

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 25871

(54)

Moteur électrique commutant par voie électronique.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. ³). H 02 K 29/04.

(22)

Date de dépôt..... 5 décembre 1980.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *Pays-Bas* : 12 décembre 1979, n° 79 08 925.

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 25 du 19-6-1981.

(71)

Déposant : NV PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, société anonyme de droit néerlandais,
résidant aux Pays-Bas.

(72)

Invention de : Johannes Hendrikus Hubertus Janssen.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Jean Tissot, société civile SPID,
209, rue de l'Université 75007 Paris.

Moteur électrique commutant par voie électronique.

L'invention concerne un moteur électrique commutant par voie électronique et comportant un rotor qui au moins en partie est formé par du matériau magnétiquement permanent et qui coopère avec au moins deux bobines de stator
05 immobiles, ledit moteur étant muni d'au moins deux éléments, en particulier des éléments de Hall, élaborés sur un substrat commun et sensibles à l'influence de champs magnétiques, ces éléments devant fournir des signaux qui
10 varient pratiquement de façon sinusoïdale avec la position de rotor pour exciter les bobines de stator en fonction de la position de rotor par intermédiaire d'un circuit d'excitation, lesdits éléments sensibles au champ magnétique formant entre eux et par rapport à l'axe du rotor un angle
15 tangentiel qui est inférieur à l'angle de déphasage φ qui entre les signaux d'excitation destinés auxdites bobines, est nécessaire pour l'excitation correcte de celles-ci.

Un tel moteur est connu de la demande de brevet français N° 2304 206.

Lorsqu'il s'agit de moteurs conventionnels commu-
20 tant par voie électronique, les éléments sensibles au champ magnétique sont placés sous un angle φ correspondant à l'angle de phase du moteur, les éléments formant donc entre eux un angle de 120° dans le cas d'un moteur triphasé et un angle de 90° dans le cas de moteurs bi-
25 phases ou quadriphases. Les inconvénients propres à cette situation, par exemple le montage et la liaison de deux constituants distincts, sont éliminés dans ladite demande de brevet du fait d'élaborer les deux éléments sensibles au champ magnétique sur un même substrat et de laisser
30 coopérer lesdits éléments avec un disque élaboré sur l'arbre de rotor et muni de deux pistes concentriques codées magnétiquement. Cette façon de faire a comme inconvénient que du fait que les pistes en question doivent être très proches l'une de l'autre, la fuite qui se pro-
35 duit est grande, de sorte que les éléments de Hall reçoivent peu de flux magnétique, alors qu'en outre lesdites pistes doivent être montées très près du disque sans toutefois entraver la sécurité du mouvement du disque. De plus, un tel disque à codage magnétique est dé-

favorable du point de vue économique.

L'invention vise à procurer un moteur électrique qui n'est pas affecté non plus par ledit inconvénient, et à cet effet, l'invention est remarquable en ce que
05 le circuit d'excitation du moteur est muni d'un circuit de combinaison servant à combiner linéairement des signaux fournis par au moins deux éléments sensibles au champ magnétique pour ainsi disposer d'au moins deux
10 signaux d'excitation entre lesquels existe un angle de déphasage pratiquement égal à φ .

L'invention repose sur l'idée qu'à partir de deux signaux pratiquement sinusoïdaux entre lesquels existe une différence de phase, il est possible d'engendrer, par combinaison linéaire desdits signaux, deux signaux
15 entre lesquels existe une autre différence de phase, et que de ce fait il est possible de positionner par rapport à l'axe du rotor lesdits éléments sensibles au champ magnétique de façon que ceux-ci forment des angles tangentiels relativement petits.

Un premier mode de réalisation préférentiel de l'invention concerne un moteur biphasé ou un moteur quadriphase, et est remarquable en ce que le circuit de combinaison fournit un signal proportionnel à la somme des
20 signaux fournis par les deux éléments sensibles au champ magnétique, ainsi qu'un signal proportionnel à la différence entre lesdits signaux.
25

Ce mode de réalisation a l'avantage que la différence de phase entre lesdits signaux combinés est indépendant de l'angle tangentiel sous lequel sont posés
30 deux éléments sensibles au champ magnétique.

Généralement, une telle combinaison linéaire à l'aide de laquelle il est possible de réaliser également des différences de phase autres que 90° , peut avoir la particularité que le circuit de combinaison fournit un
35 premier signal C qui respecte la relation $C = A + KB$,

ainsi qu'un deuxième signal B qui respecte la relation $D = A - KB$, expressions dans lesquelles la référence A indique le signal fourni par un premier des éléments sensibles au champ magnétique, la référence B indique le
 05 signal fourni par un deuxième desdits éléments, tandis que la référence K indique une constante définie d'avance et réglée de façon à donner lieu à une différence de phase φ entre les signaux C et D.

Un inconvénient de cette méthode de combinaison
 10 peut être que généralement, les signaux de combinaison n'ont pas la même amplitude. Un mode de réalisation du moteur conforme à l'invention qui n'est pas affecté par cet inconvénient peut avoir la particularité que le circuit de combinaison fournit un premier signal C qui res-
 15 pecte la relation $C = A = kB$, ainsi qu'un deuxième signal D qui respecte la relation $D = B - kA$, expressions dans lesquelles la référence A indique le signal fourni par un premier des éléments sensibles au champ magnétique, la référence B indique le signal fourni par un deuxième
 20 desdits éléments, tandis que la référence k indique une constante arrêtée d'avance et réglée de façon à donner lieu à une différence de phase φ entre les signaux C et D.

