

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 88402601.4

51 Int. Cl.⁴: B 04 B 9/14

22 Date de dépôt: 13.10.88

30 Priorité: 22.10.87 FR 8714612

43 Date de publication de la demande:
26.04.89 Bulletin 89/17

64 Etats contractants désignés: CH DE GB IT LI

71 Demandeur: JOUAN, Société Anonyme dite
Zone Industrielle de Brais
F-44600 Saint Nazaire (FR)

72 Inventeur: Serveau, Michel
10 Avenue Charles de Gaulle
F-78230 Le Pecq (FR)

Fondin, Jean-Louis
15, rue Guillaume Apollinaire
F-44600 Saint-Nazaire (FR)

Dreno, Alain
Keralio
F-44410 Saint Lyphard (FR)

74 Mandataire: Jolly, Jean-Pierre et al
Cabinet BROT et JOLLY 83, rue d'Amsterdam
F-75008 Paris (FR)

54 Dispositif pour la détection du balourd d'une machine tournante à partir d'un seuil prédéterminé.

57 La présente invention concerne un dispositif de détection du balourd d'une machine tournante, à partir d'un seuil prédéterminé. Ce dispositif est constitué par un pendule formé d'une tige verticale (66) en un métal déformable élastiquement, dont l'extrémité supérieure est encastrée dans un support isolant (62), rigidement solidaire du carter (42) de la machine tournante et qui porte à son extrémité inférieure une masse métallique (68), celle-ci étant reçue concentriquement et avec un jeu périphérique prédéterminé à l'intérieur d'une bague métallique (70) également solidaire du carter et isolée électriquement par rapport à ce dernier, ladite bague et ladite extrémité encastrée du pendule étant reliées électriquement à un circuit électrique d'alarme ou de sécurité qui se ferme dès que la masse (68) vient en contact avec la bague (70), la fréquence de résonance du pendule étant inférieure à celle des parties de la machine tournante soumises au balourd.

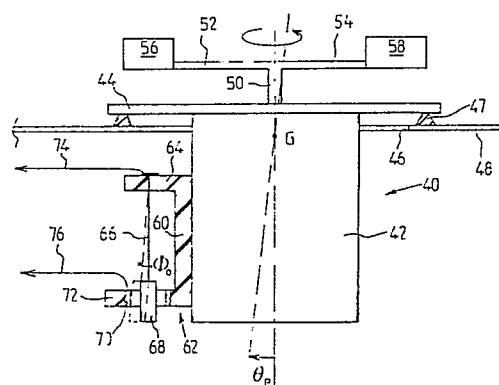


FIG. 3

Description

DISPOSITIF POUR LA DETECTION DU BALOURD D'UNE MACHINE TOURNANTE, A PARTIR D'UN SEUIL PREDETERMINE.

La présente invention concerne un dispositif de détection du balourd dans les machines tournantes, et notamment dans les centrifugeurs, à partir d'un seuil que l'on considère comme étant préjudiciable à la sécurité du personnel ou à la durée de vie de la machine.

On précise tout de suite que le but de l'invention n'est pas de déterminer la valeur du balourd, ni surtout la position du balourd sur les organes en rotation de la machine tournante, en vue d'y apporter une action correctrice, comme peuvent le faire les machines à équilibrer. Le but unique de l'invention est de détecter un seuil de balourd qui serait préjudiciable à la machine et d'arrêter le fonctionnement de celle-ci avant que ce seuil ait été atteint, cette détection devant se faire au plus faible coût. Le dispositif que l'on se propose de réaliser devra donc être simple et bon marché, et par conséquent d'un niveau technologique inférieur aux dispositifs de détection que l'on pourrait réaliser avec des capteurs magnétiques, des accéléromètres ou des moyens optoélectroniques.

On connaît actuellement deux types de dispositifs permettant de détecter, à très faible coût, un balourd d'équipage tournant, notamment de centrifugeur. Ces dispositifs sont illustrés très schématiquement sur les figures 1 et 2 annexées.

