur) signal de commande analogique au ou à chacun des modules électroniques de pilotage de roue (23), lesdits modules électroniques de pilotage de roue (23) délivrant l'information en provenance des capteurs du deuxième groupe à l'unité centrale (3) via une voie de communication de type informatique.
2. Système selon la revendication 1, comportant au moins deux sous-systèmes (A et B) chacun comportant au moins un module électronique de pilotage de roue (23), comportant un étage d'alimentation électrique basse tension pour alimenter des circuits électroniques de contrôle et de commande des éléments de puissance, ledit étage d'alimentation électrique basse tension comportant une première alimentation et au moins une deuxième alimentation, la première alimentation et la deuxième alimentation étant interconnectées par une ligne électrique (43) comportant un premier tronçon (43A) et un second tronçon (43B), lesdits premier et second tronçons étant reliés par un dispositif de séparation électrique (430) des deux tronçons, capable d'interrompre l'interconnexion sur commande, en cas de sous-tension ou de surintensité sur l'un d'entre eux, l'un (A) des sous-systèmes étant alimenté par le premier tronçon (43A) et l'autre (B) des sous-systèmes étant alimenté par le second tronçon (43B), le premier groupe comportant un premier capteur (C1) connecté directement ou indirectement à l'une des première ou deuxième alimentation ou les deux, le deuxième groupe comportant un

deuxième capteur (C2) et un troisième capteur (C3), le deuxième capteur (C2) et l'un ou les module(s) électronique(s) de pilotage de roue (23) d'un (A) des sous-systèmes étant connectés directement ou indirectement à la première alimentation, le deuxième capteur (C2) délivrant un signal de commande à la ou aux module(s) électronique(s) de pilotage de roue (23) dudit sous-système (A), le troisième capteur (C3) et l'un ou les module(s) électronique(s) de pilotage de roue (23) de l'autre (B) des sous-systèmes étant connectés directement ou indirectement à la deuxième alimentation, le troisième capteur (C3) délivrant un signal de commande à la ou aux module(s) électronique(s) de pilotage de roue (23) dudit sous-système (B).

10

3. Système selon la revendication 1, comportant au moins deux sous-systèmes (A et B) chacun comportant au moins un module électronique de pilotage de roue (23), comportant un étage d'alimentation électrique basse tension pour alimenter des circuits électroniques de contrôle et de commande des éléments de puissance, ledit étage d'alimentation électrique basse tension comportant une première alimentation et au moins une deuxième alimentation, la première alimentation et la deuxième alimentation étant interconnectées par une ligne électrique (43) comportant un premier tronçon (43A) et un second tronçon (43B), lesdits premier et second tronçons étant reliés par un dispositif de séparation électrique (430) des deux tronçons, capable d'interrompre l'interconnexion sur commande, en cas de sous-tension ou de surintensité sur l'un d'entre eux, l'un (A) des sous-systèmes étant alimenté par le premier tronçon (43A) et l'autre (B) des sous-systèmes étant alimenté par le second tronçon (43B), le premier groupe comportant un premier capteur (C1) connecté directement ou indirectement à l'une des première ou deuxième alimentation ou les deux, le deuxième groupe comportant un deuxième capteur (C2) et un troisième capteur (C3), chacun des deuxième et troisième capteurs (C2 et C3) délivrant un signal de commande à la ou aux module(s) électronique(s) de pilotage de roue (23) des deux sous-systèmes (A et B), le deuxième capteur (C2) et le troisième capteur (C3) étant connectés directement ou indirectement à l'une des première ou deuxième alimentation ou les deux.

15

20

25

30

4. Système selon la revendication 3 dans lequel le premier groupe comportant un premier capteur (C1) est connecté directement ou indirectement à une seule des première ou deuxième alimentation, au moins l'un des deuxième (C2) ou troisième (C3) capteurs étant alimenté par une alimentation différente de celle du premier capteur (C1).

