

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 20216

(54) Système électromécanique à enroulements redondants, notamment pour moteurs.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). H 02 K 3/28; B 64 C 13/50.

(22) Date de dépôt 28 octobre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *EUA, 28 octobre 1980, n° 201.478.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 17 du 30-4-1982.

(71) Déposant : Société dite : KOLLMORGEN TECHNOLOGIES CORPORATION, société enregistrée
conformément aux lois de l'Etat du Texas, résidant aux EUA.

(72) Invention de : Lawrence W. Langley et Roger B. Bross.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Armengaud Jeune, Casanova et Lepeudry,
23, bd de Strasbourg, 75010 Paris.

La présente invention concerne des systèmes de conversion d'énergie de type électromécanique et plus précisément un moteur ayant des jeux redondants d'enroulements qui peuvent être excités indépendamment si bien que le moteur peut fonctionner en cas de panne d'un enroulement ou des circuits associés d'excitation.

On peut utiliser les moteurs électriques dans de nombreuses situations allant de l'entraînement des jouets à la mise en position des gouvernes des aéronefs. Dans un moteur électrique qui remplit des fonctions très importantes telles que le positionnement des gouvernes des aéronefs, il est essentiel que le moteur fonctionne convenablement pour la sécurité de l'aéronef.

Jusqu'à présent, on a accru la fiabilité des moteurs électriques par montage en tandem d'au moins deux moteurs sur un arbre commun. Dans une variante, on a déjà raccordé plusieurs moteurs à un mécanisme différentiel à engrenage afin que, en cas de panne d'un moteur, un ou plusieurs moteurs soient encore raccordés à la charge et empêchent la disparition de la fonction de commande.

Ces différents procédés présentent des inconvénients car plusieurs moteurs et leurs connexions mécaniques nécessitent beaucoup d'espace. Dans certaines applications, la nécessité d'un espace supplémentaire peut empêcher l'utilisation de plusieurs moteurs. Dans d'autres applications, par exemple pour le positionnement des gouvernes d'un aéronef, le poids supplémentaire de plusieurs moteurs ainsi que le manque d'espace empêchent cette solution.

Les problèmes précités sont résolus avantageusement par un système de conversion d'énergie ayant des éléments redondants, ce système assurant la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique. Selon l'invention, ce système est constitué d'un moteur électrique ayant des jeux d'enroulements redondants. La commutation des courants dans les enroulements indi-

viduels de chaque jeu d'enroulements peut être réalisée
mécaniquement par un arrangement à commutateurs ou
électroniquement par des circuits de commutation utilisés
par exemple dans les moteurs à courant continu sans
5 balai.

Dans le cas de la commutation électronique,
les circuits individuels de commutation sont couplés
aux jeux individuels d'enroulements, ces circuits de
commutation étant isolés électriquement et étant excités
10 séparément. La détection de la position relative des
parties mobile et fixe du moteur est réalisée par des
jeux indépendants de capteurs de position tels que
des dispositifs à effet Hall, les jeux de capteurs
étant couplés indépendamment à des circuits correspon-
15 dants de commutation.

Comme un moteur quelconque peut fonctionner
en générateur, le système selon l'invention permet
aussi la conversion d'énergie mécanique en énergie
électrique. Dans cette application, les éléments redon-
20 dants assurent la création d'énergie électrique dans
plusieurs circuits. La panne d'un circuit n'interrompt
pas la transmission d'énergie dans le ou les circuits
restants.

Dans un mode de réalisation avantageux de
25 l'invention, un moteur à courant continu sans balai
a un rotor aimanté de façon permanente et un stator
bobiné ayant un jeu d'enroulements redondants. Le rotor
comporte au moins quatre pôles magnétiques, des pôles
Nord et Sud qui alternent et qui sont régulièrement
30 répartis radialement autour de l'axe du rotor. Par
exemple, dans le cas d'un rotor à quatre pôles, une
paire de pôles Nord-Sud (360° électriques) occupe 180°
mécaniques du rotor. Dans un rotor à six pôles, une
paire occupe 120° mécaniques alors que, dans un rotor
35 à huit pôles qui constitue une configuration particu-
lièrement avantageuse, une pièce polaire occupe 90°
mécaniques.

Les jeux d'enroulements de stator sont tous régulièrement répartis autour du rotor, deux jeux étant utilisés dans un moteur à quatre pôles, trois jeux dans un moteur à six pôles et quatre jeux dans un moteur à huit pôles. Les enroulements de chaque jeu sont reliés suivant une configuration classique en étoile ou en triangle dans le cas d'une excitation triphasée, la configuration en étoile étant utilisée dans un mode de réalisation avantageux. Une configuration en étoile à plus de trois branches peut être utilisée pour l'excitation polyphasée. Toute combinaison de jeux d'enroulements peut être excitée pour la commande du moteur. Les jeux d'enroulements sont espacés physiquement afin que le couplage et l'interaction mutuelle soient réduits à des valeurs suffisamment faibles pour que les jeux individuels d'enroulements puissent être commandés indépendamment.

