

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 573 380

②1 N° d'enregistrement national :

85 17003

⑤1 Int Cl^a : B 62 D 5/04.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 18 novembre 1985.

③0 Priorité : JP, 16 novembre 1984, n° 59-241959.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 21 du 23 mai 1986.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : HONDA GIKEN KOGYO
KABUSHIKI KAISHA. — JP.

⑦2 Inventeur(s) : Yasuo Shimizu.

⑦3 Titulaire(s) :

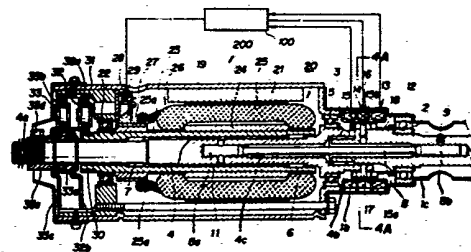
⑦4 Mandataire(s) : Société de protection des inventions.

⑤4 Système de direction à commande électrique pour véhicules.

⑤7 L'invention concerne un système de direction à com-
mande électrique pour véhicules.

Ledit système 200 comporte un circuit 100 de commande
d'entraînement pour délivrer un signal de commande d'entraî-
nement à un moteur 20 à courant continu. Ce moteur est
conçu pour fournir un couple auxiliaire à un arbre de sortie 4
relié mécaniquement à un arbre d'entrée 1 par une barre de
torsion 8, en réaction à un signal de sortie provenant d'un
mécanisme 13 détecteur de couple qui détecte le couple de
braquage agissant sur l'arbre d'entrée 1. Ledit signal de com-
mande consiste en une tension d'induit du moteur 20 ayant
une valeur proportionnelle à l'amplitude du couple de braquage
imposée à l'arbre d'entrée 1.

Application notamment aux mécanismes de direction pour
véhicules automobiles.



FR 2 573 380 - A1

SYSTEME DE DIRECTION A COMMANDE ELECTRIQUE POUR VEHICULES

La présente invention se rapporte, d'une manière générale, à un système de direction équipant des véhicules et plus particulièrement, à un système de ce genre commandé électriquement.

5 Compte tenu des difficultés soulevées par des systèmes de direction du type hydraulique dont la structure est compliquée, différents systèmes de direction du type électrique destinés à des véhicules ont été proposés au cours des récentes années.

10 Par exemple, la demande de brevet japonais n° 59-70257 soumise à l'Inspection Publique le 20 Avril 1984, décrit un système de direction à commande électrique pour véhicules.

 Ce système du type électrique comprend
15 un arbre d'entrée en tant qu'arbre de direction relié à un volant de direction ; un arbre de sortie en liaison avec l'arbre d'entrée par l'intermédiaire d'un joint universel et, par l'entremise d'un mécanisme à crémaillère et à pignon, avec une barre d'accouplement
20 de roue braquée ; un moteur électrique pour fournir un couple auxiliaire à l'arbre de sortie, par l'intermédiaire d'un engrenage réducteur ; un mécanisme détecteur de couple, installé sur ledit arbre d'entrée afin de détecter le couple de braquage agissant sur cet
25 arbre d'entrée ; ainsi qu'un circuit de commande d'entraînement conçu pour engendrer, sur la base d'un signal de détection provenant dudit mécanisme détecteur, un signal d'amplitude de couple et un signal de direction de couple représentant respectivement
30 l'amplitude et la direction du couple de braquage imposé à l'arbre d'entrée, ce circuit étant également destiné à délivrer au moteur électrique un courant

d'induit dont l'intensité est proportionnelle au signal d'amplitude du couple et dont le sens de circulation correspond au signal de direction du couple. Le mécanisme de détection du couple consiste en un détecteur à
5 jauge de contrainte.

Dans un tel agencement lorsque le volant de direction est actionné, un couple auxiliaire adéquat provenant du moteur électrique est imposé à l'arbre de sortie, ce qui favorise le processus de braquage.

10 Cependant, dans le système de direction à commande électrique décrit ci-dessus, l'entraînement du moteur électrique est commandé de telle sorte qu'un couple auxiliaire dont l'amplitude est sensiblement proportionnelle à celle du couple de braquage agissant
15 sur l'arbre d'entrée soit imposé à l'arbre de sortie, indépendamment de la vitesse à laquelle une rotation est imprimée au volant de direction.

A cet égard, il est de préférence souhaitable que le moteur électrique soit commandé de manière
20 à délivrer un couple auxiliaire à l'arbre de sortie en tenant compte de la vitesse de rotation du volant de direction.

La présente invention a été élaborée pour répondre à un tel souhait dans un système de direction
25 classique à commande électrique pour véhicules.

Un objet de la présente invention consiste par conséquent à fournir un système de direction à commande électrique pour véhicules, dans lequel l'entraînement d'un moteur électrique, destiné à
30 délivrer un couple auxiliaire à un arbre de sortie, puisse être commandé en prenant en compte la vitesse à laquelle une rotation est imprimée au volant de direction afin d'obtenir une bonne manoeuvrabilité.

Pour atteindre cet objet, la présente invention
35 propose un système de direction à commande électrique

pour véhicules, comprenant un arbre d'entrée en liaison efficace avec un volant de direction, un arbre de sortie en liaison efficace avec une roue braquée ; un élément de solidarisation pour assurer la liaison sensiblement mécanique entre l'arbre d'entrée et l'arbre de sortie ; un moteur à courant continu, pour fournir efficacement un couple auxiliaire à l'arbre de sortie ; un moyen détecteur de couple pour détecter le couple de braquage imposé à l'arbre d'entrée ; ainsi qu'un circuit de commande d'entraînement, pour appliquer audit moteur un signal de commande d'entraînement en réaction à un signal de sortie provenant du moyen de détection, ledit signal de commande de l'entraînement consistant en une tension d'induit du moteur dont la valeur est proportionnelle à l'amplitude du couple de braquage agissant sur l'arbre d'entrée.

L'invention va à présent être décrite plus en détail à titre d'exemples nullement limitatifs, en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma de montage d'un circuit de commande d'entraînement d'un système de direction à commande électrique pour véhicules, selon une forme de réalisation préférentielle de la présente invention ;

- les figures 2A à 2D sont des graphiques illustrant des courbes caractéristiques de signaux de sortie de certains des composants principaux du circuit de commande de la figure 1 ;

- la figure 3 est une coupe longitudinale d'une partie essentielle du système de direction à commande électrique par le circuit de la figure 1 ;

- la figure 4A est une coupe transversale selon la ligne 4A-4A de la figure 3, représentant

une partie essentielle d'un mécanisme détecteur de couple pour détecter le couple de braquage agissant sur un arbre d'entrée du système de direction à commande électrique ; et

5 - les figures 4B et 4C sont respectivement une vue en plan et une élévation latérale montrant un organe mobile du mécanisme détecteur de couple de la figure 4A.

10 Comme on le voit sur la figure 1, la référence numérique 100 désigne globalement un circuit de commande d'entraînement d'un système de direction à commande électrique selon une forme de réalisation préférentielle de la présente invention, ce système équipant un

15 véhicule (non illustré). Les figures 2A à 2D mettent en évidence des courbes caractéristiques de certains signaux décrits ci-après, devant être délivrés par des composants essentiels du circuit de commande 101. Une illustration structurale du système de direction à commande électrique est fournie par la figure 3

20 qui est une coupe longitudinale d'une partie essentielle du système de direction repéré par la référence 200 et commandé par le circuit 100, ainsi que par les figures 4A à 4C montrant, par des coupes respectives, un mécanisme, décrit ci-après, détectant le couple

25 du système de direction 200.