5. Système selon la revendication 1, comportant au moins deux sous-systèmes (A et B) chacun comportant au moins un module électronique de pilotage de roue (23), comportant un étage d'alimentation électrique basse tension pour alimenter des circuits électroniques de contrôle et de commande des éléments de puissance, ledit étage d'alimentation électrique basse tension comportant une première alimentation et au moins une deuxième alimentation, la première alimentation et la deuxième alimentation étant interconnectées par une ligne électrique (43) comportant un premier tronçon (43A) et un second tronçon (43B), lesdits premier et second tronçons étant reliés par un dispositif de séparation électrique (430) des deux tronçons, capable d'interrompre l'interconnexion sur commande, en cas de sous-tension ou de surintensité sur l'un d'entre eux, l'un (A) des sous-systèmes étant alimenté par le premier tronçon (43A) et l'autre (B) des sous-systèmes étant alimenté par le second tronçon (43B), le premier groupe comportant un premier capteur (C1) et un deuxième capteur (C2) connectés directement ou indirectement à l'une des première ou deuxième alimentation ou les deux, le deuxième groupe comportant un troisième capteur (C3) associé pour délivrer un signal de commande au ou aux module(s) électronique(s) de pilotage de roue (23) des deux sous-systèmes (A et B), le ou les module(s) électronique(s) de pilotage de roue (23) des sous-systèmes étant connectés directement ou indirectement à la première ou à la deuxième alimentation ou aux deux.
6. Système selon la revendication 5 dans lequel l'unité centrale (3) est alimentée par une seule des première ou deuxième alimentation et les trois capteurs C1, C2 et C3 sont également alimentés par une seule des première ou deuxième alimentation, au moins un des capteurs C1 ou C2 du premier groupe étant alimenté par la même alimentation que celle de l'unité centrale 3, le capteur C3 du deuxième groupe étant alimenté par une alimentation différente de celle de l'unité centrale 3.
7. Système selon la revendication 2 ou 3 ou 5, dans lequel le premier capteur (C1) est alimenté en énergie électrique basse tension via l'unité centrale (3).
8. Système selon l'une des revendications 2 à 5, dans lequel ladite première alimentation est une batterie (42).

- 31 -

9. Système selon l'une des revendications 2 à 8 comportant une ligne électrique centrale (40), dans lequel une deuxième alimentation est formée par un convertisseur de tension (41) branché à une ligne électrique centrale (40).
- 5 10. Système de freinage d'un véhicule selon l'une des revendications 2 à 9, pour un véhicule à quatre roues, chacune reliée en rotation à au moins une machine électrique rotative (2) qui lui est propre, dans lequel chacun desdits sous-systèmes comporte deux desdites roues.
- 10 11. Système de freinage d'un véhicule selon l'une des revendications 2 à 10 dans lequel chaque sous-système regroupe les roues du véhicule disposées en diagonale aux angles opposés du véhicule.
- 15 12. Système selon l'une des revendications 2 à 11, dans lequel ladite unité centrale (3) est alimentée à la fois par le premier tronçon et par le second tronçon via une paire de diodes isolant lesdits premier et second tronçons.
- 20 13. Système selon l'une des revendications 1 à 12 dans lequel l'unité centrale (3) comporte un programme assurant un contrôle de cohérence des mesures en déterminant par un « vote majoritaire » quelles sont les mesures valides.