Dans le cas de circuits de commutation couplés aux jeux individuels d'enroulements, ces circuits peuvent être commandés simultanément afin qu'ils donnent un couple maximal, un couple réduit étant disponible en cas de panne d'un ou plusieurs circuits ou enroulements. Dans une variante, les enroulements ou circuits peuvent être conservés en attente jusqu'à ce qu'ils soient mis en fonctionnement par un circuit de contrôle qui détecte une panne d'un enroulement, d'un capteur ou d'un circuit de commutation.

Les courants des enroulements individuels d'un jeu d'enroulements de stator sont réglés de manière qu'ils forment des vecteurs champ magnétique qui se déplacent dans le sens de la rotation voulue du rotor. Le mouvement du champ est coordonné à celui du rotor par des signaux provenant des capteurs de position.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 représente un système de conversion d'énergie selon l'invention, cette figure comprenant une coupe schématique d'un moteur à courant continu sans balai ayant des enroulements redondants, les circuits de commutation du système étant représentés sous forme de diagrammes synoptiques ;

les figures 2, 2a et 2b représentent le câblage de la moitié du stator du moteur de la figure 1 ;

la figure 3 est un diagramme synoptique en partie sous forme schématique du circuit électrique de la figure 1 ;

la figure 4 est un diagramme synoptique en partie sous forme schématique d'un commutateur d'un circuit en pont de la figure 3 ;

la figure 5 est un tableau représentant les bornes d'un jeu d'enroulements de stator, les désignations des bornes correspondant à celles des figures 2 et 3 ; et

la figure 6 est un graphique représentant les variations des tensions de Hall en traits interrompus en fonction des signaux adressant par tout ou rien une mémoire représentée sur la figure 3.

La figure 1 représente un système de conversion d'énergie électrique en énergie mécanique et qui, selon l'invention, comporte un stator 22 de moteur ayant des jeux redondants d'enroulements 24. Le moteur 20 est du type à courant continu sans balai comprenant quatre paires de pôles magnétiques, les pôles Nord et Sud (repérés par les références N et S sur la figure) alternant autour du rotor 26. Un disque 28 aimanté de façon permanente, ayant une configuration de pôles magnétiques correspondant à celle du rotor 26, est couplé mécaniquement au rotor 26 par l'arbre 30 du rotor, indiqué en traits mixtes. Quatre jeux de capteurs 32 à effet Hall sont disposés uniformément autour du disque 28 et sont destinés à détecter la présence du champ magnétique de ce disque et à créer des signaux

qui indiquent des positions relatives du rotor et du stator. Les pôles Nord sont séparés mutuellement par un angle de 90° et sont séparés des pôles Sud adjacents par un angle de 45° . Les capteurs 32 à effet Hall sont
5 séparés mutuellement par un angle de 30° et les jeux de capteurs n°1, n°2 et n°3 sont décalés de 90° . La commutation des courants dans les enroulements 24 est assurée par les circuits 34 qui sont couplés à des jeux correspondants de trois capteurs 32. Un circuit
10 séparé 34 de commutation est associé à chaque jeu de trois enroulements 24 afin que le stator 22 puisse avoir un fonctionnement redondant. Une unité 36 de commande transmet des signaux par des lignes 38 à chacun des circuits 34 de commutation afin que le courant
15 dans le stator et le sens de rotation du rotor 26 aient les valeurs voulues. Chaque jeu individuel de trois capteurs 32, recouvrant un angle de 60° , est couplé à un circuit 34 de commutation. Les signaux des trois capteurs de chaque jeu n°1, n°2 ou n°3, indiquent la
20 position du rotor au circuit correspondant de commutation n°1, n°2, n°3, facilitant le réglage des courants dans les enroulements du jeu correspondant. L'utilisation de capteurs à effet Hall pour la commutation électronique des enroulements 24 de stator est décrite
25 dans les brevets des Etats-Unis d'Amérique n° 3 783 359 et 4 086 519.

Comme l'indique la figure 2, les jeux d'enroulements 24 sont séparés et disposés uniformément autour du stator du moteur 22. Les enroulements 24 de chaque
30 jeu sont raccordés en étoile comme indiqué schématiquement par un circuit 40. Deux circuits 40 ayant des bornes portant les références 1A, 2B et 1C et 3A, 3C et 4B sont représentés sur les figures 2a et 2b et indiquent la disposition des diverses bornes de
35 la figure 2. Dans un mode de réalisation avantageux, les enroulements 24 sont logés dans quarante huit fentes de stator dont 24 sont indiquées schématiquement sur

la figure 2 par les traits verticaux interrompus. Bien que le schéma de la figure 2 ne représente que la moitié des fentes du stator, il faut noter que l'autre moitié est identique à la première. Comme indiqué sur la figure

5 pour les fentes 12 et 13, il n'y a pas de recouvrement des fils de l'enroulement 24 entre chaque jeu et les jeux adjacents. Cette séparation réduit le couplage magnétique entre les jeux adjacents de l'enroulement 24 d'une manière suffisante pour que chaque jeu d'enroule-

10 ments 24 puisse fonctionner indépendamment des autres jeux d'enroulements 24.

Les enroulements 24 du premier jeu ont des bornes portant les références 1A et 2A pour le premier enroulement du jeu, 1B et 2B pour le second et 1C et 2C pour

15 le troisième. En ce qui concerne les enroulements 24 du second jeu, les bornes portent les références 3A et 4A pour le premier enroulement, 3B et 4B pour le second, et 3C et 4C pour le troisième. Les enroulements 24 des deux jeux sont décalés de 30° les uns par rapport aux

20 autres si bien que, lorsqu'ils sont excités progressivement par les circuits de commutation, les vecteurs magnétiques résultants progressent dans le sens de rotation voulu pour le rotor.

