

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication .
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 480 959

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 08751

(54) Procédé pour commander l'excitation de bobinages électriques.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 05 B 1/03; H 02 N 15/00.

(22) Date de dépôt 18 avril 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 43 du 23-10-1981.

(71) Déposant : ORGANISATION EUROPEENNE DE RECHERCHES SPATIALES, résidant en France.

(72) Invention de : Alan Arthur Robinson.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Jacques Peusset, conseil en brevets,
3, square de Maubeuge, 75009 Paris.

La présente invention se rapporte aux dispositifs à suspension magnétique et elle concerne en particulier la commande de l'excitation des bobinages électriques qui contrôlent la génération d'un champ magnétique 5 permettant de varier le flux magnétique total du dispositif à suspension magnétique.

Un dispositif à suspension magnétique avec lequel l'invention est concernée est un dispositif comprenant 10 un stator et un rotor disposés coaxialement l'un autour de l'autre sans aucun contact mécanique entre eux, le stator et le rotor s'étendant généralement dans un même plan. Le stator ou le rotor porte un aimant permanent dont le flux magnétique assure l'alignement axial du 15 rotor par rapport au stator. Le stator porte également quatre bobinages électriques qui s'étendent chacun sur un segment de cercle, deux de ces bobinages étant centrés sur chaque axe de coordonnées dans le plan commun du stator et du rotor. Ces bobinages engendrent, de manière 20 connue en soi, dans l'entrefer annulaire entre stator et rotor, des champs magnétiques qui servent à contrôler la position radiale du rotor par rapport au stator suivant les deux axes de coordonnées de leur plan commun. A cet effet, les bobinages opposés qui contrôlent la position 25 radiale le long d'un axe sont habituellement connectés en série ou en parallèle dans une boucle de contrôle. Lorsque le rotor se trouve écarté de sa position radiale centrée suivant l'axe X par exemple, le signal d'erreur de position 30 se trouve traité électroniquement en sorte de faire circuler dans les deux bobinages associés à l'axe X un courant dans un sens ou en sens opposé selon la polarité du signal d'erreur. Les champs magnétiques résultants sont alors tels que le flux magnétique de l'aimant permanent se trouve renforcé dans l'entrefer le plus large et se 35 trouve affaibli dans l'entrefer le plus étroit. Le rotor est alors plus fortement attiré vers le stator là où l'entrefer est le plus large, ce qui a pour effet de rétablir le rotor dans sa position centrée.

Les inconvénients de ce dispositif connu, notamment lorsque des applications spatiales sont concernées, sont les suivants:

- a) les amplificateurs alimentant les bobinages doivent être agencés pour délivrer des courants de sortie bi-directionnels, ce qui exige une source d'énergie symétrique qui n'est habituellement pas disponible sur les satellites, ou un étage de sortie en pont qui résulte en un circuit relativement complexe;
- 5 b) les amplificateurs utilisés sont des amplificateurs linéaires qui ont une dissipation appréciable (plusieurs dizaines de watts dans leurs étages de sortie) et un faible rendement de transfert d'énergie ;
- 10 c) tous les bobinages contrôlant un même axe sont excités simultanément, ce qui conduit à un gaspillage d'énergie lorsque le rotor a une forte excentricité par rapport au stator, par exemple pendant la mise en marche du dispositif à suspension magnétique.
- 15
- 20 Le problème que vise à résoudre l'invention est de proposer un procédé et un circuit de commande qui n'exigent qu'une consommation d'énergie relativement réduite et un circuit de commande qui est d'une construction simple.
- 25
- 30 Suivant un premier aspect, l'invention propose un procédé pour commander l'excitation des bobinages électriques qui contrôlent un dispositif à suspension magnétique comprenant un stator et un rotor disposés coaxialement l'un autour de l'autre en formant entre eux un entrefer annulaire. Conformément à l'invention, ce procédé se caractérise en ce que, pour chaque axe, on détecte les positions relatives entre le stator et le rotor le long de l'axe pour engendrer un signal d'erreur représentant l'écart de position relative par rapport à une position de référence; on engendre un premier ou un second signal de commande selon que
- 35

le signal d'erreur est positif ou négatif; et on applique le premier signal de commande à un premier circuit électrique contenant le bobinage électrique enroulé à une première extrémité de l'axe et on applique le second signal de commande à un second circuit électrique contenant le bobinage électrique enroulé à l'autre extrémité de l'axe, en sorte que seul soit excité le bobinage situé du côté du dispositif où l'entrefer est le plus étroit de manière à y réduire le flux magnétique.