Un mode de réalisation très simple du moteur cité
 25 en dernier lieu peut encore avoir la particularité que le circuit d'excitation de ce moteur comporte un premier comparateur dont une première entrée est raccordée à un premier des éléments sensibles au champ magnétique, dont une sortie est raccordée au montage en série formé
 30 par une première des bobines de stator et par une première résistance, et dont une deuxième entrée est raccordée au point qui est commun à ladite première bobine de stator et à ladite première résistance, un deuxième compa-
 35 rateur dont une première entrée est raccordée à un deuxième des éléments sensibles au champ magnétique, dont une sortie est raccordée au montage en série formé par une deuxième des bobines de stator et par une deuxième résistance, et dont une deuxième entrée est raccordée au

point qui est commun à ladite deuxième bobine de stator et à ladite deuxième résistance, ainsi qu'une troisième résistance branchée entre d'une part le point qui est commun à la première bobine de stator et à la première
05 résistance et d'autre part le point qui est commun à la deuxième bobine de stator et à la deuxième résistance.

Un mode de réalisation préférentiel d'un moteur triphasé conforme à l'invention peut encore avoir la particularité que la troisième résistance est une résistance
10 variable.

La description suivante, en regard des dessins annexés, le tout donné à titre d'exemple, fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

La figure 1 est une vue en élévation schématique d'un moteur triphasé qui commute par voie électronique et qui de façon conventionnelle est muni d'éléments de Hall.
15

La figure 2 montre plus en détail et en coupe le moteur selon la figure 1.

La figure 3 illustre le positionnement des éléments de Hall en conformité à l'invention dans le moteur répondant à la figure 1.
20

La figure 4 est un diagramme vectoriel servant à expliquer l'application de l'invention dans un moteur biphasé.
25

La figure 5 est un diagramme vectoriel servant à expliquer un premier mode de réalisation général d'un moteur conforme à l'invention.

La figure 6 est un diagramme vectoriel servant à expliquer un mode de réalisation préférentiel d'un moteur conforme à l'invention.
30

La figure 7 est un diagramme vectoriel servant à expliquer un mode de réalisation possible en variante de celui expliqué en référence à la figure 6.

La figure 8 représente un circuit pour réaliser la combinaison linéaire décrite en référence à la figure 4,
35

La figure 9 représente un circuit pour réaliser les combinaisons linéaires décrites en référence aux figures

6 et 7.

La figure 10 est un diagramme vectoriel servant à expliquer les combinaisons linéaires dans le cas d'un moteur triphasé.

05 La figure 11 illustre un mode de réalisation préférentiel pour effectuer la méthode de combinaison décrite en référence à la figure 10.

10 La figure 12 illustre une méthode de combinaison conforme à l'invention dans le cas de signaux triangulaires.

La figure 1 montre par une vue en élévation schématique un moteur triphasé qui commute par voie électronique et qui, de façon conventionnelle, a été muni d'éléments de Hall. La figure 2 montre plus en détail une
15 coupe suivant le plan II-II sur la figure 1. Ledit moteur comporte un arbre 1 sur lequel est immobilisé un boîtier de rotor en forme de cloche 2 qui à sa circonférence interne est muni d'un aimant permanent annulaire 3. Le corps de stator 4 porte un ensemble lamellé sur
20 lequel sont placées trois bobines de stator 6, 7 et 8. Sur le corps de stator 4 est placé un support 9 sur lequel sont positionnés, séparés par un angle de 120° , les éléments de Hall 10 et 11 détectant le champ magnétique émis par l'anneau permanent annulaire 3 et excitant, en
25 fonction de la position de rotor, les bobines de stator 6, 7 et 8 par l'intermédiaire d'un circuit élaboré éventuellement aussi sur ledit support 9.

La figure 3 montre une solution pour le positionnement des éléments de Hall 10 et 11 en conformité à
30 l'invention dans le cas d'un moteur selon les figures 1 et 2. Pour simplifier les choses, on a représenté que l'ensemble lamellé statorique 5 de ce moteur. Les deux éléments de Hall 10 et 11 sont placés très proches l'un de l'autre - et sous un angle $\angle$ par rapport à l'arbre
35 de rotor - de sorte qu'en même temps que les constituants électroniques indispensables les éléments en question sont réalisables de façon simple sur un même substrat par la mise en oeuvre de techniques de formation de couches, les éléments pouvant même être intégrés dans

un même circuit intégré éventuellement en même temps que lesdits constituants. A cette occasion, il s'avère possible néanmoins de réaliser les différences de phases correctes entre les signaux d'excitation destinés aux bobines de stator du fait de faire des combinaisons linéaires des signaux en provenance des éléments de Hall 10 et 11 à condition qu'il s'agisse de signaux pratiquement sinusoïdaux.

La figure 4 montre cela par un diagramme vectoriel pour le cas d'un moteur biphasé (ou quadriphase). Sur le diagramme en question, on a représenté par des vecteurs les signaux A et B en provenance des éléments de Hall 10 et 11, la somme C de ces signaux A et B ainsi que leur différence D. Le diagramme permet de se rendre compte que l'engendrement des signaux de somme et de différence C et D, c'est-à-dire

$$C = A+B$$

$$\text{et } D = A-B$$

fournit deux signaux entre lesquels existe une différence de phase de 90° . Dans le cas de ces combinaisons, cela est indépendant de l'angle α entre les éléments de Hall. Généralement, il est possible d'engendrer une différence de phase quelconque entre les signaux C et D à l'aide des combinaisons linéaires :

$$C = A+KB$$

$$\text{et } D = A-KB$$

dans lesquelles K est un facteur constant qui est fonction de l'angle α ainsi que de la différence de phase souhaitée entre les signaux C et D.

Dans le cas où l'on souhaite - par exemple lorsque les deux éléments de Hall 10 et 11 sont situés symétriquement par rapport au centre entre les deux pôles de stator comme le montre la figure 3 - faire tomber le vecteur C exactement entre les vecteurs A et B en relation avec les instants de commutation corrects, il est possible alors par exemple de former les combinaisons linéaires suivantes :

$$C = A+B$$

$$D = A-KB$$

La figure 5 montre un tel diagramme vectoriel pour une différence de phase de 120° entre les signaux C et D.