La séparation physique et magnétique des jeux

25 adjacents d'enroulements dans le moteur se distingue de celle d'un moteur classique car les jeux adjacents d'enroulements se recouvrent et occupent des fentes communes. L'excitation d'un seul jeu d'enroulements du moteur 22 provoque la création d'un couple suffisant pour l'en-

30 traînement d'une charge non représentée à laquelle le moteur 22 est couplé. Lors du fonctionnement redondant, un second jeu d'enroulements peut être excité dans le cas de pannes des enroulements 24 ou des circuits de commutation 34 du premier jeu ou deux ou plusieurs jeux

35 d'enroulements peuvent être excités simultanément pendant le fonctionnement redondant, l'excitation de plusieurs jeux d'enroulements provoquant la création d'un

couple accru pour l'entraînement de la charge. Dans le cas où un seul des jeux d'enroulements est excité, les vecteurs magnétiques produits par ce jeu sont en avance de l'arc correspondant à une paire de pôles du rotor 26 si bien que le rotor 26 est tiré pendant une rotation de 45° . Le mouvement de la paire de pôles sur cet angle est coordonné au mouvement du vecteur magnétique du stator par le jeu de capteurs 32 associé au jeux d'enroulements 24. Le processus précité se répète pour chaque rotation de 80° du rotor 26.

Comme l'indique le schéma de la figure 2, l'enroulement 24 de la phase A met en oeuvre les fentes n°1, 2, 7 et 8 et constitue le seul enroulement placé dans ces fentes. L'enroulement 24 de la phase B du premier jeu utilise les fentes 3 et 9 ainsi que les fentes 4 et 10. L'enroulement 24 de la phase C est encore décalé vers la droite du schéma de la figure 2 et occupe les fentes 5, 11, 6 et 12.

Sur la figure 3, les capteurs 32 à effet Hall et un secteur du disque 28 sont représentés schématiquement, les capteurs 32 étant placés près d'une paire de pièces polaires du disque 28. Le circuit 34 de commutation comprend trois comparateurs 42 et une source 44 d'un signal de référence, les capteurs individuels 32 repérés par les références H1, H2 et H3, étant couplés à des comparateurs correspondants 42. Les capteurs 32 forment des signaux sinusoïdaux lors d'une rotation à vitesse constante du disque 28. Comme décrit en référence à la figure 6, les comparateurs 42 transforment les signaux des capteurs 32 en signaux par tout ou rien correspondant à la polarité de la tension de Hall. Les trois signaux des trois comparateurs 42 forment un signal à trois bits qui identifient le secteur du rotor par pas de 60° électriques correspondant à 15° mécaniques de la rotation du rotor.

Le circuit 34 de commutation comprend en outre un arrangement logique adressable tel qu'une mémoire

morte 46, une alimentation 48, six commutateurs de puissance 51 à 56, un modulateur 58 de largeurs d'impulsion et une horloge 60. Chacun des circuits 34 de commutation de la figure 1 est réalisé de la même manière. Une redon-
5 dance supplémentaire peut être assurée par transmission d'énergie à chaque pont par une source séparée et indépendante.

Les six commutateurs 51 à 56 sont construits comme indiqué sur la figure 4 et forment un circuit en
10 pont qui transmet un courant aux enroulements 24 d'un seul jeu d'enroulements. Sur la figure 1, on a représenté six lignes entre un jeu d'enroulements 24 et un circuit 34 de commutation, ces lignes correspondant aux six bornes des trois enroulements 24. Par raison de simplicité,
15 la figure 1 ne représente que les connexions formées entre le premier et le second des circuits 34 de commutation et les jeux respectifs d'enroulements 24 mais il faut noter que les deux jeux restants d'enroulements 24 sont aussi reliés à des circuits respectifs 34.

20 Les commutateurs 51 à 56 sont commandés par des signaux provenant de la mémoire 46. Une borne positive de l'alimentation 48 est reliée aux commutateurs 51, 53 et 55 alors que la borne négative de l'alimentation 48 est reliée aux commutateurs 52, 54 et 56. Chaque commu-
25 tateur 51 à 56 est placé soit à l'état conducteur soit à l'état non conducteur par le signal de commande parvenant à sa borne 62. Ainsi, à titre illustratif, si l'on suppose que les commutateurs 51 à 56 conduisent alors que les commutateurs restants 52 à 55 ne conduisent pas,
30 un courant circule de la borne positive de l'alimentation 48 dans le commutateur 51, vers la borne 2B du jeu d'enroulements 24, puis, à partir de ce jeu, par la borne 1C, vers la borne négative de l'alimentation 48 par l'intermédiaire du commutateur 56. La sélection convenable
35 de la conduction et de la non-conduction des commutateurs respectifs 51 à 56 permet la transmission de courants aux enroulements correspondants 24 du jeu afin que le

vecteur magnétique se déplace progressivement dans la partie du stator contenant les enroulements.

