

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 995 359

②1 N° d'enregistrement national : 12 58484

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : F 02 C 7/00 (2013.01), B 64 C 11/30

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 10.09.12.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 14.03.14 Bulletin 14/11.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : SNECMA — FR.

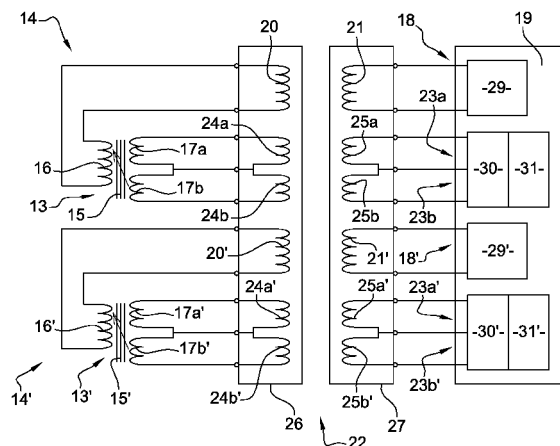
⑦2 Inventeur(s) : POIX THIERRY et LE GOUELLEC  
GILLES.

⑦3 Titulaire(s) : SNECMA.

⑦4 Mandataire(s) : ERNEST GUTMANN YVES PLASSE-  
RAUD SAS Société par actions simplifiée.

⑤4 TURBOMACHINE, TELLE QU'UN TURBOREACTEUR OU UN TURBOPROPULSEUR D'AVION.

⑤7 L'invention concerne une turbomachine comportant  
au moins un capteur de position inductif (13) de type LVTD  
monté sur un rotor et un calculateur (19) monté sur le stator,  
reliés par l'intermédiaire de moyens (22) de transmission  
d'énergie à distance tel qu'un transformateur tournant.



FR 2 995 359 - A1



## **Turbomachine, telle qu'un turboréacteur ou un turbopropulseur d'avion**

La présente invention concerne une turbomachine, telle qu'un  
5 turboréacteur ou un turbopropulseur d'avion, en particulier de type  
comportant au moins une hélice non carénée comprenant des pales à  
calage variable.

Une turbomachine du type « open rotor » ou « unducted fan »  
comprend deux hélices externes non carénées coaxiales et contrarotatives,  
10 respectivement amont et aval, qui sont chacune entraînées en rotation par  
une turbine de la turbomachine et qui s'étendent sensiblement radialement  
à l'extérieur de la nacelle de cette turbomachine.

Chaque hélice comprend un élément annulaire de rotor comportant  
des logements sensiblement radiaux répartis autour de l'axe longitudinal de  
15 la turbomachine et dans lesquels sont montées des platines sensiblement  
cylindriques de support des pales de l'hélice. Les platines peuvent tourner  
dans les logements de l'élément de rotor et sont entraînées en rotation  
autour des axes des pales par des vérins de façon à régler le calage  
angulaire des pales, et à l'optimiser en fonction des conditions de  
20 fonctionnement de la turbomachine.

Afin de mieux maîtriser le calage angulaire des pales, il peut être  
nécessaire de contrôler et mesurer avec précision la position d'un élément  
mobile en translation, lié aux pales et entraîné en rotation avec le rotor.

Il est connu d'utiliser des capteurs de position inductifs de type LVDT  
25 (Linear Variable Differential Transformer) afin de mesurer la position d'un  
élément mobile. Un tel capteur comporte par exemple une bobine primaire  
et deux bobines secondaires entourant un noyau en matériau  
ferromagnétique. Une tension alternative est appliquée à la bobine  
primaire, de manière à induire une tension dans chaque bobine secondaire.  
30 Les valeurs des tensions de sortie au niveau des bobines secondaires sont

proportionnelles au coefficient de couplage entre les bobines primaire et secondaires, c'est-à-dire fonction de la position du noyau.

Dans le cas de la turbomachine décrite précédemment, il est relativement complexe de monter un tel capteur sur un organe mobile appartenant au rotor, tout en reliant le capteur au calculateur qui lui est monté sur le stator.

L'invention a notamment pour but d'apporter une solution simple, efficace et économique à ce problème.