05 Ce diagramme évident ne nécessite pas de plus amples explications.

Dans le cas de méthodes de combinaison décrites en référence aux diagrammes vectoriels selon les figures 4 et 5, les amplitudes des signaux C et D ne sont pas

10 égales en présence d'amplitudes égales des signaux A et B. Lorsque les signaux C et D ne font commuter l'excitation du stator qu'aux instants où lesdits signaux C et D passent par leur valeur zéro, ladite différence d'amplitude est sans inconvénient. Lorsque toutefois les signaux
15 C et D sont utilisés - après leur amplification éventuelle comme signaux servant à l'excitation des bobines de stator, il peut être nécessaire d'amplifier les deux signaux, par adaptation des coefficients d'amplification de l'amplificateur, afin de donner auxdits signaux la même am-
20 plitude. Une méthode de combinaison qui n'est pas affectée par cet inconvénient est expliquée en référence à la figure 6.

La figure 6 est le diagramme vectoriel appartenant aux combinaisons linéaires suivantes :

25 $C = B-KA$

$$D = A-KB$$

Dans le cas de cette combinaison linéaire, les amplitudes des signaux C et D sont égales, ce qui est également le cas des amplitudes des signaux A et B. Dans le diagramme
30 vectoriel selon la figure 6, le facteur K est choisi de façon que dans le cas où les vecteurs A et B respectent les angles respectifs $-\frac{1}{2}\alpha$ et $+\frac{1}{2}\alpha$, les vecteurs C et D respectent les angles respectifs $+120^\circ$ et $+240^\circ$. Le troisième signal de phase E pour un moteur triphasé est obtenu
35 de façon connue par l'inversion de la somme des signaux C et D ($E = -C-D$). Il est possible également de prendre le signal atténué correspondant à la somme des signaux A et B.

La figure 7 est le diagramme vectoriel illustrant

une autre façon pour effectuer la combinaison linéaire décrite en référence à la figure 6 et effectuée dans le but d'obtenir un signal triphasé. A cette occasion, le facteur K est choisi de façon que les vecteurs C et D respectent les angles respectifs 60° et 300° , et que de ce fait le vecteur $E = -(C + D)$ se situe sur -180° .

Les combinaisons linéaires décrites ci-dessus sont facilement réalisables à l'aide d'amplificateurs opérationnels qui, éventuellement en même temps que les éléments de Hall 10 et 11, sont réalisables sous forme intégrée.

La figure 8 montre un exemple d'un circuit servant à réaliser la combinaison linéaire décrite en référence à la figure 4. Ledit circuit comporte un amplificateur sommateur 12 à coefficient d'amplification G_1 cet amplificateur 12 recevant les signaux A et B en provenance des éléments de Hall 10 et 11. Le signal de sortie G_1 (A+B) peut être appliqué directement aux extrémités d'une bobine de stator 6' d'un moteur biphasé. Les signaux A et B sont fournis également à un amplificateur de différence 13, à coefficient d'amplification G_2 . Le signal de sortie G_2 (A-B) présente une différence de phase de 90° par rapport au signal de sortie G_1 (A+B), et peut être fourni directement à l'autre bobine de stator 7'. Du fait de régler correctement le coefficient d'amplification G_1 par rapport au coefficient d'amplification G_2 , il est possible de donner aux deux signaux de sortie la même amplitude.

Le rapport entre les amplitudes des signaux G_1 (A+B) et G_2 (A-B) est moins important lorsque ces signaux sont utilisés comme signaux commutateurs par exemple dans le cas où les sorties des amplificateurs 12 et 7 ne sont pas raccordées directement aux bobines de stator 6' et 7' mais sont raccordées à celle-ci à travers des transistors commutateurs T_1 et T_2 comme le montrent les liaisons en pointillé sur la figure 8.

Le circuit selon la figure 8 permet également d'autres combinaisons linéaires des signaux A et B afin de réaliser, selon les combinaisons linéaires décrites en

référence aux figures 4 et 5, des différences de phase autres que 90° entre les signaux de sortie. A cet effet, à l'aide par exemple de techniques connues du calcul analogique, la réalisation des facteurs K est possible par exemple dans les amplificateurs 12 et 17.

La figure 9 illustre un exemple d'un circuit pour réaliser les combinaisons linéaires A-KB et B-KA dont il a été question en référence aux figures 6 et 7. Ledit circuit comporte un amplificateur 18 qui amplifie le signal A en correspondance à un coefficient G et le signal B en correspondance à un coefficient -KG, de sorte qu'il en résulte un signal de sortie G (A-KB) pouvant être fourni directement à une bobine de stator 6 d'un moteur triphasé. Un deuxième amplificateur 19 amplifie le signal B en correspondance à un coefficient G et le signal G en correspondance à un coefficient -KG, de sorte qu'il en résulte un signal G (B-KA) qui, en cas d'un facteur K choisi judicieusement, présente une différence de phase de 120° avec le signal G (A-KB), ledit signal G (B-KA) pouvant être fourni directement à la bobine 7 du moteur triphasé. La troisième phase peut s'obtenir par l'inversion de la somme des signaux de sortie, ce dont il résulte le signal $G(1-k) (A+B)$. Comme le montre la figure 9, ce signal aussi est réalisable avec un troisième amplificateur à coefficient d'amplification $(k-1) G$, amplificateur auquel sont fournis les signaux A et B. Le signal de sortie peut être fourni directement à la troisième bobine de stator 8.