5

10

15

20

25

30

35

Suivant un second aspect, l'invention propose un circuit pour commander l'excitation des bobinages électriques qui contrôlent un dispositif à suspension magnétique comprenant un stator et un rotor disposés coaxialement l'un autour de l'autre en formant entre eux un entrefer annulaire. Conformément à l'invention, ce circuit se caractérise en ce que, pour chaque axe, il comprend: un dispositif répondant à un signal représentant la position radiale relative du rotor par rapport au stator pour engendrer un signal d'écart de position, un modulateur électrique connecté pour répondre audit signal d'écart de position et produire un premier train d'impulsions lorsque le signal d'écart de position indique un écart de position dans un sens et pour produire un second train d'impulsions lorsque le signal d'écart de position indique un écart de position en sens opposé, la largeur des impulsions étant proportionnelle à l'amplitude du signal d'écart de position, un premier dispositif de commutation connecté pour être commandé par le premier train d'impulsions afin d'exciter un premier bobinage situé à une extrémité de l'axe, et un second dispositif de commutation connecté pour être commandé par le second train d'impulsions afin d'exciter un second bobinage situé à l'autre extrémité dudit axe.

L'invention est exposée dans ce qui suit avec référence aux dessins ci-joints sur lesquels :

la figure 1 est un schéma simplifié du circuit de commande selon l'invention;

5 la figure 2 montre les formes d'ondes des signaux;

la figure 3 est un schéma plus détaillé du circuit de la figure 1.

Le principe sur lequel est basée l'invention consiste 10 à n'exciter pour chaque axe que le seul bobinage qui est situé à proximité du point où l'entrefer entre le rotor et le stator est le plus étroit. Les expériences ont en effet montré que c'est ce bobinage-là qui produit la force de correction la plus grande.

15 On se réfère à la figure 1 sur laquelle X1 et X2 désignent les deux bobinages qui contrôlent la position radiale du rotor d'un dispositif à suspension magnétique suivant un axe X ou Y. Le signal d'entrée E du dispositif suivant l'invention est le signal de correction de position du rotor. Ce signal est engendré de manière 20 connue en soi à partir d'un ensemble de senseurs capacitifs ou inductifs fixés sur le dispositif à suspension magnétique par un régulateur proportionnel, 25 intégral, différentiel (connu en soi) suivi d'un préamplificateur.

Le signal de correction E est donc, suivant l'invention, appliqué à un circuit de commande qui comprend un modulateur 10 commandant deux dispositifs de commutation 30,30. Ceux-ci sont connectés chacun dans un circuit électrique distinct contenant un bobinage : le dispositif de commutation 20 débite du courant dans le bobinage X1 et le dispositif de commutation 30 débite 35 un courant dans le bobinage X2. Les dispositifs de commutation 20 et 30 sont avantageusement des transistors VMOS (métal-oxyde-semiconducteur vertical).

- 5 -

Le modulateur 10 comprend essentiellement quatre comparateurs 1,2,4 et 5 et deux circuits-ET 3 et 6. Le signal E est appliqué aux entrées positives 11,13 des comparateurs 1 et 2 et aux entrées négatives 16, 18 des comparateurs 4 et 5. Les autres entrées 12, 14, 15 et 17 des comparateurs reçoivent un signal de forme d'onde triangulaire. Les signaux A et B produits par les comparateurs 1 et 2 sont combinés dans le circuit-ET 3 à la sortie duquel apparaît un train d'impulsions S1 lorsque le signal E est positif. Les signaux C et D produits par les comparateurs 4 et 5 sont combinés dans le circuit-ET 6 à la sortie duquel apparaît un train d'impulsions S2 lorsque le signal E est négatif. La largeur des impulsions S1 et S2 est proportionnelle à l'amplitude du signal de correction E, c'est-à-dire à l'écart de position du rotor par rapport à sa position centrée. La figure 2 montre les formes d'ondes des signaux. La figure 3 est un schéma plus détaillé du circuit de commande selon l'invention.

Les impulsions de commande S1 et S2 attaquent respectivement la base des commutateurs 20 et 30. Un seul bobinage est ainsi excité chaque fois selon la polarité du signal de correction E, c'est-à-dire selon le sens de l'écart de position du rotor suivant l'axe considéré.

Grâce au fait qu'un seul bobinage à la fois se trouve excité suivant l'invention, il est possible d'utiliser pour les bobinages une seule source d'alimentation (par exemple +28 V) sans circuit complexe. De plus, le rendement du dispositif en force par watt est supérieur à celui des circuits antérieurs connus. En outre, le circuit travaille en mode commutation, ce qui conduit à une dissipation d'énergie minimum (typiquement quelques dizaines de watts seulement).

