

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

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

**2 506 023**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 81 09681**

(54) Capteur de déplacement d'objets et dispositif en faisant application pour la mesure de la vitesse de rotation et des fréquences de vibration d'un rotor, notamment d'une roue de turbomachine.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 01 P 3/483; G 01 H 11/00.

(22) Date de dépôt..... 15 mai 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 46 du 19-11-1982.

(71) Déposant : SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION « SNECMA », société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Jacques Maurice Armand Fournier.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : François Moinat, service des brevets - SNECMA, BP 81, 91003 Evry, Cedex.

Capteur de déplacement d'objets et dispositif en faisant application pour la mesure de la vitesse de rotation et des fréquences de vibration d'un rotor, notamment d'une roue de turbomachine.

5

La présente invention concerne un capteur de déplacement d'objets plus particulièrement adapté au comptage à grande vitesse de défilement d'objets non magnétiques qu'ils soient peu ou très conducteurs.

10

Les capteurs de l'art antérieur, destinés à compter des objets métalliques défilant à grande vitesse, utilisent, soit les propriétés magnétiques des matériaux composant ces objets, soit leur conductivité électrique. En effet, 15 le passage d'une masse composée d'un matériau ferromagnétique à proximité d'une bobine de fil conducteur comportant un noyau métallique aimanté provoque une variation de l'induction magnétique dans le noyau, donc une impulsion de tension au bord de la bobine. Cette impulsion 20 est ensuite amplifiée, filtrée et mise en forme afin d'être prise en compte par des circuits logiques de comptage. La conductivité électrique est, pour sa part, utilisée en exploitant la variation de self d'un bobinage alimenté par un courant. Cette variation de self provient 25 des courants de Foucault induits dans le métal conducteur dont sont faits les objets. La sensibilité de ce système est directement liée à la conductivité du métal.

Ces capteurs de l'art antérieur présentent plusieurs 30 inconvénients qui limitent leur utilisation. En effet, leur emploi nécessite la présence d'un élément ferromagnétique dans les objets comptés ou une faible résistivité électrique. De plus, en présence de bruit radioélectrique, plus spécialement du type haute fréquence, la 35 bobine de fil conducteur du capteur fournit une tension

avec un niveau de bruit souvent suffisant pour empêcher un comptage précis des objets. Ce bruit radioélectrique est particulièrement important dans des structures telles que les turboréacteurs d'avion où il est nécessaire de mesurer

5. avec précision la vitesse de rotation du rotor.

La présente invention a pour objet un capteur de déplacement d'objets qui vise à remédier à ces inconvénients. A cet effet, le capteur de déplacement d'objets conforme à 10 l'invention comporte un circuit résonnant, composé au moins d'un élément selfique et d'un condensateur dont une des armatures est constituée par une surface conductrice et l'autre successivement par chaque objet passant à proximité de cette surface, ledit circuit résonnant étant couplé à un premier oscillateur dont il détermine la fréquence de fonctionnement de sorte que le signal issu de ce premier oscillateur est modulé en fréquence au rythme du passage des objets à proximité du capteur.

20 Selon un mode de réalisation préférentiel, dans le capteur de déplacement conforme à l'invention, le signal modulé en fréquence issu du premier oscillateur est démodulé au moyen d'un discriminateur de fréquence comportant un second oscillateur asservi par une boucle de phase 25 comprenant un premier circuit multiplicateur et un premier intégrateur, le signal de référence appliqué à l'une des entrées du circuit multiplicateur étant le signal modulé en fréquence issu du premier oscillateur.

30 Selon une autre caractéristique de l'invention, le signal de sortie du premier intégrateur est connecté à une entrée d'un second multiplicateur dont la sortie est reliée à la seconde entrée dudit multiplicateur par l'intermédiaire d'un second intégrateur et d'un troisième oscillateur montés en

série.

D'autres caractéristiques de l'invention ressortiront de la description et des figures d'exemples de mise en oeuvre 5 de l'invention donnés à titre non limitatifs.

La figure 1 est un schéma qui permet d'illustrer le fonctionnement d'un capteur de déplacement d'objets conforme à l'invention.

10

La figure 2 est un exemple de réalisation du circuit résonnant utilisé pour la mise en oeuvre de l'invention.

15

La figure 3 est un bloc diagramme qui montre un exemple de réalisation préférentiel pour l'exploitation du signal modulé en fréquence utilisé dans un capteur conforme à l'invention.