On sait qu'au lieu d'être alimenté par trois signaux entre lesquels existent des différences de phase de 120° , l'alimentation d'un moteur triphasé peut avoir lieu également à l'aide de trois signaux entre lesquels existent des différences de phase de 60° , ce qui est possible lorsqu'une des bobines de stator est excitée dans la polarité opposée ou est, vu le sens de bobinage, excitée depuis le sens opposé, ce qui, dans le diagramme de la figure 7 par exemple, veut dire que le vecteur E est déplacé de 120° , de sorte que les vecteurs C, D et E sont séparés par des angles de 60° . Lorsque, comme le montre le diagramme

vectorel de la figure 10, le fait de choisir correctement le facteur K donne lieu à l'engendrement de deux signaux C et D différant en phase de 60° , il se forme la troisième phase E du fait de prendre la différence $E = D - C$ des signaux D et C. Lorsque dans le circuit selon la figure 1 le facteur K est choisi de façon qu'il existe une différence de phase de 60° entre les signaux de sortie des amplificateurs 18 et 19, la troisième bobine de stator 8 peut être excitée par la troisième phase E du fait de prélever celle-ci entre les sorties des amplificateurs 18 et 19 comme le montrent les pointillés sur la figure 9. A cette occasion, l'amplificateur 20 peut être omis. Dans ce cas, la bobine de stator 7 doit être excitée dans la polarité opposée par rapport à la situation avec les signaux à déphasage 120° (ou être bobinée dans le sens opposé).

Les combinaisons linéaires $C = B - KA$ et $D = A - KB$ sont réalisables de façon simple si, entre l'amplificateur utilisé pour le signal A et l'amplificateur utilisé pour le signal B, on donne lieu à une certaine diaphonie en concordance avec un facteur K. Ceci est mis à profit dans le circuit selon la figure 11. Dans ce circuit le courant passant par la bobine de stator 6 est contrôlé par l'emploi d'une résistance 21, le courant passant par la bobine de stator 6 étant contrôlé par l'emploi d'une résistance 22, les valeurs ohmiques R_0 de ces résistances 21, 22 étant égales. Le courant passant par la bobine de stator 6 est commandé par un amplificateur 23 qui compare le signal A, dans ce cas une tension, à la tension aux extrémités de la résistance 21, tandis que le courant passant par la bobine de stator 7 est commandé par un amplificateur 24 qui compare le signal B, dans ce cas une tension, à la tension aux extrémités de la résistance 22. La bobine 6 est alors parcourue par un courant dont l'intensité est égale à A/R_0 , tandis que la bobine 7 est parcourue par un courant dont l'intensité est égale à B/R_0 , la différence de phase entre ces deux courants étant, dans le cas où les éléments de Hall 10 et 11 sont élaborés de façon conventionnelle

(figure 1), égale à 120° . Lorsqu'on choisit une différence de phase égale à 60° , la troisième bobine de stator 6 peut être branchée simplement entre les sorties des amplificateurs 23 et 24. Lorsque toutefois les éléments de Hall 10 et 11 sont positionnés sous un angle α plus petit (figure 3), la différence de phase entre les courants passant par les bobines 6 et 7 peut néanmoins être égale à 60° (ou au besoin à 120° ou à d'autres valeurs encore) si l'on combine les signaux A et B, ce qui dans cet exemple a lieu de façon très simple par l'emploi d'une résistance 25 à valeur ohmique R_1 entre d'une part le point qui est commun à la bobine 6 et la résistance 21 et d'autre part le point qui est commun à la bobine 7 et à la résistance 22. La résistance 21 est parcourue par un courant à intensité égale à A/R_o , la résistance 22 est parcourue par un courant à intensité égale à B/R_o tandis que la résistance 25 est parcourue par un courant à intensité égale à $(A-B)R_1$, de sorte que la bobine de stator 6 est parcourue par un courant $I_6 = P(A-KB)$ et que la bobine de stator 7 est parcourue par un courant $I_7 = P(B-KA)$, avec $P = (R_o + R_1)/R_o R_1$ et $K = R_o/(R_o + R_1)$. Par le choix adéquat de K pouvant être déterminé expérimentalement si par exemple la résistance 21 est une résistance variable, il est à nouveau possible de donner lieu à la différence de phase souhaitée.

Particulièrement dans le cas où les signaux en provenance des éléments de Hall sont utilisés pour une commutation et non pas pour une excitation analogique, (comme le montre en guise d'alternatif par exemple la figure 8), la forme des signaux A et B engendrés par les éléments de Hall 10 et 11 est moins critique. Ceci peut être démontré en référence à la figure 12 qui dans sa partie a montre le signal A comme tension triangulaire, et dans sa partie 12b le signal B comme tension triangulaire. De son côté, la partie C de la figure 12 montre la somme de ces signaux A et B, tandis que la

partie D de la figure 12 en montre la différence. On constate que dans ce cas aussi, les endroits où les combinaisons $A + B$ et $A - B$ passent par leur valeur zéro sont décalés d'un quart de la période des signaux A et B, c'est-à-dire de 90° . D'autres décalages sont possibles si l'on pratique d'autres combinaisons.

Surtout dans le cas où les signaux en provenance des éléments de Hall, et les combinaisons linéaires de ces signaux sont utilisés comme signaux d'excitation analogiques pour les bobines de stator, il peut arriver dans la pratique que la forme et/ou l'intensité de la magnétisation du rotor magnétiquement permanent ne convient pas à l'engendrement de signaux utiles dans les éléments de Hall. Une solution bien utile dans ce cas est de monter alors sur l'arbre du rotor un disque aimanté supplémentaire avec lequel coopérant les éléments de Hall. L'avantage consistant en ce que les éléments peuvent être placés très près l'un de l'autre est dans ce cas conservé, cependant que l'on n'est pas confronté avec l'inconvénient dont est affecté le moteur connu cité dans le préambule du présent exposé et muni d'un disque à codage magnétique.