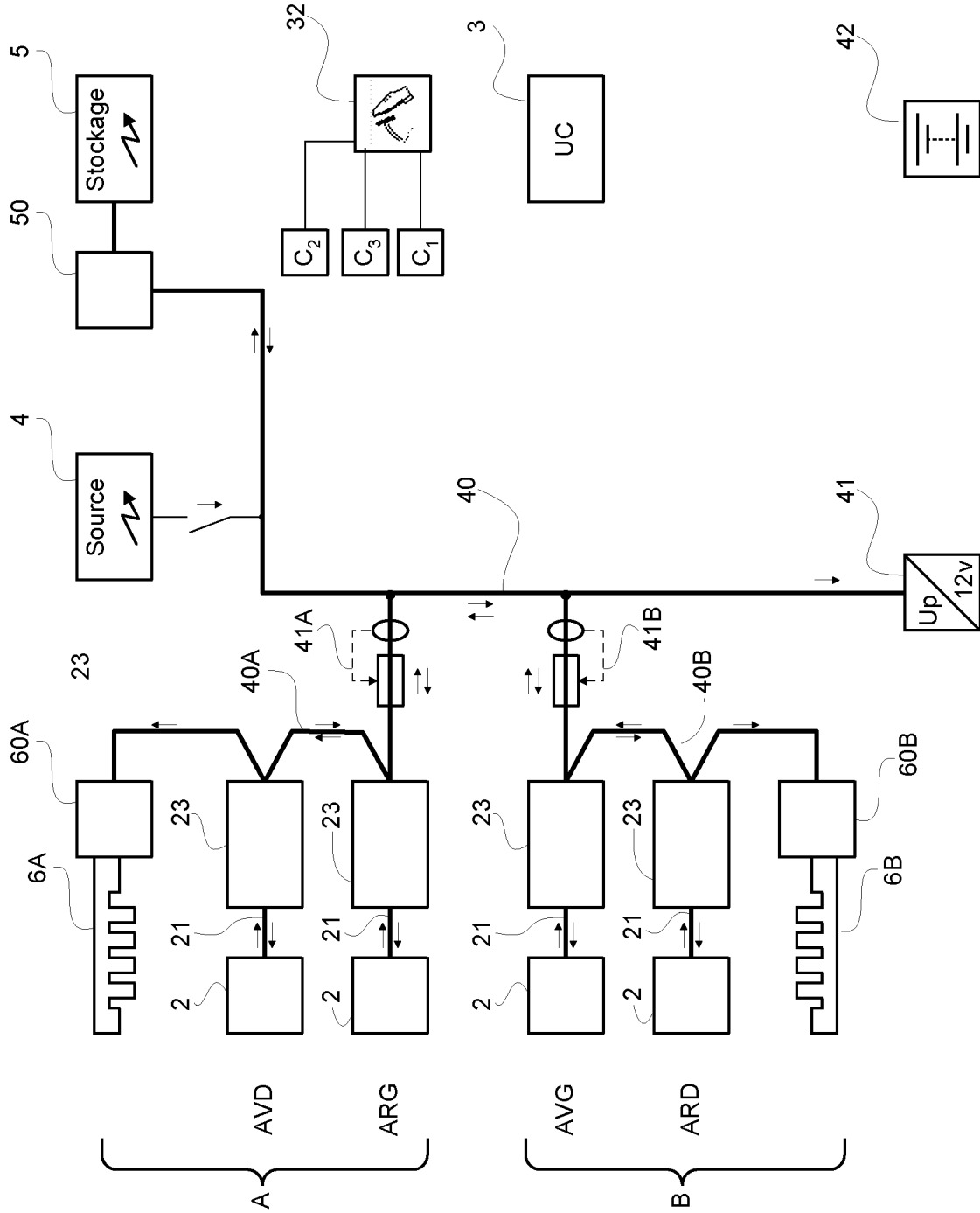


Fig. 2