L'intensité des courants transmis aux enroulements 24 est réglée par modulation de la largeur d'impulsion, le coefficient d'utilisation de la modulation variant de manière que la valeur moyenne de l'intensité du courant dans les enroulements varie. La modulation du courant est assurée par modulation d'un signal sous forme d'impulsions de l'horloge 60, par un modulateur 58 de la largeur d'impulsion ou par impulsions de largeur variable. La période des impulsions d'horloge est inférieure à la constante de temps L/R d'un enroulement 24 si bien que l'inductance et la résistance de l'enroulement lissent les pulsations du courant de l'enroulement. L'intensité voulue du courant est transmise grâce à une tension parvenant par les lignes 64 provenant de l'unité 36 de commande, le modulateur 58 augmentant la largeur des impulsions en fonction de l'amplitude de la tension de la ligne 64. Le sens de rotation du rotor, horaire/anti-horaire, est indiqué par un signal par tout ou rien transmis par la ligne 66 provenant de l'unité 36 de commande. La tension de commande de l'intensité et le signal de détection sont tous deux transmis par la ligne 38 de la figure 1. Le signal de sortie du modulateur 58 transmis par la ligne 68, est un signal par tout ou rien lui aussi. Les signaux par tout ou rien des comparateurs 42 qui désignent le secteur du rotor, en combinaison avec les signaux de sens et d'état de modulation par impulsions de largeur variable, transmis par les lignes 70 et 68, constituent une adresse pour la mémoire 46. Pour chaque adresse, la mémoire 46 transmet un état correspondant de sortie par les bornes 62 des commutateurs correspondants 51 à 56. Les enroulements 24 reçoivent alors un courant de sens et d'amplitude voulus afin que les vecteurs champ magnétique voulus soient formés. La partie de l'adresse transmise par la ligne 68 permet la commutation par tout ou rien du courant, avec un coefficient

d'utilisation fixé par ce signal.

L'unité unique 36 de commande des figures 1 et 3 transmet quatre signaux séparés de sortie par chacune des lignes 38 aux circuits correspondants 34 de commutation.

5 L'unité 36 de commande comporte un sélecteur avant-arrière 70 qui crée le signal par tout ou rien de la ligne 66 indiquant un couple horaire ou anti-horaire. Quatre lignes de sortie sont représentées et permettent le couplage du signal de détection du sélecteur 70 à chacun des quatre

10 circuits 34 de commutation, bien que le même signal puisse être couplé aux quatre circuits.

Le signal 36 de commande de courant représente le niveau du couple voulu pour le moteur, et il provient de circuits qui sont sensibles aux conditions externes

15 telles que les commandes manuelles, les signaux de commande en boucle fermée et analogue.

Chaque circuit redondant de commutation est sous la commande des lignes transmettant les signaux provenant de l'unité 36 de commande, permettant la dé-

20 tection des pannes dans le circuit ou dans la partie de moteur qu'il commande. Par exemple, le courant total de l'alimentation consommé par cette partie de moteur peut être contrôlé, et un défaut peut être détecté lorsque l'intensité est excessive ou insuffisante. Lorsqu'une

25 panne est détectée, le moteur ou le circuit en panne peut être mis hors circuit par la commande redondante.

Le couple qui est commandé pour tous les moteurs redondants dans cette combinaison est réparti parmi les circuits actifs par l'unité de commande de courant. Cette

30 unité peut commander la fourniture de tout le couple par une seule partie de moteur, par deux parties ou par toute combinaison de parties de moteur suivant les signaux provenant du détecteur de panne. Le transfert d'une combinaison des parties de moteur à une autre peut être

35 automatique ou commandé manuellement dans un mode de réalisation non représenté, puisque ces circuits sont bien connus des spécialistes en commande des moteurs.

On se réfère à la figure 4 qui indique que le commutateur 51 de la figure 3 et de manière analogue les commutateurs 52 à 56, comportent un transistor 90, une diode 92, une résistance 94, un condensateur 96, un circuit 98 de pilotage de base monté aux bornes de la jonction base-émetteur du transistor 90, et une photodiode 100 qui est couplée aux bornes d'entrée 62. Cette photodiode 100 transforme un signal électrique appliqué aux bornes 62 en un signal optique d'excitation du circuit 98 de pilotage de la base. L'utilisation d'un couplage optique permet au commutateur 51 de flotter à une tension qui est indépendante de la tension aux bornes 62. Le circuit 98 provoque un état de conduction ou de non-conduction du transistor 90 en fonction de l'amplitude du signal aux bornes 62. La diode 92 permet au courant des enroulements du stator de circuler dans le commutateur 1 en sens opposé au sens de circulation dans le transistor 90 et protège ainsi celui-ci lorsqu'une tension ou un courant est induit en sens inverse par le moteur 20. La résistance 94 et le condensateur 96 facilitent la suppression des tensions parasites dans l'enroulement, provoquées par des transitions brutales entre la conduction et la non-conduction du transistor 90.