 Pour favoriser la compréhension, il convient tout d'abord de décrire la structure mécanique du système de direction 200, en se référant aux figures 3 et 4A à 4C, avant de procéder à la description

30 de la réalisation et du fonctionnement du circuit de commande 100.

 Comme exposé ci-avant, la figure 3 est une coupe et plus particulièrement, une coupe longitudinale fragmentaire de la partie essentielle du système

35 de direction 200.

Le système 200 comprend un arbre d'entrée 1 supporté à rotation par un roulement à bille 2 ainsi que par un palier 3 à aiguilles, et relié à un volant de direction (non représenté) par son extrémité axialement externe ; ainsi qu'un arbre de sortie 4 qui est coaxial à l'arbre d'entrée 1 et est relié efficacement à cet arbre 1 par l'intermédiaire de barres de torsion 8, elles-mêmes coaxiales audit arbre 1. L'arbre de sortie 4 est lui aussi, supporté à rotation par un roulement à bille 5 et par des paliers 6 et 7 à aiguilles. A son extrémité axialement externe, cet arbre de sortie 4 comporte une zone cannelée 4a pour relier l'arbre 4 à une boîte d'engrenages de direction (non illustrée) du type à crémaillère et à pignon.

L'arbre d'entrée 1 comporte une région extrême 1b axialement interne, de diamètre réduit, logée par son extrémité la plus inférieure dans une région extrême 4b axialement interne et élargie de l'arbre de sortie 4, dans laquelle elle est en appui rotatif avec interposition du palier 3 à aiguilles.

Sur la moitié gauche de sa longueur, la barre de torsion 8 est introduite dans une cavité axiale 4c de l'arbre de sortie 4 et elle est assujettie à cet arbre de sortie 4, par sa partie extrême de gauche 8a, au moyen d'un tenon 11 enfoncé perpendiculairement dans ladite partie extrême 8a. La moitié de droite de la barre de torsion 8 est instaurée dans une cavité axiale 1c de l'arbre d'entrée 1 auquel elle est assujettie par sa partie extrême de droite 8b à l'aide d'un goujon fileté 9, si bien que ledit arbre d'entrée 1 est destiné à occuper lorsqu'il n'est soumis à aucun couple de braquage, une position angulaire circonférentielle prédéterminée ou position neutre par rapport à l'arbre de sortie 4.

Dans l'agencement qui précède, un couple de braquage provenant du volant de direction est appliqué à l'arbre d'entrée 1, puis répercuté de ce dernier à l'arbre de sortie par l'intermédiaire de la barre de torsion 8, impliquant des déformations de torsion de cette barre 8.

Il convient de noter que, sur la figure 3, la référence numérique 12 désigne une colonne de direction dans laquelle l'arbre d'entrée 1 est incorporé, et qui entoure cet arbre d'entrée.

Dans sa zone dans laquelle la région extrême interne 1b de l'arbre d'entrée 1 est logée dans la région extrême interne 4b de l'arbre de sortie 4, le système 200 présente un mécanisme 13 détecteur de couple, destiné à entourer ladite zone et à détecter un couple de braquage agissant sur l'arbre d'entrée 1, en détectant un mouvement angulaire relatif s'opérant dans le sens circonférentiel, et représentant un déphasage entre les arbres respectifs d'entrée 1 et de sortie 4. Le mécanisme de détection 13 se compose d'un transformateur différentiel 14 fixé à la circonférence interne de la colonne de direction 12, ainsi que d'un organe mobile tubulaire 15 consistant en un noyau de fer stratifié et ajusté, à coulissement axial, autour des régions 1b et 4b mutuellement en contact des arbres respectifs 1 et 4. Le transformateur différentiel 14 comporte deux bornes de sortie raccordées au circuit 100 de commande de l'entraînement, lequel est en partie conçu pour détecter électriquement le mouvement angulaire relatif des arbres respectifs d'entrée 1 et de sortie 4 ; ce circuit de commande 100 a à proprement parler pour fonction d'appliquer à un moteur électrique 20 une tension commandée de polarité contrôlée, afin de délivrer à ce moteur 20 un courant d'induit I_o (figure 1) nécessaire pour

ledit moteur 20 en fonction de l'amplitude et de la direction d'action du couple auxiliaire qu'on souhaite voir développé par ledit moteur 20.

Comme illustré sur la figure 4A, l'organe mobile 15 est en prise avec l'arbre d'entrée au moyen de deux tétons radiaux 16 fixés à cet arbre d'entrée 1, et avec l'arbre de sortie 4 à l'aide de deux autres tétons radiaux 17 fixés audit arbre de sortie 4, les tétons radiaux 17 étant à chaque fois espacés 10 circonférentiellement de l'un des tétons radiaux 16, d'un décalage respectif de 90° pour venir en prise avec les tétons radiaux 16 saillant au-delà de l'arbre d'entrée, l'organe mobile 15 est percé de deux boutonnières 15b occupant des emplacements circonférentiels correspondants, 15 de façon à s'étendre dans le sens axial de la barre de torsion 8. Pour permettre également la venue en prise avec les tétons radiaux 17 en saillie au-delà de l'arbre de sortie 4, ledit organe mobile 15 présente deux boutonnières 15a ménagées à l'oblique par rapport 20 à la direction axiale de la barre de torsion 8. L'organe mobile 15 est normalement chargé dans le sens axial (vers la gauche en observant la figure 3) par un ressort hélicoïdal comprimé 18 interposé entre cet organe 15 et le roulement à bille 2 précité.

25 Dans la réalisation ci-dessus, un jeu considéré, résultant des tolérances de fabrication est réservé entre chacun des tétons radiaux 17 et l'une correspondante des boutonnières 15a. Cependant, sur l'un, 15c, des flancs de la boutonnière 15a (constituant son flanc 30 efficace), un quelconque jeu résultant d'un tel interstice entre le téton 17 et la boutonnière 15a est sensiblement éliminé par la présence du ressort 18 qui, normalement, presse le téton 17 pour l'amener en butée contre le flanc efficace 15c ; en revanche, un jeu correspondant 35 l est réservé entre le téton 17 et l'autre flanc 15d de la boutonnière 15a.

Conformément à la réalisation qui précède, lorsqu'une rotation forcée est imposée à l'arbre d'entrée 1 par le couple de braquage appliqué au volant de direction, en transmettant par conséquent ce couple à l'arbre de sortie 4 par l'intermédiaire de la barre de torsion 8, il se produit un décalage angulaire relatif dans le sens circonférentiel (correspondant au mouvement angulaire relatif de l'arbre d'entrée 1 de l'arbre de sortie 4), d'où il résulte que l'organe mobile se meut axialement vers la droite ou vers la gauche sur la figure 3, en fonction du sens de rotation ainsi que de la valeur absolue du décalage angulaire qui est alors imposé à l'arbre d'entrée 1 par rapport à l'arbre de sortie 4. Du fait que le mouvement axial de l'organe mobile 15 est proportionnel au décalage angulaire relatif des arbres 1 et 4, ce décalage est détecté en repérant électriquement ledit mouvement axial par l'entremise du transformateur différentiel 14.