20 La figure 1 montre un exemple de capteur conforme à l'invention appliqué à la mesure de la vitesse de rotation d'une roue de turbine 1. Ce capteur comporte un circuit résonnant qui se compose d'un élément selfique 2 et d'un condensateur dont l'une des armatures est constituée par 25 une surface conductrice 3 et l'autre successivement par chacune des aubes 4 de la roue de turbine 1 qui passent à proximité de cette surface conductrice 3. Le circuit résonnant est couplé, par un câble coaxial 5, à un oscillateur 6 dont la fréquence de fonctionnement est déterminée 30 par la valeur de l'élément selfique, la capacité des différents condensateurs parasites et la capacité du condensateur formée, d'une part, par la surface métallique 3 incorporée au capteur et, d'autre part, par l'aube métallique 4 la plus proche du capteur. Les objets conducteurs 35 qui défilent à proximité du capteur, plus particulièrement

dans cet exemple la roue de turbine 1, sont reliés électriquement à l'oscillateur 6. Lorsque la roue de turbine 1 est en rotation, à vitesse constante, les aubes métalliques 4 défilent à proximité de la surface métallique du 5 capteur. La valeur de la capacité du condensateur formée par cette surface métallique 3 et la surface des aubes 4 va donc varier selon une loi périodique dont la période est égale à celle du défilement des aubes devant le capteur. Ainsi, la fréquence de la tension 5 disponible à la 10 borne 7 de sortie de l'oscillateur 6 va donc varier en fonction du temps selon cette même loi. La fréquence maximale de cet oscillateur, en l'absence d'aubes 4, est définie par la valeur de l'élément selfique situé dans le capteur et la capacité des différents condensateurs inhérents à la forme de ce capteur. Par contre, la fréquence minimale de l'oscillateur est obtenu lorsque la capacité du condensateur est maximale, c'est-à-dire lorsqu'une aube 15 4 se trouve en regard de la surface métallique 3. On remarque que l'élément selfique 2 est placé à l'intérieur 20 d'un boîtier métallique 8 à l'une des extrémités duquel se trouve la surface métallique 3.

La figure 2 montre une disposition particulière des éléments à l'intérieur du boîtier métallique 8. Dans cet 25 exemple, l'élément selfique 2 est constitué par un bobinage torique dont le noyau 9 peut être un tore magnétique. Un tel bobinage permet une meilleure insensibilité à l'environnement radioélectrique. En plus des éléments précédemment décrits, ce capteur comporte une plaque 10 constituée d'un matériau diélectrique qui permet une protection de l'intérieur du capteur vis-à-vis du milieu extérieur (composition chimique, conditions climatiques, etc...), ce qui peut s'avérer nécessaire, par exemple pour la détermination de la vitesse de rotation d'une turbine. 30 35 De plus, la constante diélectrique de la plaque 10 permet

- d'augmenter la capacité du condensateur constitué par la surface conductrice 3 et les objets conducteurs qui défilent devant elle, ce qui augmente la sensibilité du capteur. Des points de fixation 11 sur le corps du boîtier 5 métallique 8 sont prévus pour les contacts de masse. Selon une variante de réalisation, le boîtier 8 pourrait être non conducteur et les points de fixation 10 seraient alors situés sur le conducteur extérieur du câble coaxial 5.
- 10 La figure 3 montre un exemple de réalisation préférentielle des circuits utilisés pour le traitement du signal S modulé en fréquence, selon le rythme de défilement des objets conducteurs à proximité du capteur, issus de l'oscillateur 6.

15 Un premier circuit se compose d'un multiplicateur 12, d'un oscillateur commandable 13 et d'un intégrateur 14. L'intégrateur 14 est constitué, d'une manière très classique, d'un amplificateur 15, d'une résistance 16 de valeur  $R_1$  et 20 d'un condensateur 17 de valeur  $C_1$ . Le produit  $R_1 C_1$  détermine la constante de temps de l'intégrateur 14.

Le multiplicateur 12 reçoit sur l'une de ses entrées, le signal S et, sur l'autre entrée, le signal issu de l'oscillateur commandable 13. Cet oscillateur 13 est asservi 25 en fréquence sur le signal S par l'intermédiaire d'une boucle de phase classique constituée du multiplicateur 12 et de l'intégrateur 14 connecté entre la sortie de ce multiplicateur 12 et l'entrée de commande de la fréquence de l'oscillateur commandable 13. Ainsi, le signal  $S_1$  de commande 30 d'asservissement de l'oscillateur 13 à la fréquence du signal S est un signal périodique qui correspond très exactement à la fréquence de modulation de l'oscillateur 6. Ce premier circuit formé par le multiplicateur 12, l'oscillateur 35 13 et l'intégrateur 14 constitue donc un discriminateur de

fréquence à boucle de phase.