Le tableau de la figure 5 indique les bornes d'entrée et de sortie du jeu d'enroulements 24 des figures 2 et 3, correspondant à chaque secteur électrique, en fonction de la détection assurée par les capteurs à effet Hall 32. La première colonne du tableau désigne les six secteurs particuliers, la troisième désigne les bornes de la configuration en étoile, par lesquelles le courant pénètre dans les enroulements 24, et la quatrième indique les bornes correspondantes par lesquelles le courant quitte les enroulements 24. La seconde colonne représente le vecteur magnétique résultant dans le cas des courants des enroulements indiqués dans chaque secteur. La progression des états représentés sur le tableau a lieu lorsque le sens de rotation des pôles du rotor est dirigé vers

la gauche, c'est-à-dire de la fente N°12 à la fente N°1.

Ce tableau montre que l'amplitude des vecteurs produits dans chaque état des enroulements est toujours la même, le vecteur étant créé dans certains secteurs
5 par quatre fentes adjacentes et dans d'autres par deux groupes séparés de deux fentes. Comme le couple du moteur est proportionnel à l'amplitude du vecteur, il tend à être fonction de l'intensité du courant mais non du secteur.

10 L'inversion du sens du couple dans un secteur donné est obtenue par remplacement de l'état des enroulements dans le secteur dont le numéro diffère de trois unités. Cette modification change le sens des vecteurs magnétiques sans les déplacer, comme l'indique la figure
15 5. Le signal avant-arrière 70 accomplit cette sélection.

La figure 6 représente trois graphiques correspondant aux tensions de Hall des trois capteurs 32 de la figure 3. Ces tensions de Hall sont représentées en traits interrompus alors que le signal correspondant par
20 tout ou rien des comparateurs respectifs 42 est indiqué en trait plein. Les trois graphiques sont indiqués en positions repérées les unes par rapport aux autres et par rapport à l'échelle placée à la partie inférieure de la figure, celle-ci étant indiquée en degrés électriques
25 et mécaniques. Les degrés mécaniques représentent la rotation matérielle du rotor. Comme le dessin du champ magnétique du disque 28 ainsi que celui du rotor 26, se répètent périodiquement quatre fois à chaque tour, 60° électriques correspondent à 15° mécaniques. Ainsi,
30 une variation sur 360° de la tension de Hall apparaît pour 90° de rotation du rotor. L'examen des trois signaux par tout ou rien des trois courbes correspondant à un nombre particulier de degrés comme indiqué sur l'échelle des abscisses, montre clairement les bits individuels
35 du mot à trois bits identifiant le vecteur de la figure 3, en code Gray. Par exemple, pour 20° mécaniques, le mot à trois bits est 110 alors que, à 60° mécaniques,

le mot à trois bits est 001. On peut noter sur la figure 6 qu'il y a six secteurs dans chaque intervalle de 360° électriques, chaque secteur étant identifié par un mot différent à trois bits. Le jeu de capteurs 32 de Hall 5 désigne ainsi les six secteurs aux circuits 34 de commutation et permet à ces derniers d'établir les courants dans les enroulements en fonction du sens et de l'amplitude du couple voulu.

Il est bien entendu que l'invention n'a été 10 décrite et représentée qu'à titre d'exemple préférentiel et qu'on pourra apporter toute équivalence technique dans ses éléments constitutifs sans pour autant sortir de son cadre.