REVENDECATIONS :

1. Moteur électrique commutant par voie électro-
nique et comportant un rotor (2) qui au moins en partie
est formé par du matériau magnétiquement permanent (3) et
05 qui coopère avec au moins deux bobines de stator immobiles
(6, 7, 8) ledit moteur étant muni d'au moins deux éléments
(10, 11) en particulier des éléments de Hall, élaborés sur
un substrat commun (9) et sensibles à l'influence de champs
magnétiques, ces éléments devant fournir des signaux qui
10 varient pratiquement de façon sinusoïdale avec la position
de rotor pour exciter les bobines de stator en fonction de
la position de rotor par intermédiaire d'un circuit d'excitation
(12, 17, 18, 19, 20, 23, 24) lesdits éléments sensibles
15 au champ magnétique formant entre eux et par rapport
à l'axe du rotor un angle tangentiel qui est inférieur à
l'angle de déphasage φ qui entre les signaux d'excitation
destinés auxdites bobines, est nécessaire pour l'excitation
correcte de celles-ci, caractérisé en ce que le circuit
d'excitation du moteur est muni d'un circuit de combinaison
20 (12, 17, 18, 20, 23, 24) servant à combiner linéairement
des signaux fournis par au moins deux éléments sensibles
au champ magnétique pour ainsi disposer d'au moins deux signaux
d'excitation entre lesquels existe un angle de déphasage
pratiquement égal à φ .
- 25 2. Moteur électrique selon la revendication 1, conçu
comme moteur biphase ou quadriphase, caractérisé en ce
que le circuit de combinaison fournit un signal proportionnel
à la somme des signaux fournis par les deux éléments
sensibles au champ magnétique, ainsi qu'un signal proportionnel
30 à la différence entre lesdits signaux.
3. Moteur électrique selon la revendication 1, caractérisé
en ce que le circuit de combinaison fournit un premier signal
C qui respecte la relation $C = A + KB$, ainsi qu'un deuxième
signal B qui respecte la relation $D = A - KB$, expressions
35 dans lesquelles la référence A indique le signal fourni
par un premier des éléments sensibles au champ magnétique,
la référence B indique le signal fourni par un deuxième
desdits éléments, tandis que la référence K indique

une constante définie d'avance et réglée de façon à donner lieu à une différence de phase φ entre les signaux C et D.

4. Moteur électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de combinaison fournit un premier signal C qui respecte la relation $C = A - kB$, ainsi qu'un deuxième signal D qui respecte la relation $D = B - kA$, expressions dans lesquelles la référence A indique le signal fourni par un premier des éléments sensibles au champ magnétique, la référence B indique le signal fourni par un deuxième desdits éléments, tandis que la référence k indique une constante arrêtée d'avance et réglée de façon à donner lieu à une différence de phase φ entre les signaux C et D.

5. Moteur électrique selon la revendication 4, caractérisé en ce que le circuit d'excitation de ce moteur comporte un premier comparateur (23) dont une première entrée (+) est raccordée à un premier (10) des éléments sensibles au champ magnétique, dont une sortie est raccordée au montage en série formé par une première (6) des bobines de stator et par une première résistance (21) et dont une deuxième entrée (-) est raccordée au point qui est commun à ladite première bobine de stator et à ladite première résistance, un deuxième comparateur (24) dont une première entrée (+) est raccordée à un deuxième (11) des éléments sensibles au champ magnétique, dont une sortie est raccordée au montage en série formé par une deuxième (7) des bobines de stator et par une deuxième résistance (22) et dont une deuxième entrée (-) est raccordée au point qui est commun à ladite deuxième bobine de stator et à ladite deuxième résistance, ainsi qu'une troisième résistance (25) branchée entre d'une part le point qui est commun à la première bobine de stator et à la première résistance et d'autre part le point qui est commun à la deuxième bobine de stator et à la deuxième résistance.

6. Moteur électrique selon la revendication 6; caractérisé en ce que la troisième résistance est une

résistance variable.

- 05 7. Moteur électrique selon la revendication 3, 4, 5 ou 6, caractérisé en ce qu'il s'agit d'un moteur triphasé avec trois bobines de stator, le circuit de combinaison étant conçu pour fournir des signaux à différence de phase électrique de 60° à des premières et deuxième bobines de stator, la troisième bobine de stator étant branchée en triangle entre les première et deuxième bobines de stator.
- 10 8. Moteur électrique selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'au moins en partie, le circuit d'excitation et les deux éléments sensibles au champ magnétique appartiennent à un même circuit intégré.