Le dispositif de détection de la figure 1 est constitué par un minirupteur 10 fixé sur le carter 12 d'une machine tournante, laquelle repose, par l'intermédiaire d'une suspension élastique 14 assurant un bon amortissement, sur un châssis rigide 16, considéré de ce fait comme n'étant pas soumis au balourd. Le déséquilibre existant dans l'équipage tournant 18 de la machine est représenté schématiquement par deux masselottes 20, 22 de masses légèrement différentes et qui sont fixées aux extrémités de deux bras radiaux solidaires de l'arbre du moteur et disposés dans le prolongement l'un de l'autre. Lors de la rotation de l'équipage tournant, le carter de la machine est soumis à un balourd, ce qui se traduit par des vibrations du carter dans le plan horizontal. Pour détecter ce balourd, il est prévu une butée fixe 24 solidaire du châssis 16 et qui, lorsque le moteur est au repos, se trouve à une distance prédéterminée de la palette 26 du minirupteur. Dès que la composante du balourd dans la direction de la butée 24 devient égale à ladite distance, le minirupteur est enclenché et le fonctionnement de la machine est interrompu.

Un tel dispositif présente cependant plusieurs graves inconvénients :

- tout d'abord, le minirupteur n'est sensible que selon un seul axe ; il ne prend donc pas en compte les composantes transversales de mouvement qui sont toujours présentes lors de la montée en vitesse ;
- du fait de la dispersion des tolérances de fabrication, chaque minirupteur doit être réglé en position en usine jusqu'à ce que le déclenchement ait lieu pour la valeur correspondant au seuil de détection voulu ;
- à chaque détection de balourd, la palette du minirupteur est soumise à des efforts mécaniques qui provoquent des déformations successives de la palette et qui nécessitent de fréquents réglages du minirupteur et parfois même son remplacement ;
- après une certaine durée d'utilisation, les suspensions de la machine se dégradent et modifient les positions relatives entre le châssis et le minirupteur ;
- la détection dépend du calage horizontal de la machine. Si, pour une raison quelconque l'horizontalité de la machine varie, il faut procéder à un nouveau réglage du minirupteur.

Le deuxième système de détection connu est basé sur le principe de l'inertie. Comme le montre la figure 2, il est constitué par une ampoule 28, partiellement remplie d'un liquide 30 conducteur de l'électricité et présentant une forte inertie. A cet effet, l'ampoule a un faible volume et on choisira un liquide ayant une forte densité, par exemple le mercure. L'ampoule est fixée solidairement du carter 12 de la machine tournante. Sa paroi supérieure est traversée par deux électrodes 32 qui, lorsque la machine est au repos, ne sont pas en contact avec le mercure. Lors des mouvements du carter, si le balourd atteint un certain seuil, le mercure établit un contact entre les deux électrodes et ferme ainsi un circuit électrique qui déclenche une alarme ou l'arrêt de la machine.

Ce dispositif de détection ne présente plus certains parmi les défauts signalés pour le dispositif précédent. En effet, la détection ne dépend pas de la position relative entre le carter de la machine et le châssis fixe. Aucun réglage mécanique ne doit être réalisé. Contrairement au précédent, ce dispositif est peu sensible au vieillissement. De plus, la détection est indépendante de l'horizontalité.

Cependant, il présente encore de nombreux défauts :

- Ainsi, la détection ne se fait que selon l'axe vertical. Or, comme on l'a expliqué précédemment, par constitution, l'équipage tournant génère un balourd ayant des composantes de mouvement également selon deux axes horizontaux, perpendiculaires entre eux. L'ampoule à mercure est incapable de détecter les composantes de balourd selon lesdits axes horizontaux ;
- on montre que la condition de détection dépend de la masse du mercure et de la distance entre la surface du mercure et l'extrémité des électrodes. Si les fabricants peuvent garantir la précision de la masse, il n'en est pas de même en ce qui concerne la distance susmentionnée pour laquelle la précision recherchée est de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre. Il est difficile de maîtriser cette distance, car elle est fortement influencée par la géométrie de l'ampoule ;
- il peut arriver que le balourd soit acceptable, et que malgré cela, à grande vitesse de rotation, le dispositif

détecte un balourd parasite. La raison en est qu'à grande vitesse, le mercure s'émulsionne et vient au contact des électrodes.