Comme le montre la figure 3, le système 200 possède un boîtier cylindrique 19 logeant le moteur électrique 20 en tant que dispositif à courant continu occupant une position coaxiale autour de l'arbre de sortie 4. Le moteur électrique 20 comprend une paire d'aimants 21 constituant un champ et fixés à la circonférence interne du boîtier 19 ; ainsi qu'un rotor 26 qui, constituant un induit, se compose d'un arbre tubulaire 23 en appui rotatif sur les paliers 6, 7 à aiguilles et sur un roulement à bille 22, ainsi que d'un noyau d'induit 24 qui est calé sur l'arbre tubulaire 23 et est muni d'un enroulement d'induit 25 conçu pour interrompre, lorsqu'il est mis en rotation, les lignes du flux magnétique engendrées par les aimants 21. En outre, à son extrémité de gauche, le rotor 26 est doté d'un ensemble 27 à bague

collectrice, auquel des bornes 25a de l'enroulement d'induit 25 sont raccordées de façon à permettre la circulation traversante du courant d'induit I_o d'intensité nécessaire, dans le sens de circulation requis. Dans chacune des positions angulaires électriques nécessaires, un charbon 29 est amené en butée contre l'ensemble 27 à bague collectrice, contre lequel il est normalement pressé par un ressort hélicoïdal 28. Par l'intermédiaire du charbon 29, le courant d'induit I_o commandé est délivré à l'enroulement d'induit 25 en provenance du circuit de commande 100.

Dans l'agencement ci-avant, lorsqu'un couple est imposé à l'arbre d'entrée 1 par le volant de direction alors que les arbres d'entrée 1 et de sortie 4 accusent un mouvement angulaire relatif devant être détecté par le mécanisme détecteur 13, le circuit de commande 100 est mis en fonction pour délivrer obligatoirement le courant d'induit I_o à l'enroulement d'induit 25, en entraînant ainsi le moteur électrique 20 d'une manière telle que le rotor 26 tourne autour de l'arbre de sortie 4, indépendamment de ce dernier, dans le même sens de rotation que l'arbre d'entrée 1.

La rotation du rotor 26 est transmise à l'arbre de sortie 4 par l'intermédiaire d'un mécanisme réducteur de vitesse qui comprend des trains épicycloïdaux primaire et secondaire 32 et 33, et dans lequel la vitesse angulaire est réduite et le couple est accru. Dans le mécanisme réducteur se composant des deux trains épicycloïdaux 32 et 33, le premier train 32 comprend une roue planétaire primaire 30 ménagée le long de la circonférence externe de la partie extrême de gauche de l'arbre tubulaire 23, agissant en tant qu'élément d'entrée primaire ; la moitié de droite d'une couronne dentée commune 31 est fixée

à la circonférence interne du boîtier 19 ; et trois pignons satellites primaires 32a sont interposés entre la roue 30 et la couronne 31 avec lesquelles ils sont en prise. Les pignons satellites primaires 32a sont supportés à pivotement par une collerette 10 5 coïdale 32b assujettie à un élément d'entrée secondaire pouvant tourner avec eux sur l'arbre de sortie 4, élément sur lequel est ménagée une roue planétaire secondaire 33a. D'autre part, le train secondaire 33 10 se compose de la roue planétaire secondaire 33a, de la moitié de gauche de la couronne dentée 31, ainsi que de trois pignons satellites secondaires 33b intercalés entre la roue 33a et la couronne 31 dans lesquelles ils engrènent. Les pignons satellites 15 secondaires 33b sont en appui pivotant sur une collerette discoïdale 33c reliée d'un seul tenant à une pièce tubulaire 33e, laquelle pièce 33e est ajustée à un cannelage sur une partie de la zone cannelée 4a de l'arbre de sortie 4, et également fixée à cet arbre 4 20 par un boulon radial 33d.

Par conséquent, lorsqu'un couple de braquage est imposé à l'arbre d'entrée 1, l'arbre de sortie 4 reçoit outre le couple devant lui être transmis à partir de l'arbre d'entrée 1 par l'intermédiaire 25 de la barre de torsion 8, un couple additionnel qui est développé par l'action électromagnétique du moteur électrique 20 entourant l'arbre de sortie 4, et répercuté par l'intermédiaire du mécanisme réducteur de vitesse, ce qui fait qu'un couple auxiliaire est 30 délivré audit arbre de sortie 4. Il en résulte une fonction d'assistance du système de direction 200 à commande électrique.

Par ailleurs, comme le révèle une observation de la figure 4A, lorsque le mouvement angulaire relatif

des arbres respectifs d'entrée 1 et de sortie 4 croît jusqu'à un angle déterminé (approximativement de 10° dans ce type de réalisation), des faces latérales 1c à mouvement circonférentiel de la région extrême 1d axialement interne de l'arbre d'entrée 1 sont amenées en butée et sont bloquées contre des faces latérales correspondantes 4c de verrouillage circonférentiel de la région extrême 4b axialement interne de l'arbre de sortie 4, en empêchant ainsi le mouvement angulaire relatif de s'accroître davantage encore, tout en transmettant mécaniquement et directement la rotation de l'arbre d'entrée 1, (c'est-à-dire le couple de braquage qui lui est imposé). En d'autres termes, grâce à une telle structure de verrouillage entre les arbres d'entrée 1 et de sortie 4 et grâce à la barre de torsion, le système de direction 200 renferme un mécanisme incorporé à l'abri des défaillances.

Il convient de décrire ci-après, en se référant aux figures 1 et 2a à 2b, la réalisation et le fonctionnement du circuit 100 de commande d'entraînement conçu pour commander l'action du système de direction 200 à commande électrique.

Comme illustré sur la figure 1, le circuit de commande 100 comprend un circuit 70 produisant des signaux représentatifs du couple et recevant une paire de signaux de détection Vr et Vl délivrés par le mécanisme 13 détecteur de couple, ce circuit 70 étant conçu pour engendrer deux signaux Sdr et Sdl de direction du couple et un signal Sa d'amplitude du couple en fonction desdits signaux Vr et Vl ; ainsi qu'un circuit 80 d'entraînement du moteur auquel le circuit 70 applique les signaux Sdr, Sdl et Sa représentatifs du couple, ce circuit 80 étant destiné à faire traverser le moteur électrique 20 par une

tension aux bornes Va de polarité commandée, en alimentant ainsi ce moteur 20 avec le courant d'induit Io en fonction des signaux Sdr, Sdl et Sa.

5 Il convient tout d'abord de décrire le circuit 70 produisant des signaux représentatifs du couple.

10 Le transformateur différentiel 14 du mécanisme détecteur 13 comprend un enroulement primaire 14a et deux enroulements secondaires 14b et 14c. L'enroulement primaire 14a est excité par un signal de courant alternatif de fréquence prédéterminée, délivré par un oscillateur 34. Les enroulements secondaires 14b et 14c sont conçus pour émettre les signaux de détection Vr et Vl, en tant que paire de signaux de tension alternative, avec une amplitude à variation différentielle en fonction du mouvement axial de l'organe mobile 15 du transformateur 14. Les signaux de détection Vr et Vl provenant des enroulements secondaires 14b et 14c sont tout d'abord redressés par une paire de redresseurs 35a et 35b, puis lissés par une paire de filtres passe-bas 36a et 36b, pour être respectivement convertis en une paire de signaux Vr1 et Vl1 de tension continue.

25 Le signal Vr1 de tension continue est appliqué à une borne positive d'entrée d'un soustracteur 37 et à une borne négative d'entrée d'un autre soustracteur 38, tandis que l'autre signal Vl1 de tension continue est appliqué à une borne négative d'entrée du soustracteur 37 et à une borne positive d'entrée du soustracteur 38.