- On comprend aisément que le signal périodique S1 est non seulement constitué d'un signal périodique principal qui
- 5 représente le passage des aubes 4 devant le capteur mais aussi de différents signaux périodiques secondaires consécutifs, par exemple à des vibrations ou des balourds. Il peut donc être souhaitable d'isoler, dans le signal S1, le signal périodique qui correspond effectivement au passage
- 10 des aubes. A cet effet, on utilise un deuxième circuit constitué, comme le précédent, par une boucle de phase composée d'un multiplicateur 18, d'un oscillateur commandable 19 et d'un intégrateur 20, cet intégrateur 20 comprenant lui-même un amplificateur 21, une résistance 22 de valeur
- 15 R2 et un condensateur 23 de valeur C2. Un condensateur de liaison 24 permet d'éliminer du signal S1 la composante continue. Ainsi, le signal S2 disponible à la sortie de l'oscillateur commandable 19, est un signal alternatif dont la fréquence est asservie à celle de la raie principale du spectre du signal S1. Ce second circuit se comporte comme un filtre passe-bande, centré sur la fréquence du signal à extraire, et ayant une bande passante définie par la valeur du produit R2C2.
- 25 La fréquence du signal alternatif S2 permet donc de déterminer avec une grande précision la vitesse de rotation du rotor 1. Cependant, on peut souhaiter utiliser le dispositif de l'invention pour déterminer par exemple les fréquences de vibration du rotor. Dans ce cas, ce sont les
- 30 signaux périodiques secondaires contenus dans S1 qui sont intéressants. Ces signaux périodiques secondaires peuvent être mis en évidence en effectuant la différence S1 - S2. Cette différence peut être obtenue à l'aide d'un circuit d'extraction 25 qui délivre ainsi à sa sortie un signal
- 35 périodique S3 qui représente les composantes basse

fréquence du signal de modulation correspondant, par exemple pour une turbine, aux vibrations des aubes. Selon un mode de réalisation, ce circuit d'extraction 25 peut être constitué d'un mélangeur permettant d'obtenir par différence entre les spectres de fréquence des signaux S1 et S2 les composantes basse fréquence.

Un avantage particulier du dispositif de l'invention est le choix possible de la fréquence de l'oscillateur permettant ainsi de se placer dans une zone de fréquence présentant un minimum de bruit radioélectrique. Par ailleurs, le dispositif d'extraction présente, vis-à-vis des parasites, la supériorité inhérente aux procédés à modulation de fréquence dont l'immunité contre ces parasites est élevée.

15

Un autre avantage du dispositif selon l'invention est le bon fonctionnement en présence d'objets composés de métaux de haute résistivité.

20 On notera également que le dispositif selon l'invention est sensible aux très faibles variations de fréquence ; il permet donc de mesurer des vitesses de rotation très lentes.

25 Le dispositif de l'invention trouve une application particulièrement intéressante dans le domaine des turbomachines. Il permet en effet de mesurer la vitesse de rotation des rotors, notamment des roues de turbine, ainsi que les modes de vibrations des différents éléments du rotor, 30 notamment des aubes.

REVENDICATIONS

1. Capteur de déplacement d'objets (4) caractérisé en ce qu'il comporte un circuit résonnant composé au moins d'un élément selfique (2) et d'un condensateur dont l'une des 5 armatures est constituée par une surface conductrice (3) et l'autre successivement par chaque objet (4) passant à proximité de cette surface (3), ledit circuit résonnant étant couplé à un premier oscillateur (6) dont il détermine la fréquence de fonctionnement de sorte que le signal issu de ce premier oscillateur (6) est modulé en fréquence au rythme du passage des objets (4).

2. Capteur de déplacement d'objets selon la revendication 1, caractérisé en ce que le signal modulé en fréquence 15 issu du premier oscillateur (6) est démodulé au moyen d'un discriminateur de fréquence comportant un second oscillateur (13) asservi par une boucle de phase comprenant un premier circuit multiplicateur (12) et un premier intégrateur (14), le signal de référence appliqué à l'une des entrées 20 du premier circuit multiplicateur (12) étant le signal modulé en fréquence issu du premier oscillateur (6).

3. Capteur de déplacement d'objets selon la revendication 2, caractérisé en ce que le signal de sortie du premier 25 intégrateur (14) est connecté à une entrée d'un second multiplicateur (18) dont la sortie est reliée à la seconde entrée dudit multiplicateur (18) par l'intermédiaire d'un second intégrateur (20) et d'un troisième oscillateur (19) montés en série.