Les brevets FR-A-1357 002, US-A-3 226 016, DE-A-1953201 DE-B-1298 045 et NL-A-7304 620 illustrent des exemples de dispositifs de détection de balourd selon l'un des deux types susmentionnés.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients de la technique antérieure et propose donc un dispositif de détection de balourd qui ne nécessite pas de réglage en usine ou en clientèle, dont la détection soit très peu dépendante de l'horizontalité, qui soit insensible au vieillissement, qui ait une bonne reproductibilité d'un dispositif à l'autre, et enfin que permette de détecter le balourd selon deux axes horizontaux.

Le dispositif de détection selon l'invention se caractérise en ce qu'il est constitué par un pendule formé d'une tige verticale, en un métal déformable élastiquement, dont l'extrémité supérieure est encastrée dans un support isolant, rigidement solidaire du carter de la machine tournante et qui porte à son extrémité inférieure une masse métallique, celle-ci étant reçue concentriquement et avec un jeu périphérique prédéterminé à l'intérieur d'une bague métallique, également solidaire du carter et isolée électriquement par rapport à ce dernier, ladite bague et ladite extrémité encastrée du pendule étant reliées électriquement à un circuit électrique d'alarme ou de sécurité qui se ferme dès que la masse vient en contact avec la bague, par suite de l'apparition d'un balourd dont la composante horizontale transmise à ladite masse par la tige est égale à la valeur dudit jeu périphérique, les caractéristiques physiques dudit pendule étant choisies pour que sa fréquence de résonance soit inférieure à celle des parties de la machine tournante soumise au balourd.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'un mode de réalisation particulier faite en regard des dessins annexés dans lesquels:

la figure 3 montre schématiquement un dispositif de détection selon l'invention, équipant une machine tournante, et

la figure 4 représente la courbe de variation de l'amplitude réduite du pendule élastique en fonction de la fréquence réduite de vibration.

Les figures 1 et 2 ayant été déjà décrites précédemment, on passera directement à la description de la figure 3.

La machine tournante représentée sur cette figure est un centrifugeur 40, mais il va de soi que cet exemple n'a été choisi que pour fixer les idées. Le centrifugeur comprend un carter 42 dans lequel est logé le moteur d'entraînement. Il comporte à sa partie supérieure une bride annulaire 44 par laquelle il repose sur le bord d'une ouverture 46 formée dans une paroi horizontale d'un châssis 48 supposé être rigidement solidaire du sol et donc non soumis au balourd. Le carter traverse l'ouverture coaxialement et avec un jeu important, de sorte qu'il n'est supporté que par la bride. Un joint périphérique élastique 47 ou plusieurs plots élastiques uniformément répartis le long de la périphérie de la bride, assure l'amortissement de la composante verticale des vibrations dues au balourd dont le carter est le siège.

L'équipage tournant du centrifugeur est représenté schématiquement sous forme d'un arbre 50, muni de deux bras radiaux 52, 54 portant à leurs extrémités deux masselottes 56, 58 dont les masses sont supposées être légèrement différentes, la différence des masses, Δm étant le balourd.

Sur la paroi latérale du carter 42 est rigidement fixé par sa branche centrale 60, un support 62 en forme de U, réalisé en matière électriquement isolante. Dans la branche supérieure 64 dudit support est encastrée l'extrémité supérieure d'une tige verticale 66 en un métal déformable élastiquement, de préférence en acier. La tige est verticale et porte à son extrémité inférieure une masse métallique 68 de forme cylindrique, mais qui peut avoir toute autre forme géométrique, par exemple prismatique ou sphérique.

La masse cylindrique 68 est reçue à l'intérieur d'une bague métallique 70 de plus grande section et qui est sertie à l'intérieur d'une ouverture percée à travers le bras inférieur 72 du support isolant. Lorsque l'équipage tournant est au repos, la masse cylindrique se trouve exactement dans l'axe de la bague, un jeu périphérique constant subsistant entre elle et la bague. Ce jeu correspond à la valeur maximale φ_0 que l'on impose à l'angle de débattement du pendule, lorsqu'il se met à vibrer pendant la montée en vitesse de l'équipage tournant.