A cet effet, l'invention propose une turbomachine, telle qu'un turboréacteur ou un turbopropulseur d'avion, comportant un stator et un rotor, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un capteur de position inductif monté sur le rotor et comprenant un noyau ferromagnétique mobile en translation autour duquel sont enroulées au moins une bobine primaire et au moins une bobine secondaire destinée à délivrer une tension induite qui est fonction de la position du noyau, un calculateur monté sur le stator et comportant une sortie fournissant une tension d'alimentation du capteur et au moins une entrée recevant un signal issu du capteur afin de calculer la position du noyau, des moyens de transmission d'énergie à distance comportant des bobines agencées par paires et aptes à transmettre de l'énergie par induction mutuelle entre les bobines d'une même paire, lesdits moyens comportant au moins une paire de bobines primaires reliées respectivement à la sortie du calculateur et à la bobine primaire du capteur, de façon à fournir une tension d'alimentation dans la bobine primaire du capteur, et au moins une paire de bobines secondaires reliées respectivement à l'entrée du calculateur et à la bobine secondaire du capteur, de façon à transmettre le signal issu du capteur au calculateur, les bobines desdits moyens reliées au capteur étant montées sur le rotor et les bobines desdits moyens reliées au calculateur étant montées sur le stator.

L'invention permet ainsi de relier, de manière fiable et sans contact, le calculateur monté sur le stator et le capteur de position monté sur le rotor, par l'intermédiaire des moyens de transmission d'énergie à

distance. L'organe mobile dont la position doit être surveillée peut être couplé au noyau ferromagnétique ou former directement le noyau.

5 Selon une caractéristique de l'invention, les bobines primaire et secondaire des moyens de transmission d'énergie à distance reliées au capteur sont montées dans un boîtier fixé sur le rotor, les bobines primaire et secondaire desdits moyens reliées au calculateur étant montées dans un autre boîtier fixé sur le stator.

On réduit ainsi l'encombrement et la masse de l'ensemble, un même boîtier étant utilisé pour plusieurs bobines.

10 Avantageusement, les bobines d'un même boîtier sont séparées les unes des autres par des écrans paramagnétiques, de façon à limiter les perturbations magnétiques entre les différentes bobines.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le capteur comporte deux bobines secondaires, couplées à deux entrées du calculateur par l'intermédiaire de deux paires de bobines des moyens de transmission d'énergie à distance.

Dans ce cas, le calculateur peut calculer la différence des tensions fournies au niveau de chacune des deux entrées, rapportée à la somme desdites tensions.

20 La valeur de ce rapport fournit une information sur la position du noyau ferromagnétique.

La turbomachine peut en outre comporter un premier capteur inductif, coopérant avec une première entrée et une première sortie du calculateur, et un second capteur inductif coopérant avec une seconde entrée et une seconde sortie du calculateur.

25 Le fonctionnement de la turbomachine est classiquement assuré par un système de type FADEC (Full Authority Digital Engine Control), également appelé régulateur numérique de moteur à pleine autorité. Dans un tel système, toutes les chaînes d'acquisition et d'actuation sont doublées ou redondées, afin de garantir la sécurité de l'aéronef.

30

Dans ce cadre, la turbomachine doit alors être équipée de deux capteurs de position et le calculateur doit comporter deux voies (une voie étant formée d'une entrée et d'une sortie), chaque voie alimentant et recevant les signaux d'un capteur.

5 En cas de panne sur l'une des voies, le calculateur est capable de sélectionner la voie non défectueuse. Lorsque les deux voies sont parfaitement fonctionnelles, la position d'un même organe mobile, détectée par deux capteurs, peut être déterminée avec précision en moyennant les positions obtenues à l'aide de chacune des voies.

10 Selon une forme de réalisation de l'invention, les deux sorties du calculateur délivrent des tensions alternatives de fréquences différentes, alimentant les bobines primaires des deux capteurs, chaque entrée du calculateur recevant les signaux d'un capteur étant associée à des moyens de filtrage de la fréquence correspondante.

15 De plus, la turbomachine peut comporter au moins une hélice non carénée comportant des pales à calage variable, dont le calage est fonction de la position d'un organe mobile en translation et relié au noyau ferromagnétique du capteur.

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe axiale d'une turbomachine à hélices non carénées ;
- 25 - la figure 2 est une vue schématique illustrant le montage des capteurs au calculateur, par l'intermédiaire des moyens de transmission d'énergie à distance.

On se réfère d'abord à la figure 1 qui représente une turbomachine 1 à hélices non carénées (en anglais « open rotor » ou « unducted fan ») qui  
30 comporte d'amont en aval, dans le sens d'écoulement des gaz à l'intérieur de la turbomachine, un compresseur 2, une chambre annulaire de

combustion 3, une turbine amont 4 haute-pression, et deux turbines aval 5, 6 basse-pression qui sont contrarotatives, c'est-à-dire qu'elles tournent dans des sens opposés autour de l'axe longitudinal A de la turbomachine.