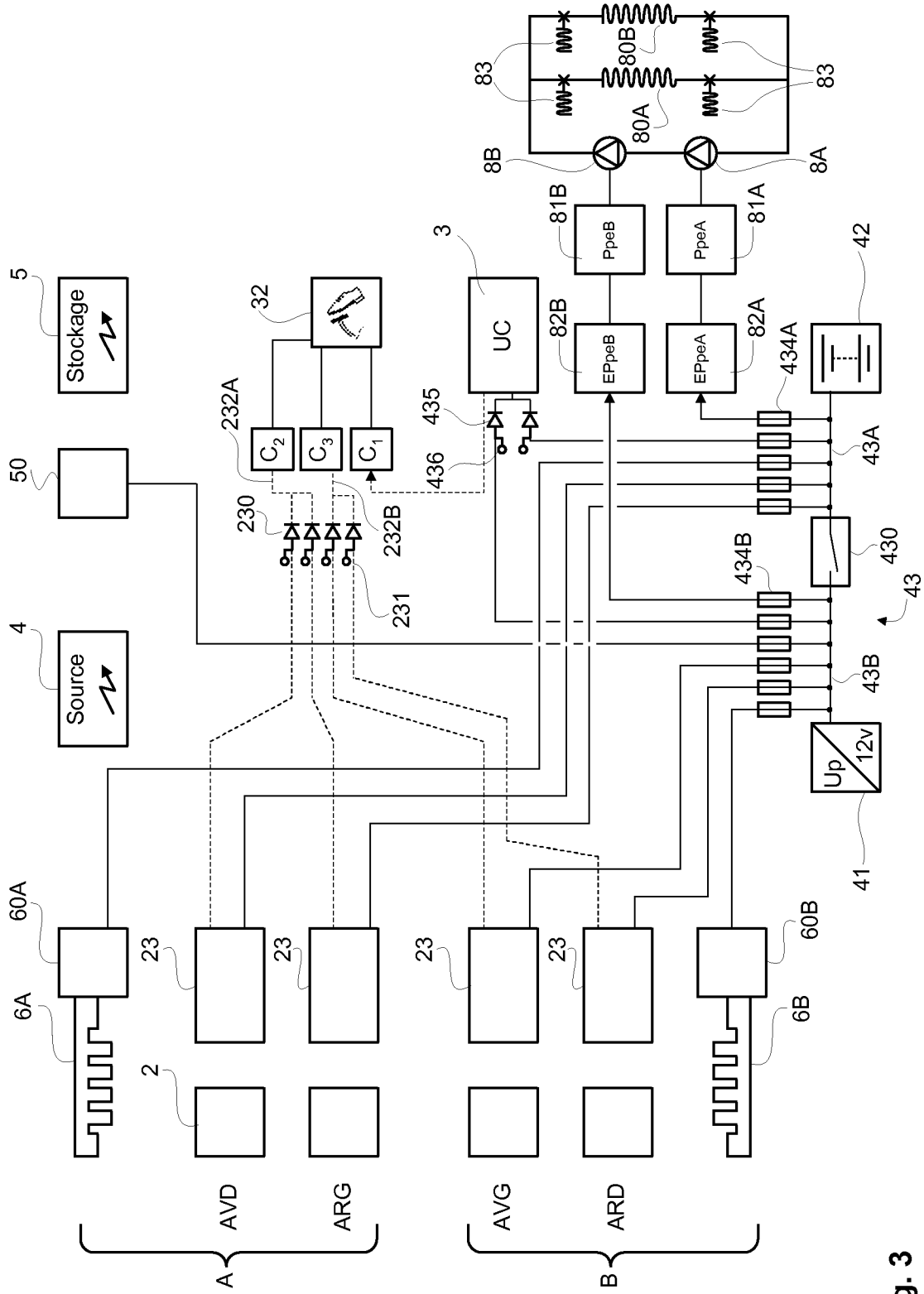


Fig. 3