PL 1/5

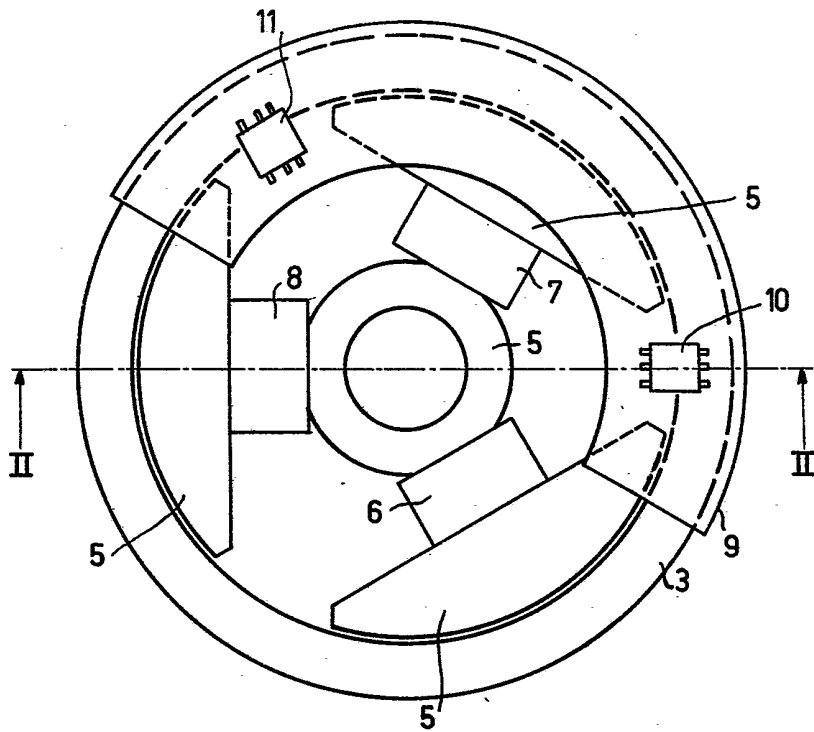


FIG. 1

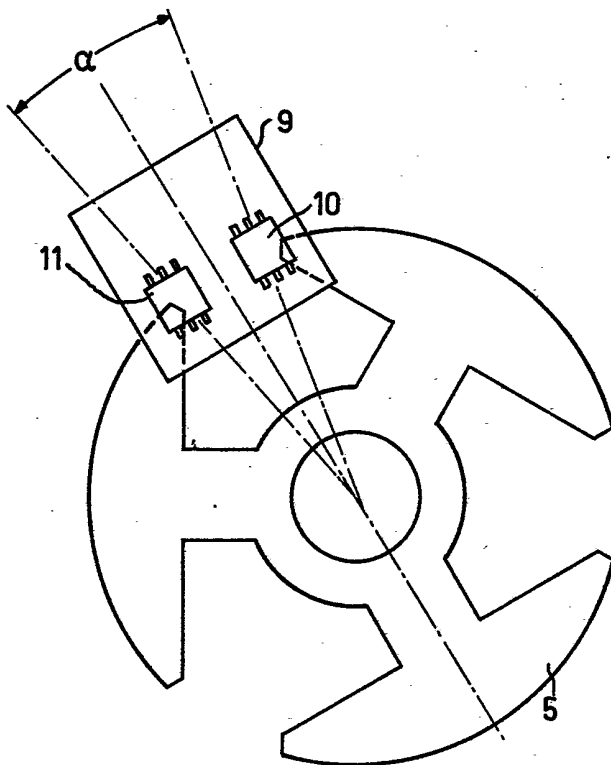


FIG. 3

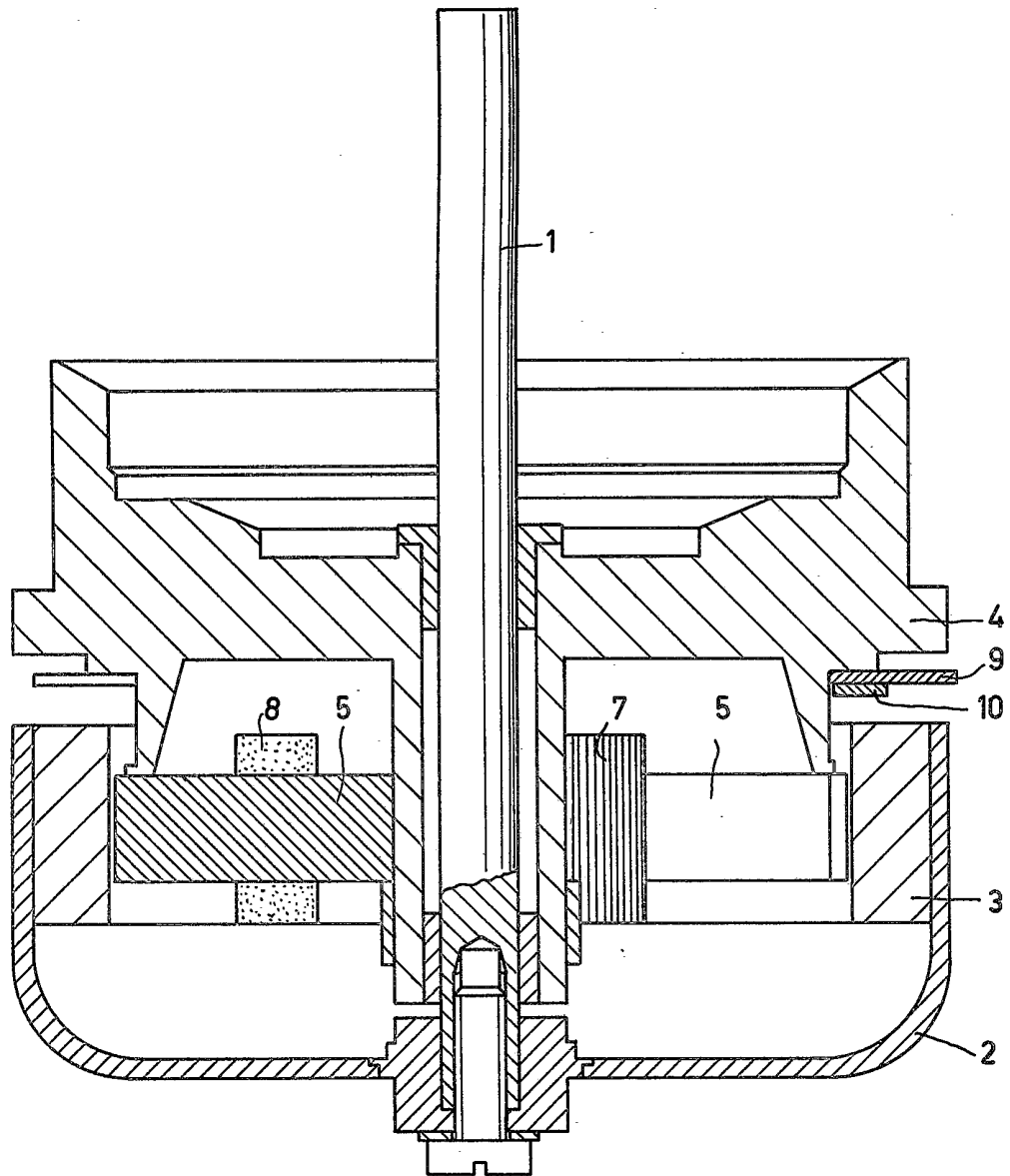


FIG.2

PL 3/5

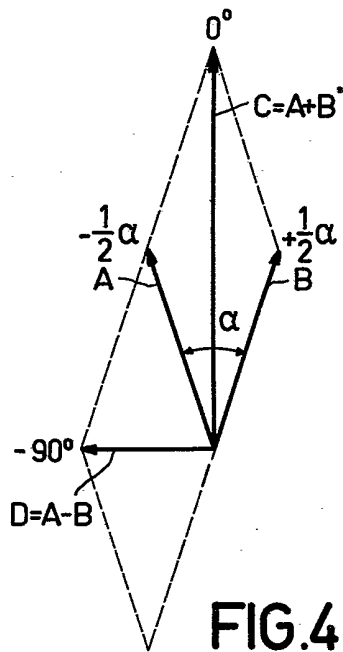