La tige 66 et la bague 70 sont reliées par des conducteurs électriques 74, 76 à un circuit électrique ou électronique d'alarme ou de sécurité, susceptible de déclencher une alarme ou d'arrêter le fonctionnement du moteur d'entraînement de l'équipage mobile, dès que la masse vient toucher la bague, c'est-à-dire dès que les vibrations du pendule sont sur le point de dépasser l'amplitude limite φ_0 que l'on s'est fixée.

Pour comprendre le fonctionnement du dispositif de détection de balourd selon l'invention, on expliquera le principe physique sur lequel il repose.

Le pendule élastique se comporte comme un oscillateur mécanique amorti, le carter étant le système excitant et le pendule étant le système excité. On sait qu'un tel oscillateur est régi par une équation différentielle du second ordre et que sa courbe de réponse en fréquence (amplitude réduite en fonction de la fréquence réduite $\frac{\theta_s}{\theta_0}$ à l'allure représentée à la figure 4 pour un amortissement donné.

- θ_0 est l'angle instantané d'excitation communiqué par le carter (voir figure 3). C'est l'angle dont le carter pivote autour de son centre de gravité G sous l'action du balourd ;

- θ_s est l'angle de débattement du pendule sous l'effet de cette excitation ;

- ω_0 est la fréquence d'oscillation naturelle du pendule et

- ω est la vitesse de rotation de l'équipage tournant.

La fréquence ω_0 est une constante qui ne dépend que des paramètres suivants :

- le coefficient d'élasticité de la tige d'acier,

- la longueur de la tige d'acier,
- la valeur de la masse suspendue.

La fréquence ω_0 croît avec le coefficient d'élasticité de la tige et, il décroît avec la longueur de la tige et avec la valeur de la masse suspendue.

5 L'amortissement à une fréquence ω_0 donnée ne dépend que du rapport entre un terme de frottement visqueux et le coefficient d'élasticité de la tige, ledit terme de coefficient visqueux étant constitué par les frottements de la masse du pendule dans l'air et par les pertes mécaniques au niveau de la fixation du pendule sur le support isolant.

10 On constate sur la figure 4 que pour une fréquence d'excitation ω du pendule voisine de la fréquence d'oscillation naturelle ω_0 (donc lorsque $\frac{\omega}{\omega_0} = 1$), il y a amplification du débattement de la masse 68. On a donc la relation entre les modules de θ_s et θ_e .

$$|\theta_s| = A|\theta_e|$$

- A étant le coefficient d'amplification qui ne dépend que du paramètre d'amortissement.

15 La courbe de la figure 4 montre encore que lorsque l'équipage mobile tourne et qu'il y a un déséquilibre des masses tournantes, il génère un angle d'excitation θ_e dont le module $|\theta_e|$ croît d'abord avec la vitesse de rotation ω de cet équipage mobile (partie montante de la courbe), du fait de la liaison élastique entre le carter le châssis rigide. L'équipage tournant se comporte lui-même comme un système du deuxième ordre avec une fréquence naturelle d'oscillation. Les amplitudes diminuent ensuite lorsque la vitesse de rotation dépasse la valeur correspondant à ladite fréquence naturelle.

20 La condition à laquelle la détection se produira sera donc

$$A\theta_e \geq \varphi_0 \quad (1)$$

- φ_0 étant l'amplitude maximale permise pour le pendule, c'est-à-dire l'angle de déviation du pendule lorsque la masse 68 est au contact de la bague 70, et

- A étant le coefficient d'amplification obtenu grâce au pendule élastique.

25 On montre que l'amplitude de l'excitation $|\theta_e|$ répond à l'équation :

$$30 \quad |\theta_e| = \frac{\Delta m \omega^2 R}{K} \quad (2)$$

dans laquelle

Δm est le balourd

35 ω est la vitesse de rotation de l'équipage tournant

R est le rayon de giration du balourd

K est un coefficient qui dépend de l'élasticité des suspensions et de la géométrie de l'équipage mobile.