30 On fera observer que, dans l'agencement qui précède, l'organe mobile 15 est destiné à occuper la position neutre (désignée par Xo sur la figure 1), lorsque le mouvement angulaire relatif des arbres respectifs d'entrée et de sortie 4 est nul, et qu'aucun

couple de braquage n'est imposé à l'arbre d'entrée 1
Cet organe est en outre conçu pour se mouvoir vers
la droite sur la figure 4B (c'est-à-dire vers le
haut sur la figure 4C) lorsqu'une rotation vers la
5 droite (vis-à-vis du volant de direction) est imprimée
à l'arbre d'entrée 1 par rapport à l'arbre de sortie 4
et qu'une charge est imposée audit arbre 4 alors
qu'un couple agissant dans le sens horaire est appliqué
audit arbre d'entrée 1. A cet égard, l'organe mobile 15
10 illustré sur la figure 1 comporte une direction verticale
qui coïncide avec sa direction verticale sur la figure 4C.
De ce fait, lorsqu'une rotation dans le sens horaire
est imprimée à l'arbre d'entrée 1 par rapport à l'arbre
de sortie 4, l'organe mobile 15 est déplacé dans
15 une direction ascendante +X sur la figure 1. En revanche,
lorsqu'une rotation dans le sens anti-horaire (vis-à-vis
du volant de direction) est imprimée à l'arbre d'entrée 1
par rapport à l'arbre de sortie 4 et qu'une charge
est imposée à l'arbre 4 tandis qu'un couple agissant
20 dans le sens anti-horaire est appliqué à l'arbre
d'entrée, l'élément mobile 15 est mû dans une direction
descendante -X sur la figure 1.

Par conséquent, lorsque l'organe mobile 15
est amené à la position neutre X_0 (constituant sa
25 position initiale), les signaux V_{r1} et V_{l1} de tension
continue sont l'un et l'autre délivrés en tant que
tension de valeur prédéterminée ou valeur originelle.
Lorsque l'organe mobile 15 est déplacé verticalement
à l'écart de sa position X_0 de la figure 1, les signaux
30 V_{r1} et V_{l1} doivent comporter des tensions accusant
des variations différentielles, à partir de la valeur
originelle en fonction du mouvement vertical.

Lorsque, par exemple dans le mécanisme 13 détecteur
de couple, l'organe mobile 15 est déplacé vers le

haut sur la figure 1 et qu'une rotation "dextrorsum" est imprimée à l'arbre d'entrée 1 par rapport à l'arbre de sortie 4, le signal Vr_1 présente une tension supérieure à la valeur initiale, dont l'accroissement est

5 proportionnel au mouvement ascendant de l'organe 15, tandis qu'une chute de la valeur de la tension du signal Vl_1 est provoquée en conséquence. A l'inverse, lorsque l'organe mobile 15 est déplacé de haut en

10 bas sur la figure 1 et qu'une rotation "cénestorsum" est imprimée à l'arbre d'entrée 1 par rapport à l'arbre de sortie 4, la valeur de la tension du signal Vl_1 croît à partir de sa valeur initiale, proportionnellement au mouvement descendant de l'organe 15, tandis que la tension du signal Vr_1 chute d'une manière correspondante.

15 De surcroît, le soustracteur 37 délivre un signal de tension Vr_2 tel que $Vr_2 = Vr_1 - Vl_1$, et le soustracteur 38 délivre un autre signal de tension Vl_2 , tel que $Vl_2 = Vl_1 - Vr_1$.

L'on fera observer que le soustracteur

20 37 est conçu de telle sorte que le signal de tension Vr_2 qu'il délivre soit sensiblement maintenu à une tension de valeur zéro du côté positif (c'est-à-dire qu'il ne devienne pas négatif), cependant que le signal d'entrée Vr_1 accuse une valeur moindre

25 que celle du signal Vl_1 . Similairement, le signal de tension Vl_2 délivré par le soustracteur 38 est maintenu sensiblement à une tension de valeur zéro du côté positif (c'est-à-dire qu'il ne devient pas négatif), tandis que le signal entrée Vl_1 est resté

30 d'une valeur inférieure à celle du signal Vr_1 . En conséquence, lorsque l'organe mobile 15 est placé dans la position neutre X_0 , les signaux de sortie Vr_2 et Vl_2 des soustracteurs 37 et 38 sont, l'un et l'autre, maintenus sensiblement à une tension

35 de valeur de tension zéro du côté positif.

Le signal de sortie V_{r2} du soustracteur 37 est appliqué à un comparateur de tension 39 et à un circuit OU 40, le signal de sortie V_{l2} du soustracteur 38 étant appliqué à ce circuit 40 et à un autre comparateur de tension 41.

Dans le circuit OU 40, les signaux d'entrée V_{r2} et V_{l2} font l'objet d'une addition logique pour obtenir le signal S_a d'amplitude du couple devant être délivré par ledit circuit, ce signal S_a étant délivré en tant que signal de tension ayant une valeur proportionnelle à l'amplitude d'un couple T_i agissant sur l'arbre d'entrée 1.

Dans les comparateurs de tension 39 et 41, l'on obtient les signaux S_{dr} et S_{dl} de direction du couple devant être respectivement délivrés par lesdits comparateurs, ces signaux S_{dr} et S_{dl} étant délivrés en tant que signaux de tension logiques devant respectivement accuser une valeur "faible" lorsque le signal d'entrée V_{r2} ou V_{l2} est resté d'une valeur inférieure à une tension de référence prédéterminée V_c , et une valeur "élevée" lorsque la valeur du signal d'entrée V_{r2} ou V_{l2} n'est pas inférieure à la valeur de la tension de référence V_c .

De la sorte, lorsqu'une rotation dans le sens horaire est imprimée à l'arbre d'entrée 1 par rapport à l'arbre de sortie 4, les signaux de sortie S_{dr} et S_{dl} des comparateurs de tension 39 et 41 sont respectivement ajustés aux valeurs "élevée" et "faible". A l'inverse, lorsqu'une rotation anti-horaire est imprimée à l'arbre d'entrée 1 par rapport à l'arbre de sortie, le signal S_{dr} est ajusté à la valeur "faible" et le signal S_{dl} prend la valeur "élevée". Par conséquent, la direction de la rotation de l'arbre d'entrée 1 par rapport à l'arbre de sortie 4 peut être identifiée

à partir de la condition logique, c'est-à-dire de la valeur "élevée" ou "faible" des signaux Sdr et Sdl qui, comme décrit sont qualifiés dans le présent mémoire de "signaux de direction du couple" qui indiquent
5 la direction du couple T_i agissant sur l'arbre d'entrée 1.

Le signal Sa d'amplitude du couple et les signaux Sdr et Sdl de direction du couple possèdent des courbes caractéristiques dont l'inclinaison et la progression sont illustrées respectivement sur
10 les figures 2A et 2B, 2C.

Comme le montre la figure 2A, le signal Sa d'amplitude du couple comporte une limite supérieure à une valeur de tension V_k correspondant à un mouvement angulaire de l'arbre d'entrée 1 se produisant, par
15 rapport à l'arbre de sortie 4, jusqu'à la position prédéterminée de verrouillage (d'approximativement 10°), dans laquelle le mécanisme de sûreté, constitué par les régions extrêmes respectives 1b et 4b axialement internes des arbres 1 et 4, est mis en fonction pour
20 empêcher le décalage angulaire relatif de ces arbres de devenir plus important.

De plus, sur les figures 2B et 2C, les indices de référence D_1 et D_2 représentent des zones neutres respectivement associées aux signaux Sdr et
25 Sdl de direction du couple.