Chacune de ces turbines aval 5, 6 est solidaire en rotation d'une  
5 hélice externe 7, 8 qui s'étend radialement à l'extérieur de la nacelle 9 de la turbomachine, cette nacelle 9 étant sensiblement cylindrique et s'étendant le long de l'axe A autour du compresseur 2, de la chambre de combustion 3, et des turbines 4, 5, 6.

Le flux d'air 10 qui pénètre dans le compresseur 2 est comprimé puis  
10 est mélangé à du carburant et brûlé dans la chambre de combustion 3, les gaz de combustion étant ensuite injectés dans les turbines pour entraîner en rotation les hélices 7, 8 qui fournissent la majeure partie de la poussée générée par la turbomachine. Les gaz de combustion sortent des turbines et sont enfin expulsés à travers une tuyère 12 (flèches 11) pour augmenter  
15 cette poussée.

Les hélices 7, 8 sont disposées coaxialement l'une derrière l'autre. Chacune de ces hélices 7, 8 comporte une pluralité de pales dont le calage est réglé à l'aide de moyens d'actionnement, comme cela est connu en soi.

Afin de mieux maîtriser le calage angulaire des pales 7, 8, il peut  
20 être nécessaire de contrôler et mesurer avec précision la position d'un élément mobile en translation, lié aux pales 7, 8 et entraîné en rotation avec le rotor correspondant.

Pour cela, l'invention propose, comme représenté à la figure 2, de détecter la position de l'organe mobile à l'aide de deux capteurs à induction  
25 13, 13' de type LVDT (Linear Variable Differential Transformer), appartenant respectivement à une première et à une seconde voies 14, 14'. D'une manière générale, dans la description qui suit, les références ne comportant pas d'apostrophe se réfèrent à la première voie 14 alors que les références comportant une apostrophe se réfèrent à la seconde voie  
30 14'.

Chaque capteur inductif 13, 13' comporte un noyau ferromagnétique 15, 15' relié ou formé par l'élément mobile en translation, autour duquel sont enroulées une bobine primaire 16, 16', une première bobine secondaire 17a, 17a' et une seconde bobine secondaire 17b, 17b'.

5 La bobine primaire 16, 16' du capteur 13, 13' est alimentée par une sortie 18, 18' d'un calculateur 19 délivrant une tension alternative, au travers d'une paire de bobines primaires 20, 21, 20', 21' d'un dispositif de transmission d'énergie à distance 22 apte à transmettre de l'énergie par induction mutuelle entre les bobines 20, 21, d'une part, et 20', 21', d'autre  
10 part.

Dans le cas où les bobines 20, 21 et 20', 21' ont un nombre de spires différents, cette paire de bobines agit à la manière d'un transformateur tournant qui convertit les valeurs de tension et d'intensité délivrées par la sortie du calculateur 19 en valeurs de tension et d'intensité  
15 différentes, mais de même fréquence et de même forme.

Bien entendu, les bobines 20, 21 et 20', 21' peuvent avoir le même nombre de spires. Dans ce cas, la tension et le courant sont transmis sans modification substantielle de leurs valeurs.

De même, les signaux issus des capteurs 13, 13', plus  
20 particulièrement au niveau des première et seconde bobines secondaires 17a, 17b, 17a', 17b', sont transmis respectivement à une première et à une seconde entrées 23a, 23b, 23a', 23b' du calculateur 19, par l'intermédiaire respectivement d'une première et d'une seconde paires de bobines secondaires du dispositif 22, référencées 24a, 25a, 24b, 25b pour la  
25 première voie 14 et référencées 24a', 25a', 24b', 25b' pour la seconde voie 14'.

La sortie 18, les entrées 23a, 23b du calculateur 19 et les bobines 16, 17a, 17b, 20, 21, 24a, 25a, 24b, 25b appartiennent à la première voie 14.

De même, la sortie 18', les entrées 23a', 23b' du calculateur 19 et les bobines 16', 17a', 17b', 20', 21', 24a', 25a', 24b', 25b' appartiennent à la seconde voie 14'.

Les bobines 20, 24a, 24b, 20', 24a', 24b' du dispositif qui sont reliées  
5 aux capteurs 13, 13' sont toutes montées dans un même boîtier 26 qui est fixé sur le rotor. En outre, les bobines 21, 25a, 25b, 21', 25a', 25b' du dispositif 22 qui sont reliées au calculateur 19 sont toutes montées dans un même boîtier 27 qui est fixé sur le stator. Le dispositif 22 permet donc d'assurer le transfert d'énergie entre le stator et le rotor.

10 De préférence, les bobines d'un même boîtier 26, 27 sont séparées les unes des autres par des écrans paramagnétiques (non représentés).