En tenant compte de la condition (1) on obtient la condition complète de détection :

40

$$45 \quad \Delta m \geq \frac{K \Phi_0}{A \omega^2 R} \quad (3)$$

50 Le dispositif de détection de balourd selon l'invention doit être optimisé pour que la détection du balourd se produise dans des conditions telles que l'amplitude d'excitation $\theta_e(t)$ n'atteigne jamais des valeurs préjudiciables à la durée de vie et à la sécurité de fonctionnement de la machine tournante.

Il résulte de l'équation (3) que la détection doit s'effectuer à très basse vitesse, afin que si le balourd Δm dépasse la condition limite, la masse suspendue 68 entre en contact avec la bague 70. En se fermant le circuit électrique génère une commande d'arrêt du moteur et un signal d'alarme pour l'opérateur de la machine.

55 Le dispositif selon l'invention ne nécessite aucun réglage en usine ou en clientèle. Il est insensible au vieillissement et permet d'effectuer une détection qui ne dépend pratiquement pas de l'horizontalité de la machine tournante. De plus, il permet de détecter un balourd selon deux axes horizontaux perpendiculaires.

60

Revendications

65 1.- Dispositif de détection du balourd d'une machine tournante, à partir d'un seuil prédéterminé, caractérisé en ce qu'il est constitué par un pendule formé d'une tige verticale (66) en un métal déformable

élastiquement, dont l'extrémité supérieure est encastrée dans un support isolant(62), rigidement solidaire du carter(42)de la machine tournante et qui porte à son extrémité inférieure une masse métallique(68),celle-ci étant reçue concentriquement et avec un jeu périphérique prédéterminé à l'intérieur d'une bague métallique(70)également solidaire du carter et isolée électriquement par rapport à ce dernier, ladite bague et ladite extrémité encastrée du pendule étant reliées électriquement à un circuit électrique d'alarme ou de sécurité qui se ferme dès que la masse(68)vient en contact avec la bague(70)par suite de l'apparition d'un balourd dont la composante horizontale transmise à ladite masse par la tige est égale à la valeur dudit jeu périphérique, les caractéristiques physiques dudit pendule étant choisies pour que sa fréquence de résonance soit inférieure à celle des parties de la machine tournante soumises au balourd.

2.- Dispositif de détection de balourd selon la revendication 1, caractérisé en ce que le support isolant (62) est en forme de U et est fixé par sa branche centrale (60) sur le carter (42), ses deux autres branches (64, 72) s'étendant horizontalement l'une au-dessus de l'autre, en ce que ladite tige élastique (66) est encastrée par son extrémité supérieure dans la branche horizontale supérieure (64), et en ce que la bague (70) est sertie à l'intérieur d'une ouverture concentrique à l'axe du pendule et percée dans la branche horizontale inférieure (72) du support.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