Le signal Sa d'amplitude du couple et les signaux Sdr, Sdl de direction du couple, délivrés par le circuit 70 produisant des signaux représentatifs du couple, sont tous appliqués au circuit 80 d'entraînement
30 du moteur.

Il convient à présent en se référant à nouveau à la figure 1 de décrire le circuit d'entraînement 80.

Le signal Sa d'amplitude du couple est
35 appliqué à une borne d'entrée positive d'un amplificateur

différentiel 49, à la borne d'entrée négative duquel est délivré un signal de réaction V_f .

Ce signal de réaction V_f est obtenu de la façon suivante. La tension aux bornes V_a du moteur électrique 20, dont la polarité est commandée de la manière exposée ci-avant, est répartie en tant qu'accroissement de tension entre une paire de bornes 20a et 20b du moteur 20, ces bornes 20a et 20b ayant des potentiels dérivés en tant que signaux respectifs de tension V_{ar} et V_{al} . Le signal V_{ar} provenant de la borne 20a est appliqué à une borne d'entrée positive d'un soustracteur 50 et à une borne d'entrée négative d'un autre soustracteur 51, le signal V_{al} provenant de la borne 20b étant appliqué à une borne d'entrée négative du soustracteur 50 et à une borne d'entrée positive du soustracteur 51. Dans les soustracteurs 50 et 51, les signaux V_{ar} et V_{al} sont traités pour obtenir des signaux de tension V_{ar}' et V_{al}' devant être respectivement délivrés par lesdits soustracteurs. Les signaux de sortie V_{ar}' et V_{al}' des soustracteurs 50 et 51 sont appliqués à un circuit OU 52, dans lequel ils sont additionnés logiquement pour obtenir un signal de tension V_{a}' représentant l'accroissement de tension entre les bornes 20a et 20b en tant que valeur absolue d'une tension d'induit. Le signal de tension V_{a}' parcourt un filtre passe-bas 53, dans lequel il est lissé pour obtenir le signal de réaction V_f susmentionné.

Dans l'amplificateur différentiel 49 recevant le signal S_a d'amplitude du couple et le signal de réaction V_f , l'on obtient un différentiel entre ces signaux S_a et V_f , qui est ensuite amplifié pour être délivré en tant que signal S_a' de tension continue. Ce signal S_a' est délivré à une borne d'entrée positive

d'un comparateur 54, dans lequel il est comparé à un signal V_t d'impulsions de tension triangulaires et délivré à une borne d'entrée négative du comparateur 54 à partir d'un générateur 55 d'ondes triangulaires, ce qui fait qu'on obtient un signal S_a'' d'impulsions rectangulaires devant être délivré par le comparateur 54.

Le signal S_a'' d'impulsions rectangulaires est délivré en tant que signal de tension ayant une valeur initiale V_{cc} lorsque le signal S_a' de tension continue accuse une valeur supérieure à celle du signal V_t d'impulsions de tension triangulaires. Par conséquent, comme la figure 2D l'illustre à titre d'exemple, le signal de sortie S_a'' du comparateur 54 est délivré en tant que signal d'impulsions rectangulaires ayant une fréquence synchronisée avec celle du signal V_t d'impulsions triangulaires, et une largeur d'impulsions W_1 qui varie proportionnellement à la valeur de la tension du signal S_a' de courant continu délivré par l'amplificateur 49.

Comme il ressort aisément de la figure 2D, le signal S_a'' d'impulsions rectangulaires présente une tension moyenne ou tension effective VM_1 telle que $VM_1 = V_{cc} \times (W_1/W_0)$, où W_0 est la durée d'impulsion du signal S_a'' synchronisé avec le signal V_t . Bien entendu, la tension moyenne VM_1 du signal S_a'' est proportionnelle à la valeur de la tension du signal S_a' .

Le signal S_a'' d'impulsions rectangulaires est délivré à un circuit de commutation 48 prévu pour commander la commutation d'un circuit de court-circuitage 47 branché en aval. Les signaux S_{dr} et S_{dl} de direction du couple sont, eux aussi, appliqués au circuit de commutation 48. Ce circuit 48 est étudié de telle sorte que le circuit de court-circuitage 47 induise la tension aux bornes V_a à travers le moteur électrique 20

avec la polarité aux bornes commandée, ladite tension V_a ayant une valeur effective correspondant à la tension moyenne VM_1 du signal S_a d'impulsions rectangulaires, comme décrit ci-après.

5 Le circuit de commutation 48 délivre des signaux de commande décrits ci-après, à partir de quatre bornes 48a, 48b, 48c et 48d raccordées aux bases de quatre transistors 43, 44, 45 et 46 du type npn, constituant respectivement quatre points de court-circuitage
10 du circuit 47. Ce circuit de court-circuitage 47 est réalisé en tant que circuit de commutation déterminant la polarité et la tension effectives, les transistors 43 à 46 étant utilisés en tant qu'organes de commutation
15 des transistors 43 et 45 présentent une borne 47a qui est située entre ces côtés et doit être raccordée, en tant que borne d'alimentation à une borne positive +V d'une source de puissance (non représentée) ; en outre, les côtés de court-circuitage des transistors
20 44 et 46 possèdent une borne 47b qui est intercalée entre lesdits côtés et doit être raccordée à la masse, en tant que borne de mise à la terre. Les côtés respectifs de transistors 43, 44 et 45, 46 présentent également des bornes intercalaires 47c et 47d qui sont raccordées
25 en tant que paire de bornes de sortie de polarité réversible, en fonction des enclenchements et déclenchements des transistors 43 à 46, aux bornes 20a et 20b du moteur électrique 20, respectivement.

30 Dans le montage qui précède, le circuit de commutation 48 est conçu de façon à conduire le signal S_a d'impulsions rectangulaires aux bases des transistors 43 et 46 lorsque le signal S_{dr} de direction du couple est "élevé" et que le signal associé S_{dl} de direction du couple est "faible",
35

et, à l'inverse, aux bases des transistors 44 et 45 lorsque lesdits signaux Sdr et Sdl sont respectivement "faible" et "élevé".

A titre d'exemple, lorsque le signal Sdr de direction du couple est ajusté à une valeur élevée
5 alors qu'un couple de braquage dans le sens horaire est appliqué à l'arbre d'entrée 1 par le volant de direction, le signal Sa" d'impulsions rectangulaires provenant du comparateur 54 est dirigé vers les bases
10 des transistors 43 et 46, en enclenchant ces derniers ; la tension Va est par conséquent appliquée au moteur électrique 20 avec une polarité telle que le courant d'induit Io soit délivré audit moteur dans la direction A de la figure 1, si bien que le rotor 26 du moteur
15 20 est entraîné pour tourner "dextrorsum" d'une manière correspondant au sens de rotation de l'arbre d'entrée 1 par rapport à l'arbre de sortie 4. Il en résulte que le couple du rotor 26, agissant dans le sens horaire, est répercuté par l'entremise du réducteur
20 de vitesse 32, 33 afin d'être délivré à l'arbre de sortie 4 en tant que couple auxiliaire.

Inversement, lorsque le signal Sdl de direction du couple est ajusté à une valeur "élevée" alors qu'un couple de braquage agissant dans le sens anti-horaire
25 est imposé à l'arbre d'entrée 1 à partir du volant de direction, le signal Sa" d'impulsions rectangulaires est délivré aux bases des transistors 44 et 45, en enclenchant ceux-ci ; de la sorte, la tension Va est appliquée au moteur électrique 20 avec une polarité
30 telle que le courant d'induit Io soit délivré audit moteur dans la direction B de la figure 1, ce qui implique une rotation "cénestrorsum" du rotor 26 dudit moteur 20. Par conséquent, le couple du rotor 26 agissant dans le sens anti-horaire est transmis par
35 l'intermédiaire du mécanisme réducteur 32, 33, afin

d'être délivré à l'arbre de sortie 4 en tant que couple auxiliaire.