- 6 -

Enfin, la simplicité du circuit contribue à favoriser la fiabilité du système.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour commander l'excitation des bobinages électriques qui contrôlent un dispositif à suspension magnétique comprenant un stator et un rotor disposés coaxialement l'un autour de l'autre en formant entre eux un entrefer annulaire,
5 caractérisé en ce que, pour chaque axe, on détecte les positions relatives entre le stator et le rotor le long de l'axe pour engendrer un signal d'erreur représentant l'écart de position relative par rapport à une position de référence;
10 on engendre un premier signal de commande (S1) lorsque le signal d'erreur est positif et un second signal de commande (S2) lorsque le signal d'erreur est négatif;
et
15 on applique le premier signal de commande (S1) à un premier circuit électrique contenant le bobinage électrique (X1) enroulé à une première extrémité de l'axe et on applique le second signal de commande (S2) à un second circuit électrique contenant le bobinage électrique (X2) enroulé à l'autre extrémité de l'axe, en sorte que seul soit excité le bobinage situé du côté du dispositif où l'entrefer est le plus étroit de manière à y réduire le flux magnétique.
20
25 2. Circuit pour commander l'excitation des bobinages électriques qui contrôlent un dispositif à suspension magnétique comprenant un stator et un rotor disposés coaxialement l'un autour de l'autre en formant entre eux un entrefer annulaire,
30 caractérisé en ce que, pour chaque axe, il comprend un dispositif répondant à un signal représentant la position radiale relative du rotor par rapport au stator pour engendrer un signal d'écart de position (E), un modulateur électrique (10) connecté pour répondre audit

- signal d'écart de position et produire un premier train d'impulsions (S1) lorsque le signal d'écart de position indique un écart de position dans un sens et pour produire un second train d'impulsions (S2) lorsque le 5 signal de position indique un écart de position en sens opposé, la largeur des impulsions étant proportionnelle à l'amplitude du signal d'écart de position, un premier dispositif de commutation (20) connecté pour être commandé par le premier train d'impulsions 10 (S1) afin d'exciter un premier bobinage (X1) situé à une extrémité de l'axe, et un second dispositif de commutation (30) connecté pour être commandé par le second train d'impulsions (S2) afin d'exciter un second bobinage (X2) situé à l'autre extrémité dudit axe.
- 15 3. Circuit selon la revendication 2, caractérisé en ce que le modulateur électrique comprend essentiellement quatre comparateurs (1,2,4,5) formant un circuit intégré unique.
- 20 4. Circuit selon la revendication 2, caractérisé en ce que les premier et second dispositifs de commutation sont constitués par des transistors métal-oxyde-semiconducteur verticaux (transistors 25 type VMOS).

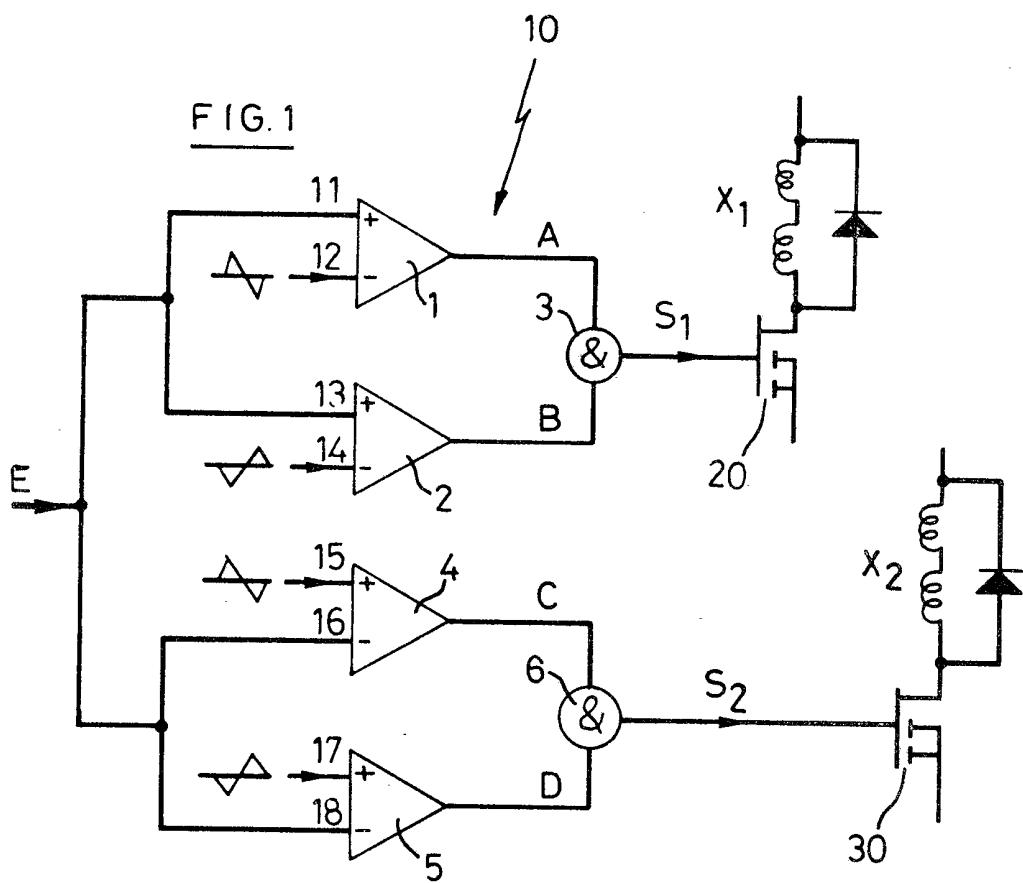


FIG. 2