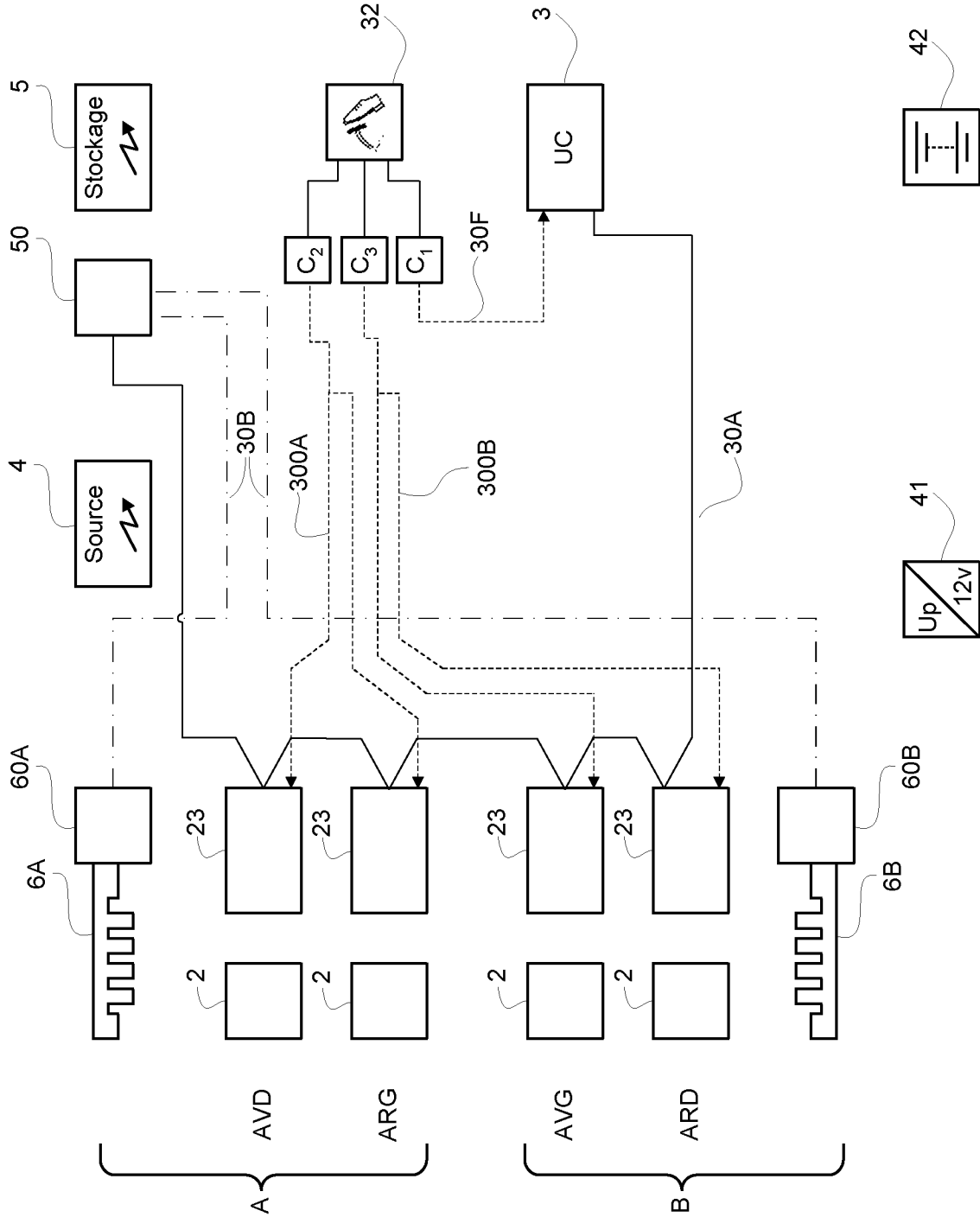


Fig. 4A

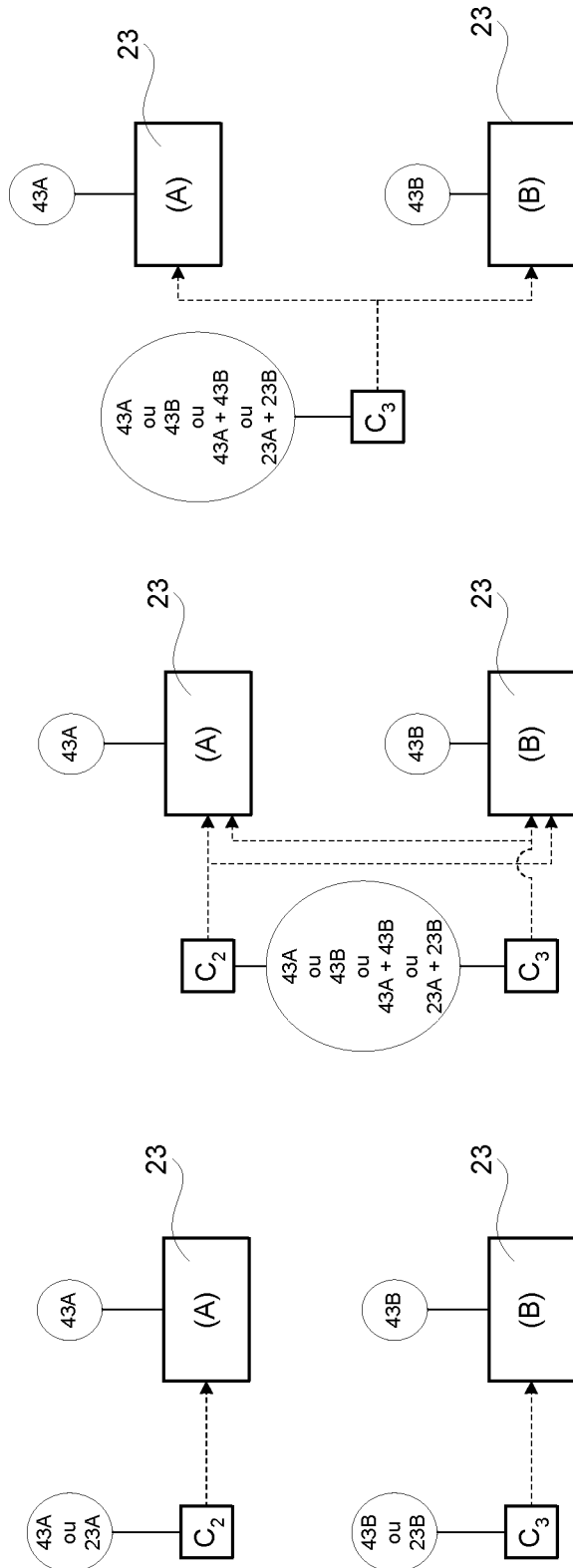