Dans ces conditions, la valeur effective de la tension V_a appliquée au moteur électrique 20 correspond à la tension moyenne en VM_1 du signal S_a d'impulsions rectangulaires, et elle est conséquemment proportionnelle à la valeur de la tension du signal S_a d'amplitude du couple.

A cet égard, lorsque l'organe mobile 15 du mécanisme 13 détecteur de couple est placé dans la position neutre X_0 de la figure 1 sans aucun couple de braquage imposé à l'arbre d'entrée 1, le signal S_a d'amplitude du couple est maintenu proche de sa valeur zéro volt et les signaux S_{dr} et S_{dl} de direction du couple sont ajustés l'un et l'autre à des valeurs "faibles", si bien qu'aucun des transistors 43 à 46 du circuit du court-circuitage 47 n'est enclenché, en laissant par conséquent la tension V_a à une valeur nulle comme cela ressortira aisément des figures 2A à 2C.

Dans un agencement de ce genre, le circuit 80 d'entraînement du moteur est conçu pour délivrer au moteur électrique 20 un signal de commande représentant la tension aux bornes V_a ayant une valeur effective proportionnelle à la valeur de la tension du signal S_a d'amplitude du couple, lequel constitue fondamentalement un signal représentatif de l'amplitude du couple T_i agissant sur l'arbre d'entrée 1.

En outre, un signal correspondant à la tension aux bornes V_a est renvoyé en tant que signal V_f au signal S_a d'amplitude du couple, de la manière décrite.

Il convient de procéder, ci-après, à une évaluation de la commande d'entraînement du moteur électrique 20, conjointement au signal de réaction V_f .

Les signaux Var' et Val' délivrés par les soustracteurs 50 et 51 le sont en tant que signaux de tension, de sorte que :

$$Var' = A_1 \times (Var - Val) ; \text{ et}$$

$$5 \quad Val' = A_1 \times (Val - Var),$$

où A_1 est un facteur d'amplification tel que la tension de sortie Var' ou Val' devienne sensiblement égale à zéro du côté positif, sans prendre des valeurs négatives, si $Var < Val$ pour le soustracteur 50 ou
 10 $Var > Val$ pour le soustracteur 51, comme dans le cas des soustracteurs 37 et 38 précités.

Le signal de sortie Va' du circuit OU 52 est obtenu en prenant la somme logique des signaux Var' et Val' susmentionnés et, de ce fait, la valeur
 15 de sa tension correspond toujours à la valeur absolue de la tension Va , en termes de valeur effective, telle qu'appliquée à l'induit du moteur électrique 20, de sorte que :

$$Va' = A_1 \times |Var - Val| = A_1 \times |Va| .$$

20 Il convient de noter que le signal de réaction Vf est un signal lissé de ce signal Va' , de sorte que :

$$Vf = Va' = A_1 \times |Va| .$$

L'on comprendra aisément que, dans le circuit
 25 d'entraînement 80, la tension d'induit Va , dont la valeur effective doit être proportionnelle à la tension du signal Sa d'amplitude du couple, est stabilisée par le signal Vf renvoyé au signal Sa .

Dans la condition dans laquelle le rotor 26
 30 du moteur électrique 20 est mis en rotation dans l'une ou l'autre direction avec la tension Va ainsi induite, si la valeur moyenne (en tant que valeur effective) du courant d'induit I_0 est I_m , si la résistance interne du moteur 20 est $R_m (>0)$ et si la tension
 35 d'induction (en tant que force électromotrice antagoniste

du moteur 20) est V_s , il en résulte que :

$$V_a = I_m \times R_m + V_s \quad (1).$$

De plus concernant le moteur électrique 20, lorsque la vitesse angulaire est indiquée par N exprimé en tr/min et le coefficient de la tension induite est représenté par K_e exprimé en V/tr/min, la relation entre la tension d'induction V_s exprimée en V et la vitesse angulaire N est la suivante :

$$V_s = K_e \times N \quad (2).$$

Par conséquent, si l'on remplace l'expression (1) par l'expression (2),

$$V_a = I_m \times R_m + K_e \times N \quad (3).$$

Dans le système de direction 200 commandé électriquement et décrit jusque-là, si l'on admet qu'une charge imposée à l'arbre de sortie 4 du côté tourné vers la route est d'une amplitude constante T_r , et si l'on donne au couple de braquage nécessaire pour faire tourner le volant de direction (et par conséquent l'arbre d'entrée 1) la valeur T_h pour une vitesse angulaire N_h (tr/min) relativement grande et la valeur T_l pour une vitesse angulaire N_l (tr/min) relativement faible, le rapport entre les amplitudes considérées est déterminé de la façon exposée ci-après. Dans ce contexte, on utilisera ci-dessous de temps à autre un suffixe "faible" ou "l" désignant une "vitesse angulaire faible" et un suffixe associé "h" faisant référence à une "grande vitesse angulaire".

Il découle naturellement de la définition ci-avant que

$$N_h > N_l \quad (4).$$

Si l'on applique les suffixes susmentionnés à l'expression (3),

$$V_{ah} = I_h \times R_m + K_e \times N_h' \quad (5) \text{ et}$$

$$V_{a \text{ faible}} = I_l \times R_m + K_e \times N_l' \quad (6),$$

où N_h' et N_l' désignent des vitesses angulaires respectivement

grande et faible (en tr/min) du moteur électrique 20, comme on le concevra aisément.

D'autre part, étant donné que l'arbre d'entrée 1 est relié à l'arbre de sortie 4 par l'entremise de la barre de torsion 8 et que, de plus, le rotor 26 du moteur électrique 20 est lui aussi relié audit arbre de sortie 4 par l'intermédiaire du mécanisme 32, 33 réducteur de vitesse, la vitesse angulaire N du moteur 20 doit correspondre au nombre de tours complets par unité de temps de l'arbre d'entrée 1.

Par exemple, pour un tour complet par unité de temps de l'arbre d'entrée 1 (c'est-à-dire pour un tr/min de cet arbre), si une rotation est imprimée au moteur électrique 20 à une vitesse de K_2 tr/min, les derniers termes Nh' et Nl' des expressions 5 et 6 peuvent être exprimés de la façon suivante :

$$Nh' = K_2 \times Nh \text{ et } Nl' = K_2 \times Nl.$$

En introduisant un seul et unique facteur K_3 à la place du produit $K_e \times K_3$, les expressions (5) et (6) peuvent être réécrites comme suit :

$$V_{ah} = I_h \times R_m + K_3 \times Nh \quad (7) \text{ et}$$

$$V_{al} = I_l \times R_m + K_3 \times Nl \quad (8).$$

Comme déjà décrit, la tension d'induit V_a appliquée au moteur électrique 20 possède une valeur effective variant proportionnellement à l'amplitude du couple de braquage T_i agissant sur l'arbre d'entrée. De ce fait, si l'on affecte le facteur de cette proportionnalité (ou un facteur apparent d'amplification) dans les circuits 70 et 80 de la valeur A_3 , il s'ensuit que :

$$V_{ah} = A_3 \times Th \quad (9) \text{ et}$$

$$V_{a \text{ faible}} = A_3 \times Tl \quad (10).$$

Si l'on remplace les expressions (7) et (8) par les expressions (9) et (10),

$$A_3 \times Th = I_h \times R_m + K_3 \times Nh \quad (11) \text{ et}$$

$$A_3 \times Tl = I_l \times R_m + K_3 \times Nl \quad (12).$$

En fait, le moteur 20 à courant continu développe électromagnétiquement un couple qu'il doit délivrer à l'arbre de sortie 4 en tant que couple auxiliaire T_0 , l'amplitude de ce couple de sortie T_0 étant proportionnelle à la valeur effective en tant que valeur moyenne I_m du courant d'induit I_0 . D'autre part, dans le système de direction 200 par l'intermédiaire duquel une rotation est imprimée à une roue (non représentée) en contact avec la chaussée de façon que cette roue soit braquée par le volant de direction, la charge imposée sous la forme du couple T_r au côté situé vers la route doit être contrebalancée par la somme du couple de braquage T_i agissant sur l'arbre d'entrée 1 et du couple auxiliaire T_0 délivré par le moteur électrique.