FIG. 4

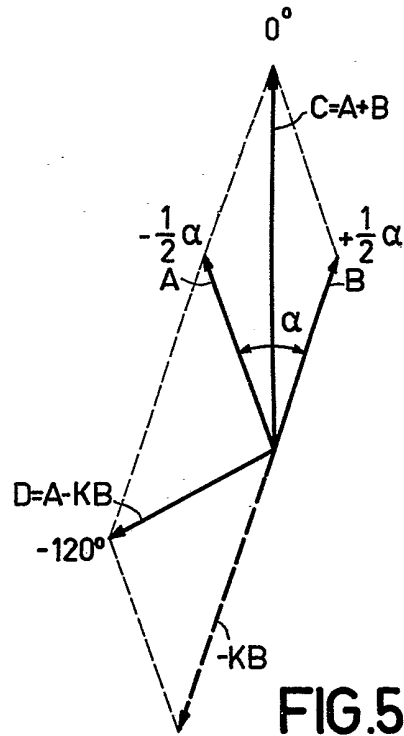


FIG. 5

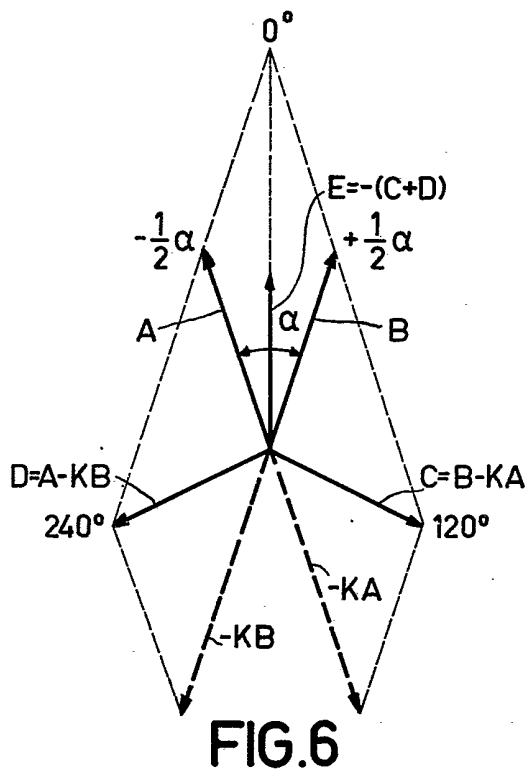


FIG. 6

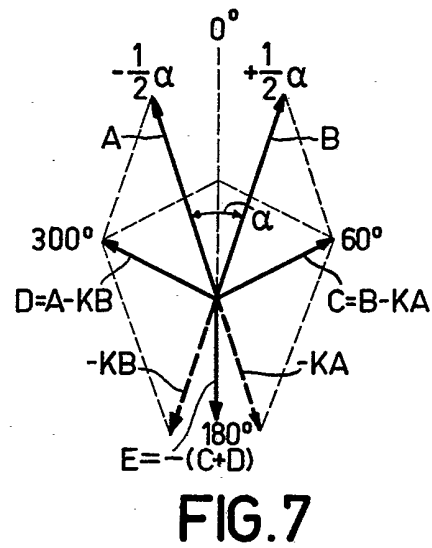


FIG. 7

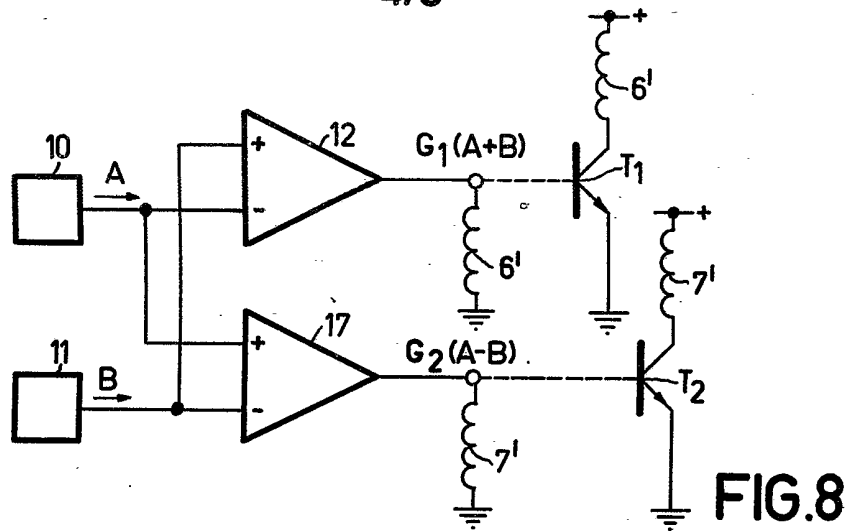


FIG. 8