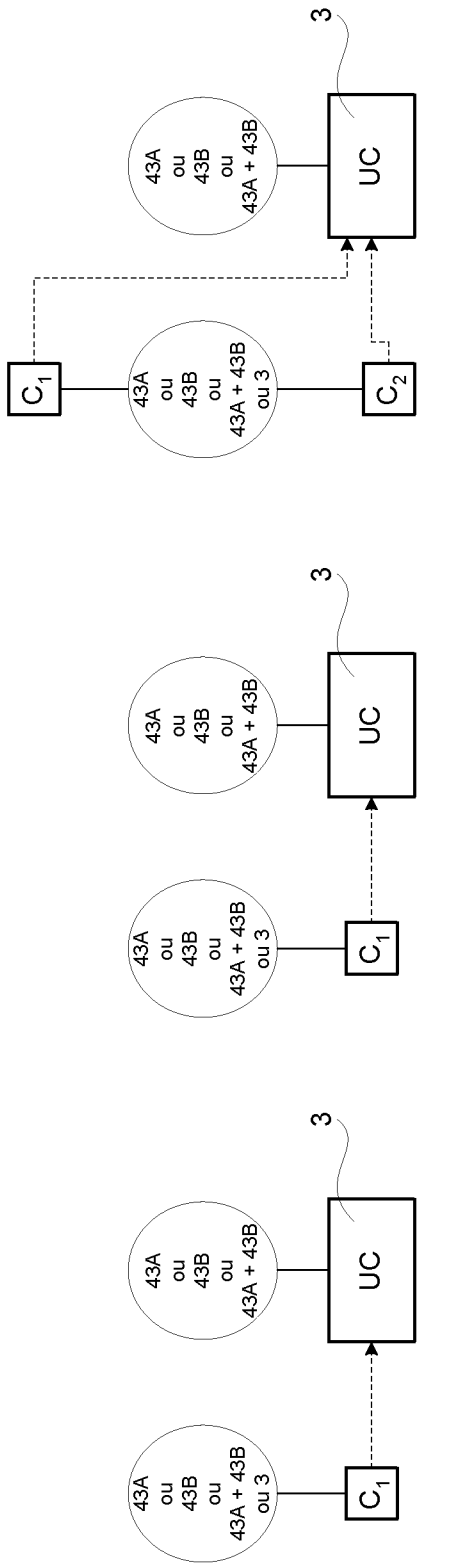