Par conséquent,

$$T_r = T_h + K_4 \times I_h \quad (13) \text{ et}$$

$$T_r = T_l + K_4 \times I_l \quad (14),$$

où K_4 est le facteur de proportionnalité entre le courant d'induit I_m du moteur 20 et le couple de sortie T_0 de ce moteur.

Si l'on retranche l'expression (12) de l'expression (11) des deux côtés, moyennant un aménagement des résultats en substituant des termes I_h et I_l tels que réduits de l'expression (13) ou (14),

$$T_h - T_l = K_3 \times (N_h - N_l) / (A_3 + R_m / K_4) \quad (15).$$

Dans les facteurs situés du côté droit de l'expression (15) ci-dessus, R_m est une constante positive et A_3 , K_3 et K_4 sont, eux aussi, tous positifs. En outre, il découle de l'expression (4) que $N_h - N_l > 0$ et, de ce fait, le côté droit de l'expression (15) devient positif lorsqu'il est évalué.

Ainsi, il découle de l'expression (15) que $T_h - T_l > 0$.

En conséquence, $T_h > T_l$ (15').

Comme on le comprendra à la lumière de l'expression (15'), dans le système de direction 200 à commande électrique dans lequel l'arbre d'entrée 1 est sensiblement relié par voie mécanique à l'arbre de sortie 4 par la barre de torsion 8 et dans lequel, de surcroît le moteur électrique destiné à délivrer un couple auxiliaire à l'arbre de sortie 4 reçoit la tension d'induit V_a dont la valeur effective est proportionnelle à l'amplitude du couple de braquage T_i agissant sur l'arbre d'entrée 1, l'on obtient un effet tel que, si la charge T_r imposée au côté situé vers la route est maintenue constante, le couple de braquage T_h nécessaire pour faire tourner le volant de direction à la vitesse angulaire N_h relativement grande prend une amplitude supérieure à celle du couple de braquage T_l nécessaire pour faire tourner ledit volant à la vitesse angulaire N_l relativement faible.

Le fait que le couple de braquage T_h soit supérieur au couple de braquage T_l signifie que, lorsque la vitesse angulaire du volant de direction devient grande, la réaction au braquage devient importante, ce qui rend le volant de direction pondéreux.

Par ailleurs, dans la forme de réalisation susdécrite de la présente invention, l'arbre d'entrée 1 et l'arbre de sortie 4 sont agencés pour l'essentiel coaxialement l'un à l'autre, et sont solidarités mutuellement par voie sensiblement mécanique, grâce à la barre de torsion 8 occupant une position axiale à ces deux arbres 1 et 4. A cet égard, il est aisément concevable que, dans une variante de réalisation, un arbre d'entrée et un arbre de sortie occupant des positions choisies délibérement puissent être

avantageusement reliés l'un à l'autre par une combinaison d'éléments de liaison mécanique nécessaires, comme par exemple une barre d'accouplement et un joint universel.

5 Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au système décrit et représenté, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Système de direction (200) à commande électrique pour véhicules, comprenant un arbre d'entrée (1) en liaison efficace avec un volant de direction ; un arbre de sortie (4) en liaison efficace avec ledit volant ; un organe de solidarisation (8) pour assurer la liaison sensiblement mécanique dudit arbre d'entrée (1) et dudit arbre de sortie (4) l'un à l'autre ; un moteur (20) à courant continu pour délivrer efficacement un couple auxiliaire audit arbre de sortie (4) ; un moyen (13) détecteur de couple pour détecter un couple de braquage (T_i) agissant sur ledit arbre d'entrée (1) ; ainsi qu'un circuit (100) de commande d'entraînement, pour appliquer audit moteur (20) un signal (V_a) de commande d'entraînement en fonction d'un signal de sortie (V_r, V_l) provenant dudit moyen détecteur (13), système caractérisé par le fait que ledit signal (V_a) de commande d'entraînement consiste en une tension d'induit (V_a) dudit moteur (20), ayant une valeur proportionnelle à l'amplitude dudit couple de braquage (T_i) agissant sur ledit arbre d'entrée (1).

2. Système selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le circuit (100) de commande d'entraînement renferme un circuit (70) de production de signaux représentatifs d'un couple, destiné à recevoir le signal de sortie (V_r, V_l) provenant du moyen (13) détecteur de couple et à engendrer sur la base de ce signal de sortie (V_r, V_l), un signal (S_{dr}, S_{dl}) de direction du couple et un signal (S_a) d'amplitude du couple, représentant respectivement la direction et l'amplitude du couple de braquage (T_i) agissant sur l'arbre d'entrée (1) ; ainsi qu'un circuit (80) d'entraînement du moteur, conçu pour recevoir ledit signal (S_{dr}, S_{dl}) de direction du couple et ledit

signal (Sa) d'amplitude du couple, et pour appliquer
au moteur (20) la tension d'induit (Va) ayant une
polarité dépendant dudit signal (Sdr, Sdl) de direction
du couple, ainsi qu'une valeur proportionnelle à
5 une valeur dudit signal (Sa) d'amplitude du couple.

3. Système selon la revendication 2, caractérisé
par le fait que le circuit (80) d'entraînement du
moteur renferme un circuit de réaction (50, 51, 52,
53) pour renvoyer négativement, au signal (Sa) d'amplitude
10 du couple un signal (Vf) correspondant à la tension
d'induit (Va).

4. Système selon la revendication 1, caractérisé
par le fait que l'arbre d'entrée (1) et l'arbre de
sortie (4) sont disposés sensiblement coaxialement
15 l'un à l'autre, l'élément de solidarisation (8) consistant
en une barre de torsion (8) occupant une position
coaxiale à ces deux arbres respectifs d'entrée (1)
et de sortie (4).

5. Système selon la revendication 1, caractérisé
20 par le fait qu'il présente en outre un mécanisme
(32, 33) réducteur de vitesse pour transmettre à
l'arbre de sortie (4) le couple moteur développé
par le moteur (20), tout en réduisant la vitesse
dudit arbre.