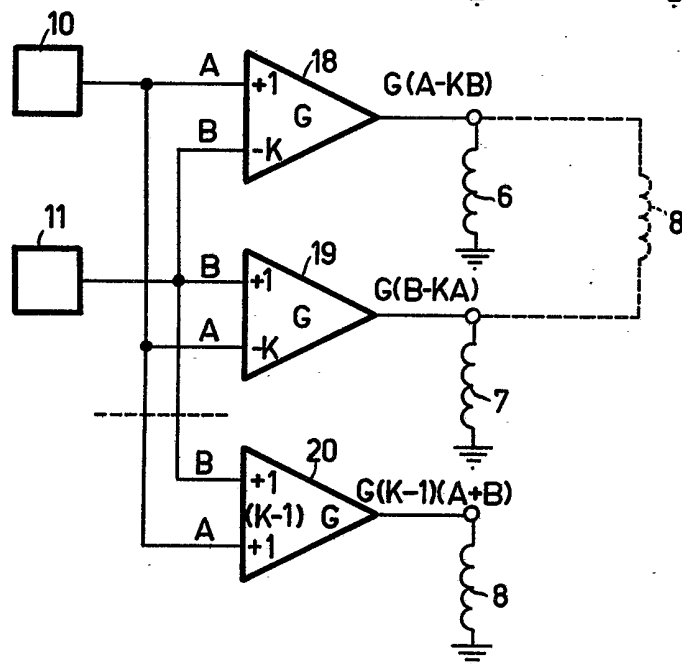


FIG. 9

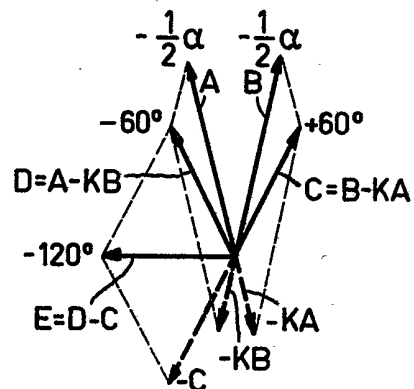


FIG. 10

PL 5/5

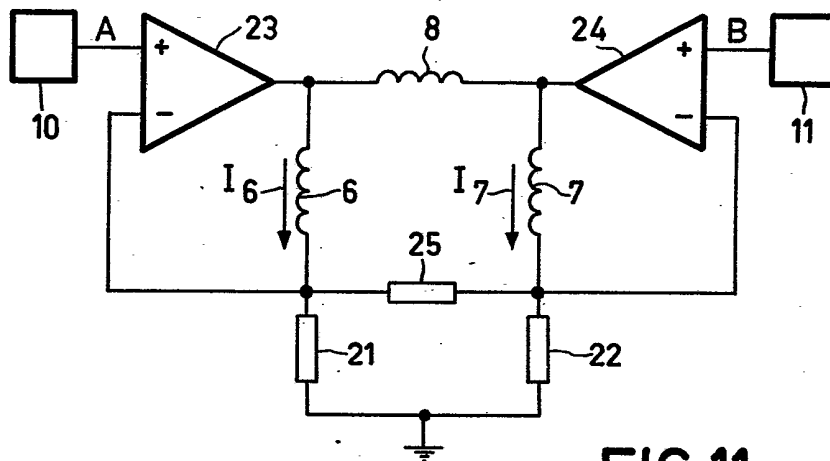


FIG. 11

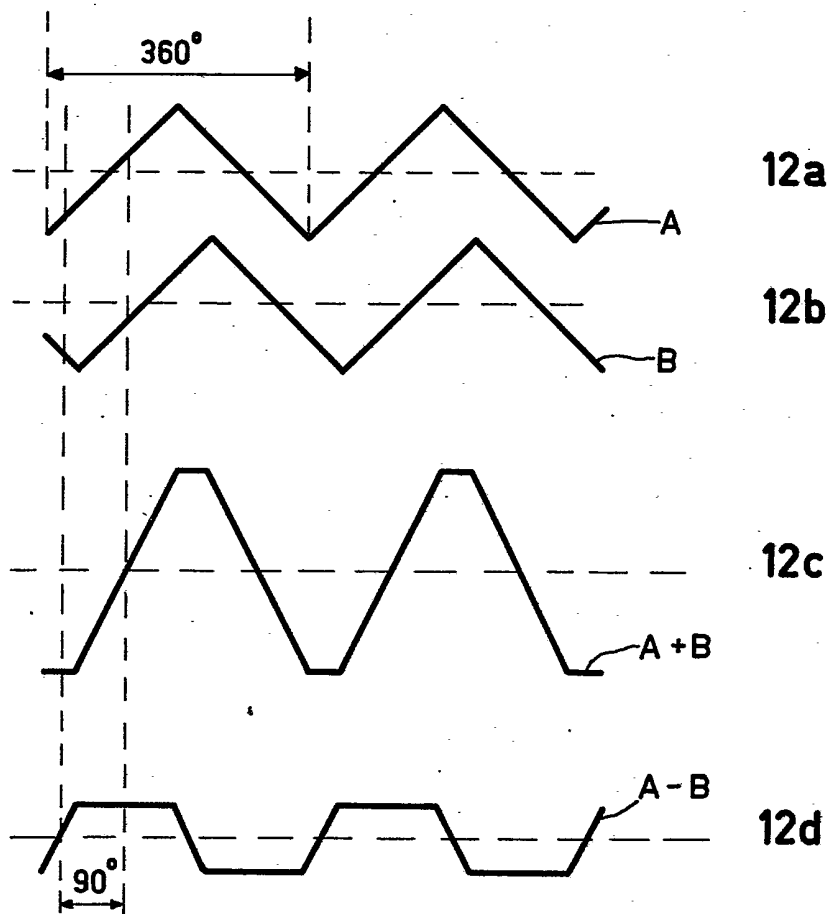


FIG. 12