Fig. 6

Fig. 5

Fig. 4B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/062579

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B60L3/00 B60L7/00

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)
 B60L

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 practical, search terms used)
 EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y | US 5 418 437 A (COUTURE PIERRE [CA] ET AL) 23 May 1995 (1995-05-23) cited in the application column 3, line 15 - column 5, line 55; figures 1,2 | 1,13 |
| A | ----- | 2-12 |
| Y | US 6 476 515 B1 (YAMAMOTO TAKAYUKI [JP] ET AL) 5 November 2002 (2002-11-05) column 14, line 14 - column 15, line 65; figures 1-7 column 19, lines 34,35 | 1 |
| A | ----- | 2-12 |
| A | FR 2 850 071 A (RENAULT SA [FR]) 23 July 2004 (2004-07-23) page 4, line 4 - page 8, line 9; figures 2,4 | 1-13 |
| | ----- -/-- | |

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 document 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 | Date of mailing of the international search report |
| 17 février 2009 | 25/02/2009 |

| | |
|--|--|
| 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 Gusia, Sorin |
|--|--|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/062579

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|--|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| Y | US 6 244 675 B1 (BEHREND'S HOLGER [DE] ET AL) 12 June 2001 (2001-06-12) cited in the application column 4, line 30 - column 5, line 62; figure 1 | 13 |
| A | ----- | 1-12 |
| Y | EP 1 026 060 A (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 9 August 2000 (2000-08-09) cited in the application | 13 |
| A | paragraphs [0056] - [0067]; figures 1-3,8-10 | 1-12 |
| A | ----- WO 2005/110829 A (HALDEX BRAKE PROD AB [SE]; LINDQVIST ANDERS [SE]) 24 November 2005 (2005-11-24) paragraphs [0038] - [0060]; figure 3 ----- | 1-13 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

| |
|------------------------------|
| International application No |
| PCT/EP2008/062579 |

| Patent document cited in search report | A | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|----|------------------|-------------------------|------------------|
| US 5418437 | A | 23-05-1995 | AT 195912 T | 15-09-2000 |
| | | | AU 5367994 A | 08-06-1994 |
| | | | BR 9307370 A | 31-08-1999 |
| | | | CA 2144042 A1 | 26-05-1994 |
| | | | WO 9411215 A1 | 26-05-1994 |
| | | | DE 69329345 D1 | 05-10-2000 |
| | | | DE 69329345 T2 | 05-04-2001 |
| | | | EP 0668826 A1 | 30-08-1995 |
| | | | FI 952274 A | 10-05-1995 |
| | | | HU 73901 A2 | 28-10-1996 |
| | | | JP 8503119 T | 02-04-1996 |
| | | | NO 951921 A | 15-05-1995 |
| | | | NZ 257324 A | 28-10-1996 |
| | | | PL 308743 A1 | 21-08-1995 |
| <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> | | | | |
| US 6476515 | B1 | 05-11-2002 | DE 10043189 A1 | 29-03-2001 |
| | | | JP 2001138882 A | 22-05-2001 |
| <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> | | | | |
| FR 2850071 | A | 23-07-2004 | NONE | |
| <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> | | | | |
| US 6244675 | B1 | 12-06-2001 | DE 19840944 A1 | 16-03-2000 |
| | | | EP 0985907 A2 | 15-03-2000 |
| | | | JP 2000085556 A | 28-03-2000 |
| <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> | | | | |
| EP 1026060 | A | 09-08-2000 | JP 2000225935 A | 15-08-2000 |
| | | | US 6749269 B1 | 15-06-2004 |
| <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> | | | | |
| WO 2005110829 | A | 24-11-2005 | EP 1758778 A1 | 07-03-2007 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/062579