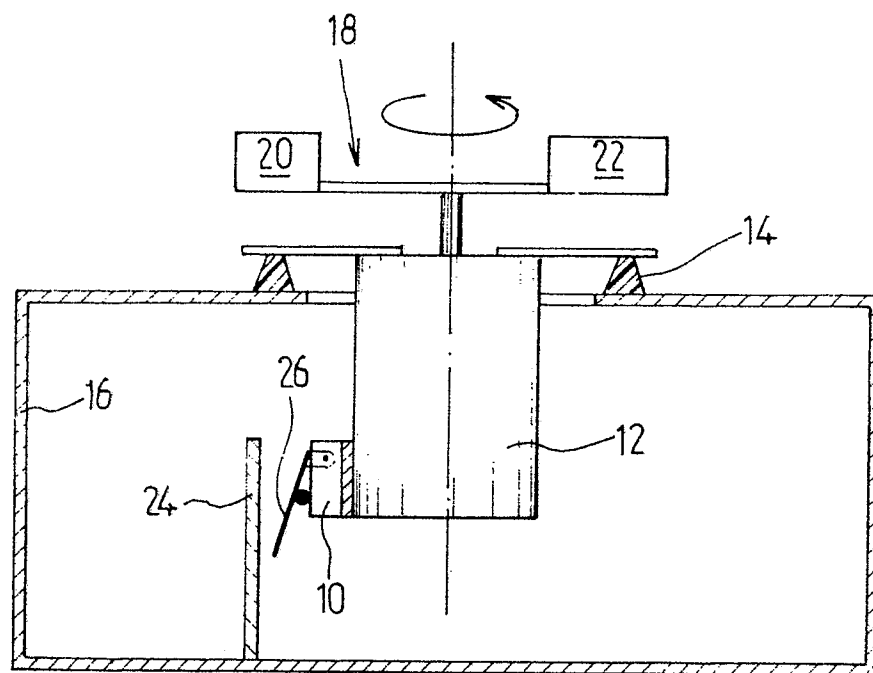


FIG. 1

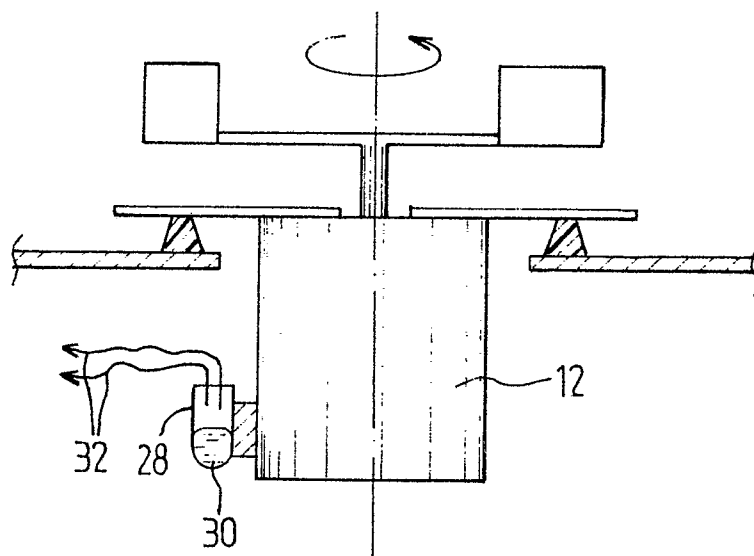


FIG. 2