REVENDECATIONS

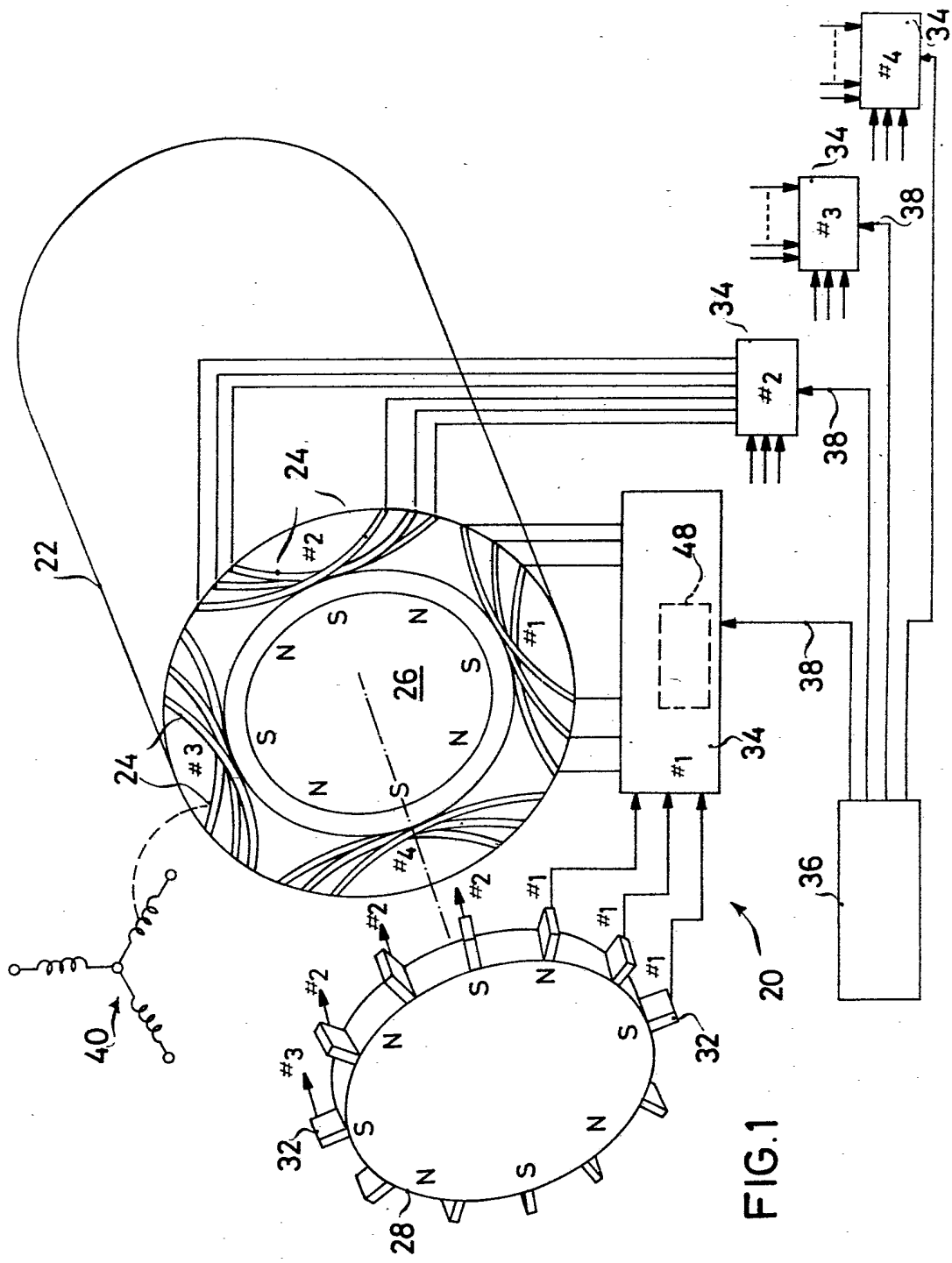
1. Système électromécanique comprenant un premier et un second organe mobiles l'un par rapport à l'autre, le premier organe (28) ayant plusieurs pôles magnétiques Nord (N) et plusieurs pôles magnétiques Sud (S) imbriqués suivant une ligne formée autour du premier organe (28), le second organe (22) comprenant des enroulements (24), ledit système étant caractérisé en ce que le second organe (22) a plusieurs jeux d'enroulements (24) disposés successivement suivant la ligne et séparés les uns des autres par une distance suffisante pour que le couplage magnétique mutuel soit réduit, les enroulements (24) de chaque jeu, placés successivement suivant ladite ligne, formant un champ magnétique qui progresse le long de cette ligne et qui interagit avec les pôles magnétiques afin que le premier et le second organe présentent un mouvement relatif, et plusieurs circuits (34) d'excitation des enroulements (24), les circuits individuels étant couplés à des jeux individuels d'enroulements, chacun des circuits étant isolé électriquement du reste des circuits par un isolement permettant le fonctionnement de l'un des circuits indépendamment d'une panne d'un autre des circuits.
2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un dispositif (32) de détection des positions des pôles magnétiques individuels par rapport aux positions de jeux correspondants d'enroulements (24), le dispositif de détection comprenant un dispositif destiné à isoler la détection de position de l'un des jeux de la détection de position du reste des jeux, avec un isolement qui permet la détection de position de l'un des jeux indépendamment d'une panne et la détection de position pour un autre des circuits.
3. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que les circuits d'excitation (34) sont couplés au dispositif de détection (32) afin qu'ils alimentent les enroulements en fonction des positions détectées,

le couplage de l'un des circuits au dispositif de détection étant isolé électriquement du couplage du reste des circuits au dispositif de détection par un isolement permettant le couplage de l'un des circuits indépendamment des pannes du couplage d'un autre des circuits.

4. Système selon la revendication 1, dans lequel le premier et le second organe (28, 22) qui sont mobiles l'un par rapport à l'autre, forment un moteur électrique, caractérisé en ce que chacun des pôles magnétiques (N, S) passe le long de chacun des enroulements (24) successivement lors du déplacement du premier organe par rapport au second.

5. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce que tous les jeux d'enroulements (24) sont placés successivement dans la direction de ladite ligne.

6. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la séparation physique et magnétique des jeux adjacents d'enroulements (24) dans le moteur distingue celui-ci d'un moteur classique dans lequel les jeux adjacents d'enroulements se recouvrent et occupent des fentes communes.