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 INV. B60L3/00 B60L7/00

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)
 B60L

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|------------|--|-------------------------------|
| Y | US 5 418 437 A (COUTURE PIERRE [CA] ET AL) 23 mai 1995 (1995-05-23) cité dans la demande colonne 3, ligne 15 - colonne 5, ligne 55; figures 1,2 | 1,13 |
| A | ----- | 2-12 |
| Y | US 6 476 515 B1 (YAMAMOTO TAKAYUKI [JP]-ET AL) 5 novembre 2002 (2002-11-05) colonne 14, ligne 14 - colonne 15, ligne 65; figures 1-7 colonne 19, ligne 34,35 | 1 |
| A | ----- | 2-12 |
| A | FR 2 850 071 A (RENAULT SA [FR]) 23 juillet 2004 (2004-07-23) page 4, ligne 4 - page 8, ligne 9; figures 2,4 | 1-13 |
| | ----- | -/-- |

 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

17 février 2009

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

25/02/2009

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

Gusia, Sorin

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale n°

PCT/EP2008/062579

| C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | |
|---|---|-------------------------------|
| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
| Y | US 6 244 675 B1 (BEHREND'S HOLGER [DE] ET AL) 12 juin 2001 (2001-06-12) cité dans la demande colonne 4, ligne 30 - colonne 5, ligne 62; figure 1 | 13 |
| A | ----- | 1-12 |
| Y | EP 1 026 060 A (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 9 août 2000 (2000-08-09) cité dans la demande | 13 |
| A | alinéas [0056] - [0067]; figures 1-3,8-10 | 1-12 |
| A | ----- WO 2005/110829 A (HALDEX BRAKE PROD AB [SE]; LINDQVIST ANDERS [SE]) 24 novembre 2005 (2005-11-24) alinéas [0038] - [0060]; figure 3 | 1-13 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2008/062579

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|----|------------------------|---|------------------------|
| US 5418437 | A | 23-05-1995 | AT 195912 T | 15-09-2000 |
| | | | AU 5367994 A | 08-06-1994 |
| | | | BR 9307370 A | 31-08-1999 |
| | | | CA 2144042 A1 | 26-05-1994 |
| | | | WO 9411215 A1 | 26-05-1994 |
| | | | DE 69329345 D1 | 05-10-2000 |
| | | | DE 69329345 T2 | 05-04-2001 |
| | | | EP 0668826 A1 | 30-08-1995 |
| | | | FI 952274 A | 10-05-1995 |
| | | | HU 73901 A2 | 28-10-1996 |
| | | | JP 8503119 T | 02-04-1996 |
| | | | NO 951921 A | 15-05-1995 |
| | | | NZ 257324 A | 28-10-1996 |
| | | | PL 308743 A1 | 21-08-1995 |
| US 6476515 | B1 | 05-11-2002 | DE 10043189 A1 | 29-03-2001 |
| | | | JP 2001138882 A | 22-05-2001 |
| FR 2850071 | A | 23-07-2004 | AUCUN | |
| US 6244675 | B1 | 12-06-2001 | DE 19840944 A1 | 16-03-2000 |
| | | | EP 0985907 A2 | 15-03-2000 |
| | | | JP 2000085556 A | 28-03-2000 |
| EP 1026060 | A | 09-08-2000 | JP 2000225935 A | 15-08-2000 |
| | | | US 6749269 B1 | 15-06-2004 |
| WO 2005110829 | A | 24-11-2005 | EP 1758778 A1 | 07-03-2007 |