30

4. Capteur de déplacement d'objets selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'élément selfique (2) est constitué d'une bobine d'un fil conducteur dont une extrémité est électriquement relié à la surface 35 conductrice (3) qui constitue l'une des armatures du

condensateur.

5. Capteur de déplacement d'objets selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'élément selfique (2) est constitué d'un fil conducteur bobiné sur un tore magnétique (9).

6. Capteur de déplacement d'objets selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le circuit résonnant est éloigné du premier oscillateur (6) auquel il est couplé par un câble coaxial (5).

7. Capteur de déplacement d'objets selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la surface conductrice (3) et l'élément selfique (2) sont séparés des objets qui passent en regard du capteur par au moins une partie diélectrique (10).

8. Capteur de déplacement d'objets selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'un circuit 25 effectue la différence entre le signal de sortie du premier intégrateur (14) et le signal de sortie du troisième oscillateur de sortie (19).

25 9. Dispositif pour mesurer la vitesse de rotation d'un rotor, notamment d'une roue de turbomachine, caractérisé en ce qu'il fait application, pour compter les passages successifs de différents éléments, notamment des aubes dudit rotor, d'un capteur de déplacement d'objets conforme à l'une des revendications 1 à 7.

10. Dispositif pour mesurer la fréquence de vibration d'un rotor, notamment d'une roue de turbomachine, caractérisé en ce qu'il fait application, pour isoler le signal périodique caractéristique de la vibration, d'un capteur de

2506023

10

déplacement d'objets équipés, conformément à la revendication 8, d'un circuit différentiateur (25).

5

10

15

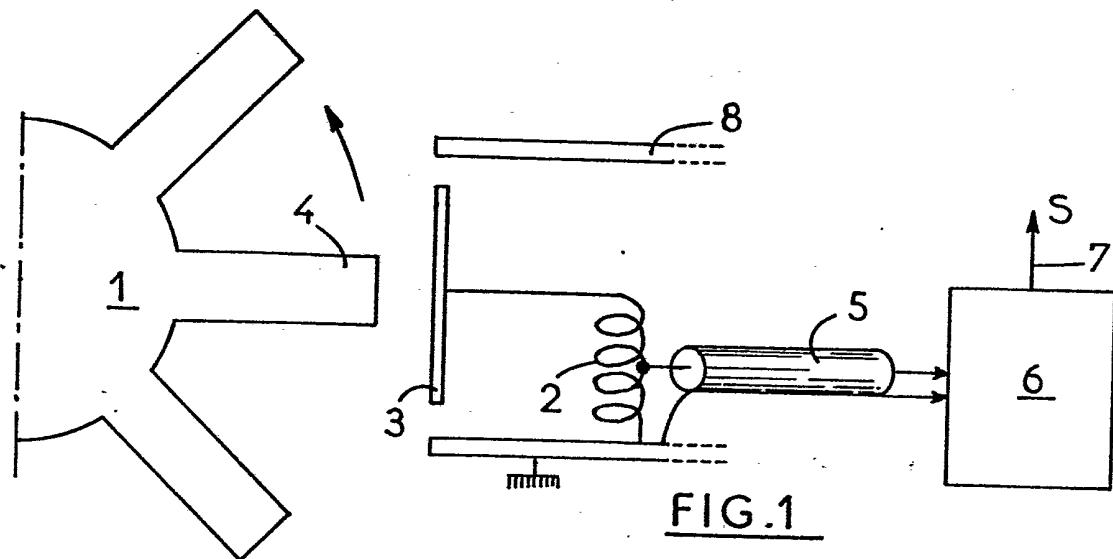
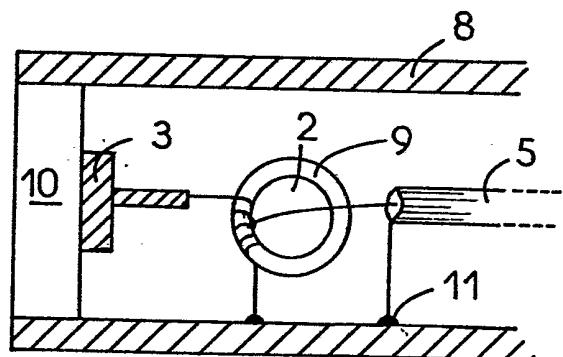
20

25

30

35

1-2

FIG.1FIG.2

2506023

PL 2.2