2/4

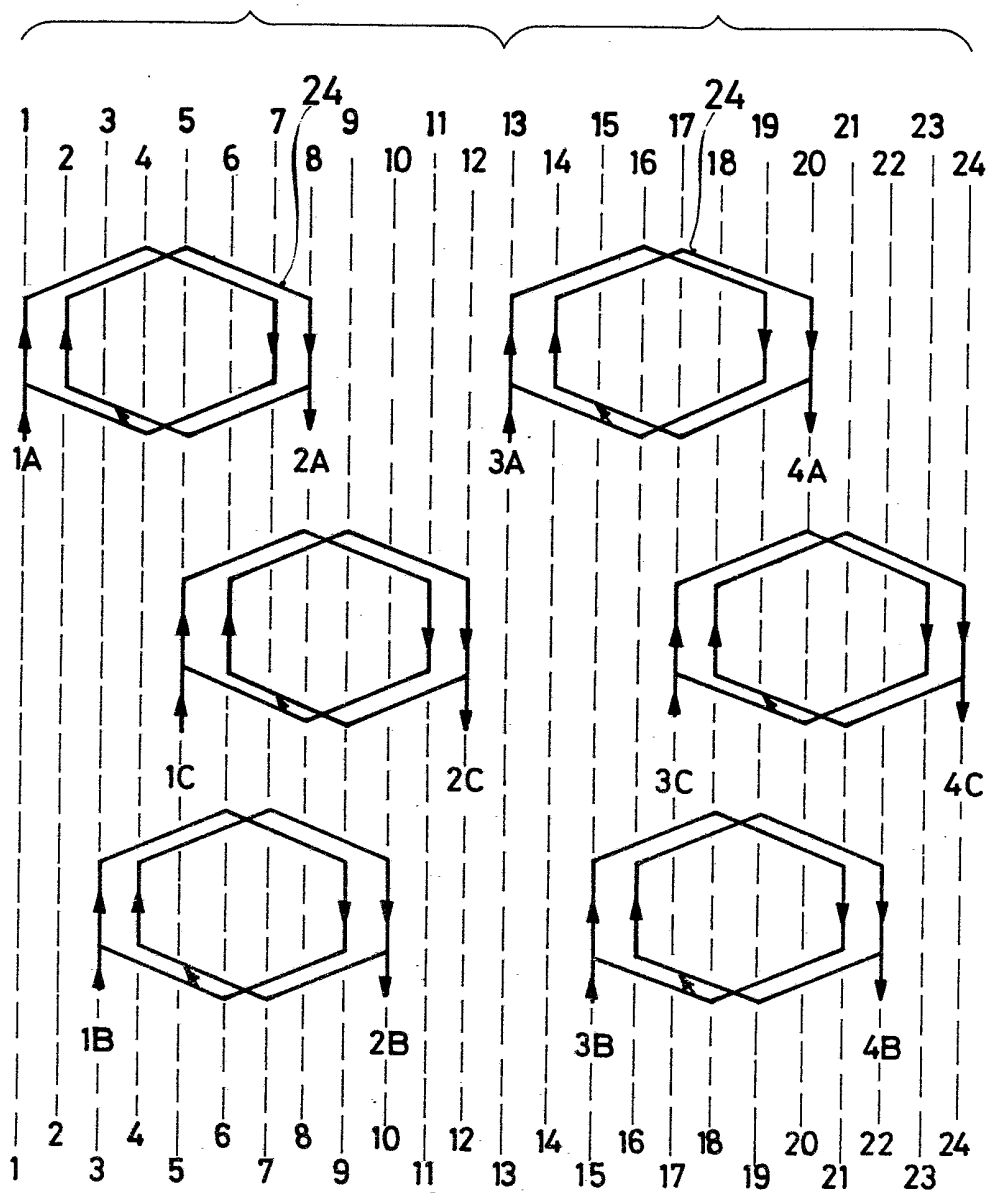


FIG. 2

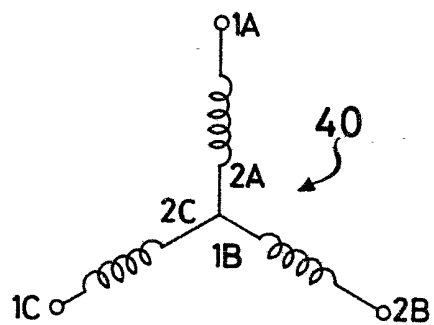


FIG. 2a

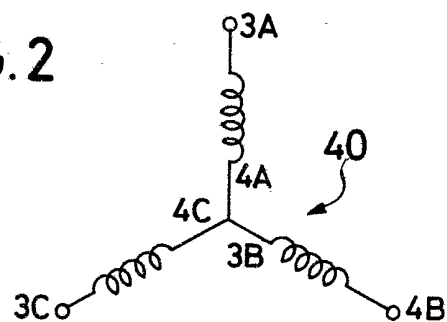


FIG. 2b

3/4