FIG. 1

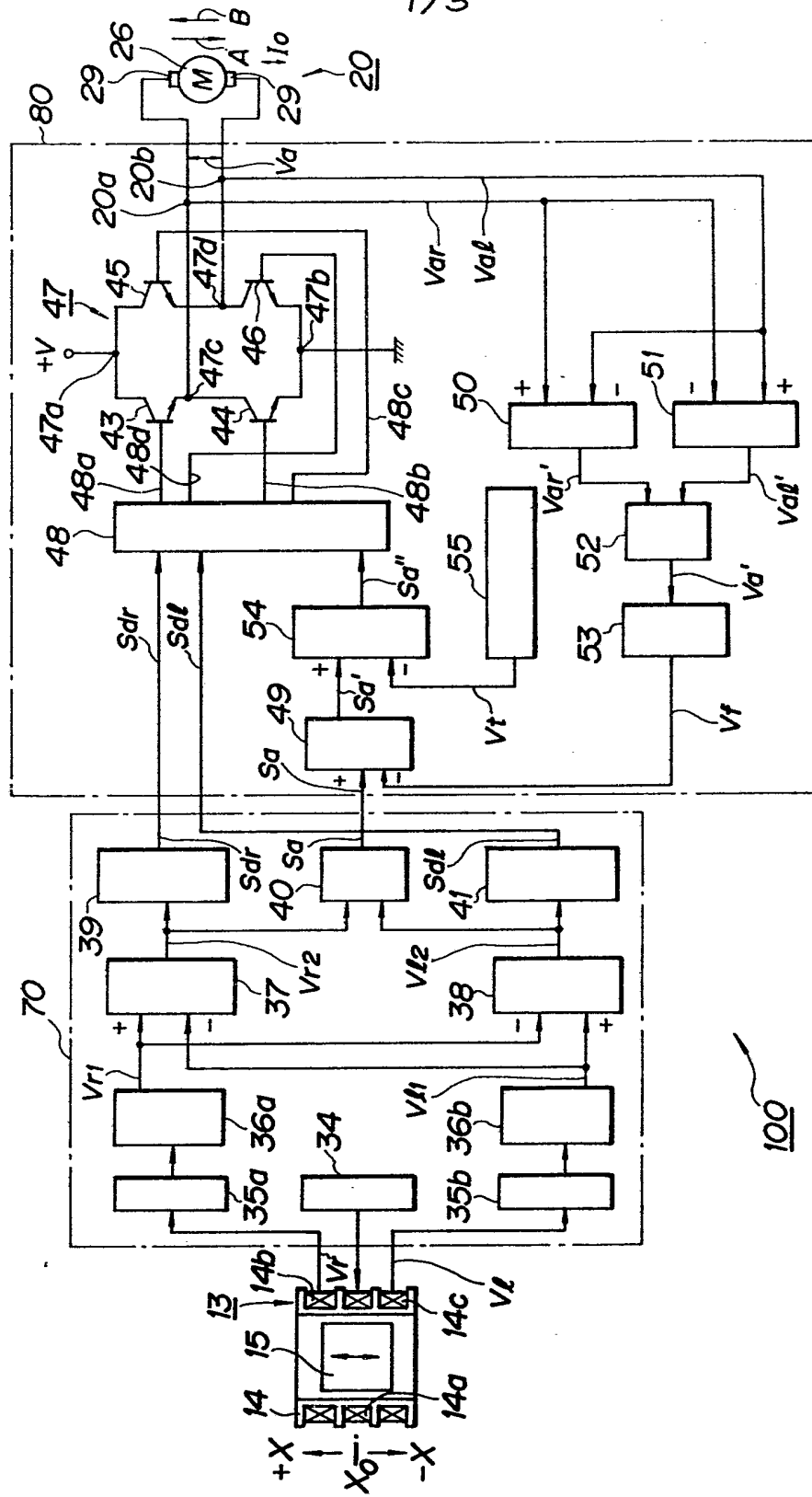


FIG. 2A

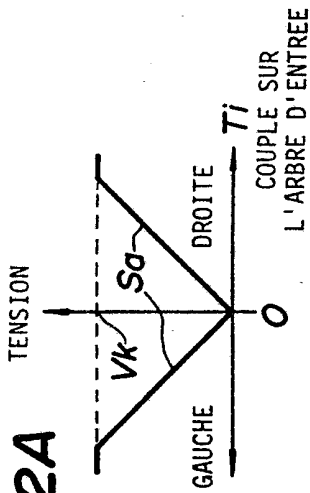


FIG. 2B

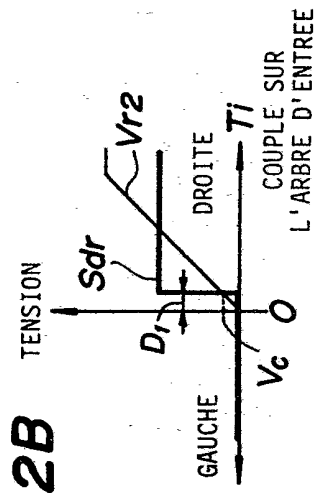


FIG. 2C

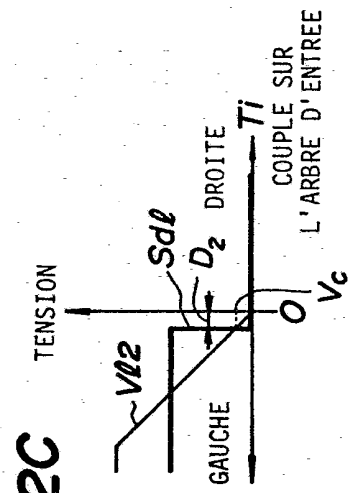


FIG. 2D

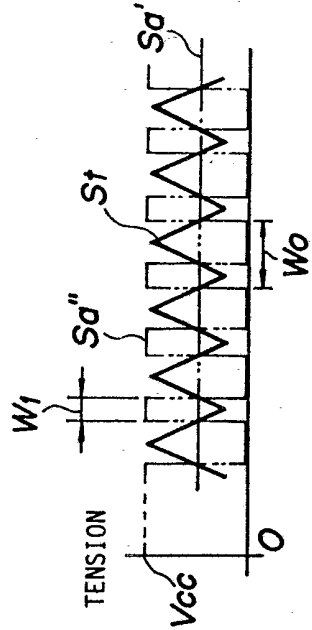


FIG. 4A

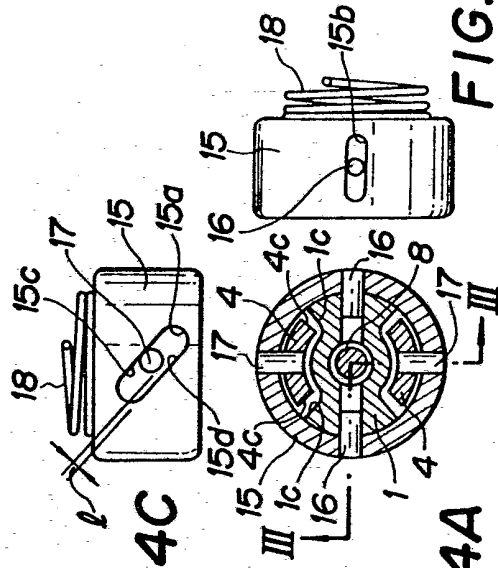


FIG. 4B

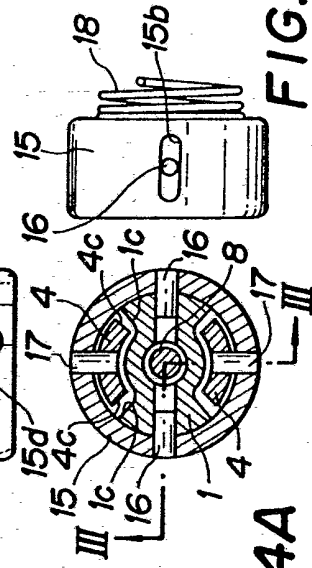


FIG. 3