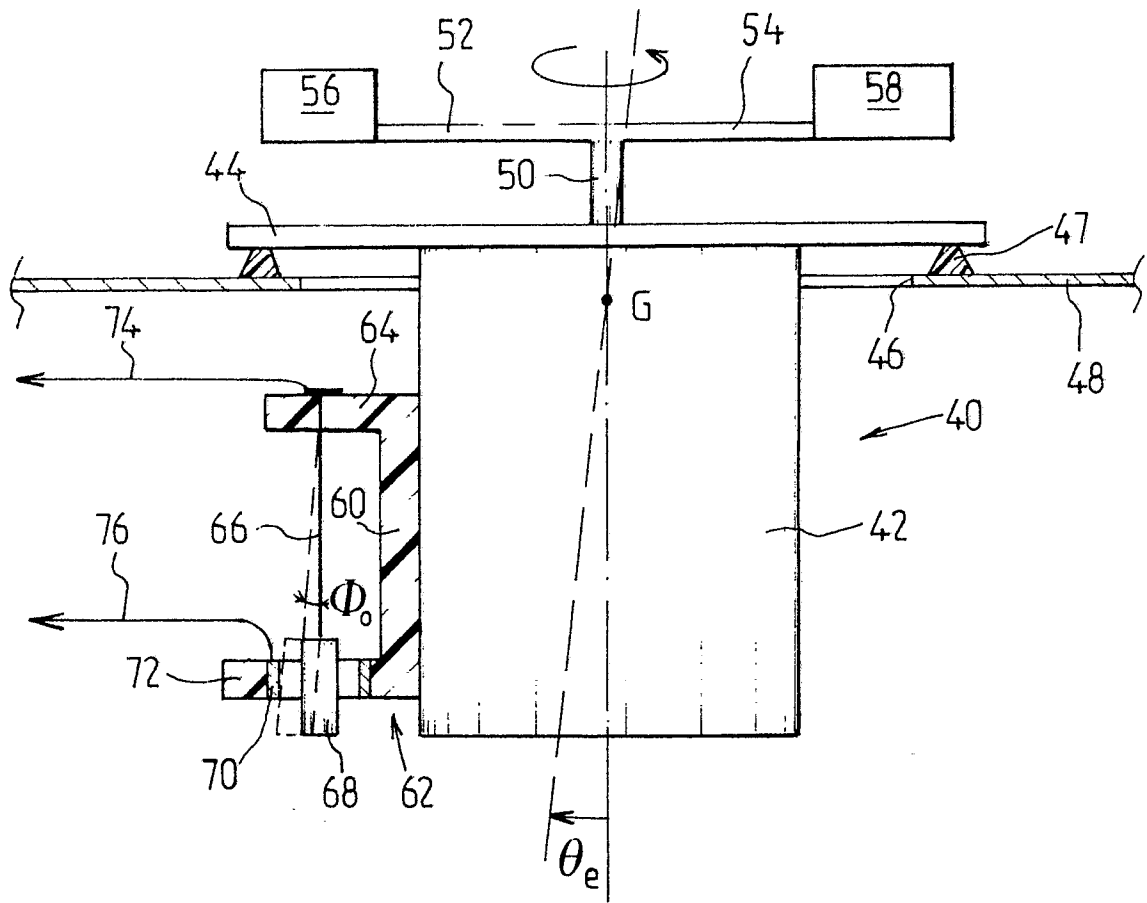


FIG. 3

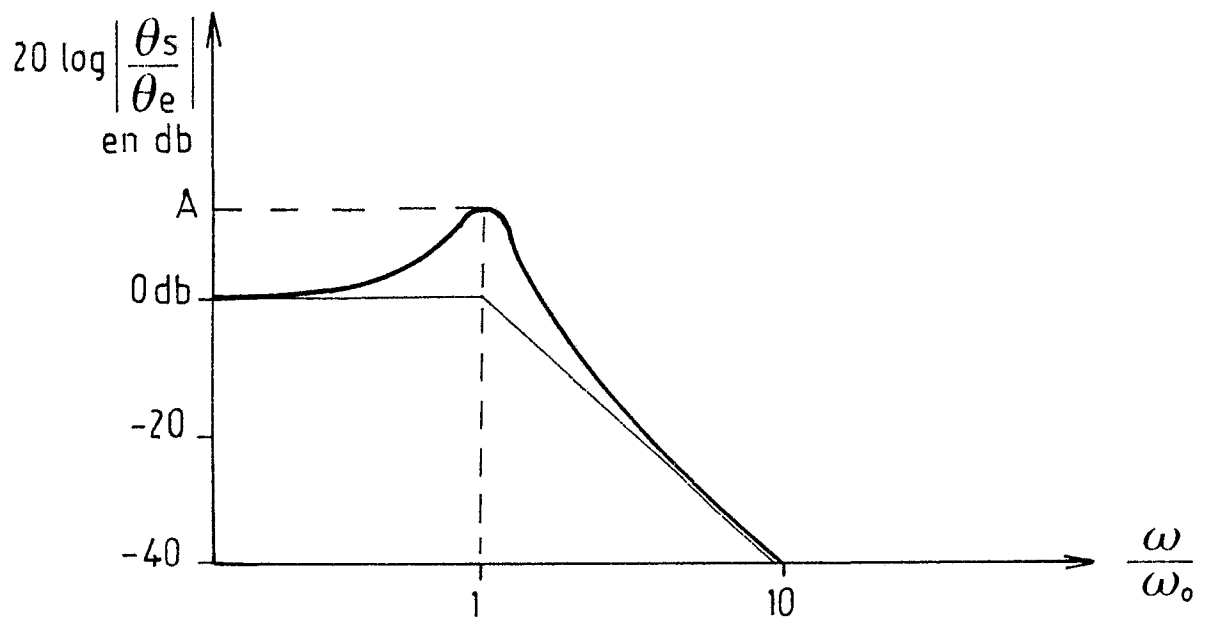


FIG. 4