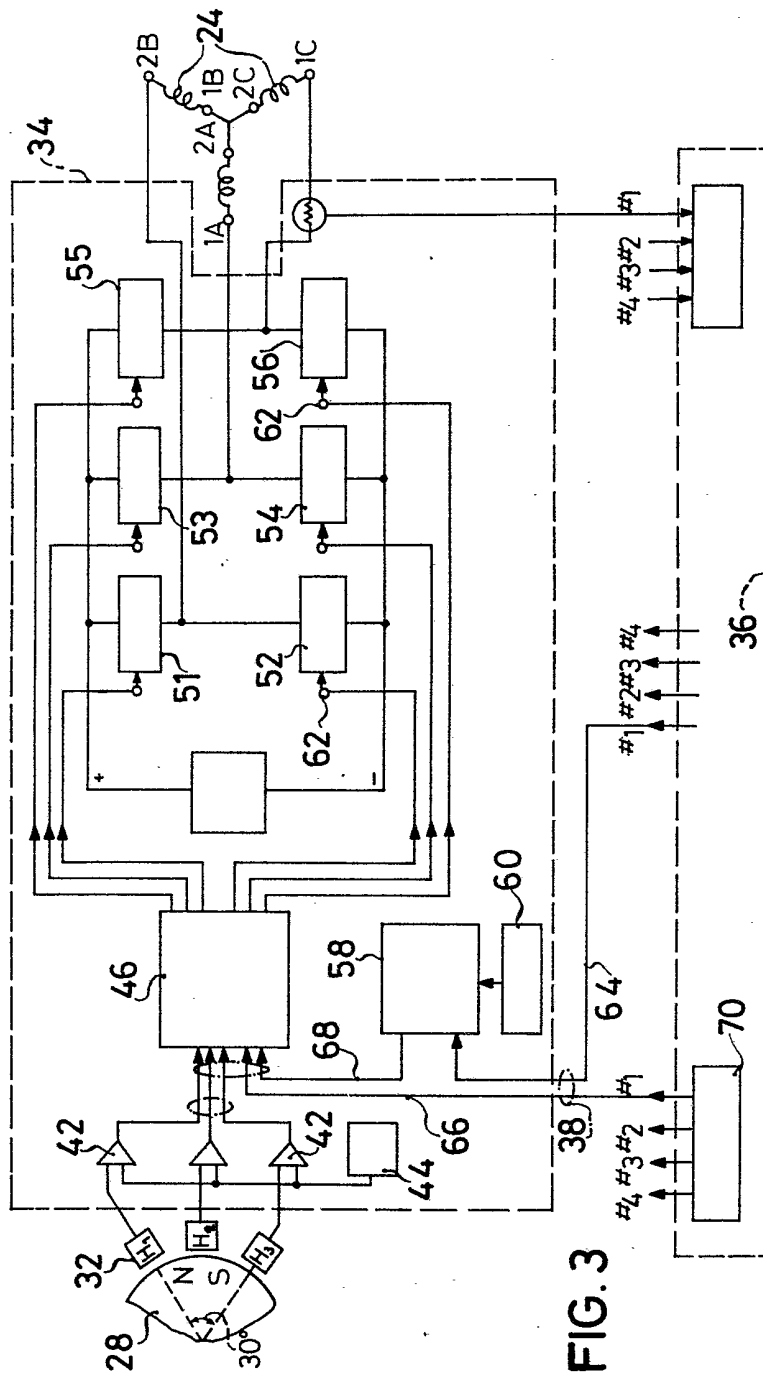


FIG. 3

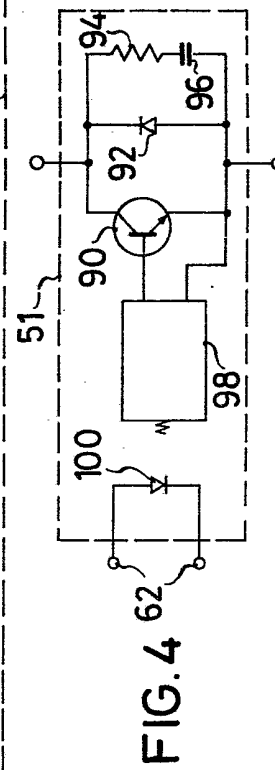


FIG. 4

4/4

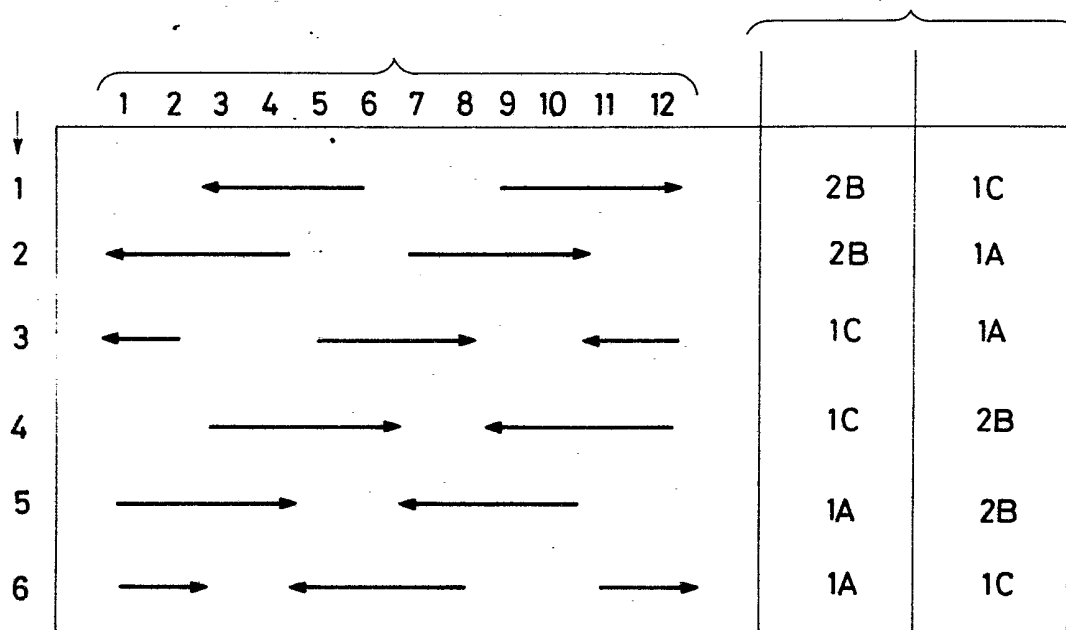


FIG.5

FIG.6