Selon une forme de réalisation de l'invention, le calculateur comporte des moyens 29 de génération d'une tension alternative de fréquence f1 au niveau de la sortie 18 et des moyens 29' de génération d'une tension  
15 alternative de fréquence f2, différente de f1, au niveau de la sortie 18'.

Dans ce cas, les entrées 23a, 23b du calculateur 19 comporte également des moyens de filtrage 30 des signaux de fréquence f1 et les entrées 23a', 23b' du calculateur 19 comportent des moyens de filtrage 30' des signaux de fréquence f2, en amont de moyens de traitement et de  
20 calcul 31, 31' permettant de déterminer la position de chacun des noyaux ferromagnétique 15, 15'.

Plus particulièrement, si V1 et V2 sont respectivement les tensions au niveau des entrées 23a et 23b du calculateur, alors les moyens de traitement 31 calculent notamment le rapport  $(V1-V2) / (V1+V2)$ , ce rapport  
25 étant proportionnel à la position du noyau 15 du capteur 13 correspondant. Il en est de même pour le calcul de la position du noyau 15' du capteur 13'.

L'utilisation de fréquences différentes permet de réduire considérablement les effets de couplage entre les bobines de deux voies différentes.

30 En cas de panne sur l'une des voies 14, 14', le calculateur est capable de sélectionner la voie non défectueuse. Lorsque les deux voies

14, 14' sont parfaitement fonctionnelles, la position d'un même organe mobile, surveillée par les deux capteurs 13, 13', peut être déterminée avec précision en moyennant les positions obtenues à l'aide de chacune des voies 14, 14'.

- 5 L'invention permet ainsi de relier, de manière fiable et sans contact, le calculateur 19 monté sur le stator et les capteurs de position 13, 13' montés sur le rotor, par l'intermédiaire de moyens 22 de transmission d'énergie à distance qui sont compacts et de faible masse.

## REVENDICATIONS

1. Turbomachine, telle qu'un turboréacteur ou un turbopropulseur d'avion, comportant un stator et un rotor, caractérisée en ce qu'elle  
5 comporte au moins un capteur de position inductif (13) monté sur le rotor et comprenant un noyau ferromagnétique (15) mobile en translation autour duquel sont enroulées au moins une bobine primaire (16) et au moins une bobine secondaire (17a, 17b) destinée à délivrer une tension induite qui est  
10 fonction de la position du noyau (15), un calculateur (19) monté sur le stator et comportant une sortie (18) fournissant une tension d'alimentation du capteur (13) et au moins une entrée (23a, 23b) recevant un signal issu du capteur (13) afin de calculer la position du noyau (15), des moyens (22) de transmission d'énergie à distance comportant des bobines (20, 21, 24a, 25a, 24b, 25b) agencées par paires et aptes à transmettre de l'énergie par  
15 induction mutuelle entre les bobines d'une même paire, lesdits moyens (22) comportant au moins une paire de bobines primaires (21, 20) reliées respectivement à la sortie (18) du calculateur (19) et à la bobine primaire (16) du capteur (13), de façon à fournir une tension d'alimentation dans la bobine primaire (13) du capteur (13), et au moins une paire de bobines  
20 secondaires (25a, 24a, 25b, 24b) reliées respectivement à l'entrée (23a, 23b) du calculateur (19) et à la bobine secondaire (17a, 17b) du capteur (13), de façon à transmettre le signal issu du capteur (13) au calculateur (19), les bobines (20, 24a, 24b) desdits moyens (22) reliées au capteur (13) étant montées sur le rotor et les bobines (21, 25a, 25b) desdits moyens  
25 (22) reliées au calculateur (19) étant montées sur le stator.

2. Turbomachine selon la revendication 1, caractérisée en ce que les bobines primaire (20) et secondaire (24a, 24b) des moyens (22) de transmission d'énergie à distance reliées au capteur (13) sont montées dans un boîtier (26) fixé sur le rotor, les bobines primaire (21) et secondaire  
30 (25a, 25b) desdits moyens (22) reliées au calculateur (19) étant montées dans un autre boîtier (27) fixé sur le stator.

3. Turbomachine selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les bobines d'un même boîtier (26, 27) sont séparées les unes des autres par des écrans paramagnétiques.

5 4. Turbomachine selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le capteur (13) comporte deux bobines secondaires (17a, 17b), couplées à deux entrées (23a, 23b) du calculateur (19) par l'intermédiaire de deux paires de bobines (24a, 25a ; 24b, 25b) des moyens (22) de transmission d'énergie à distance.

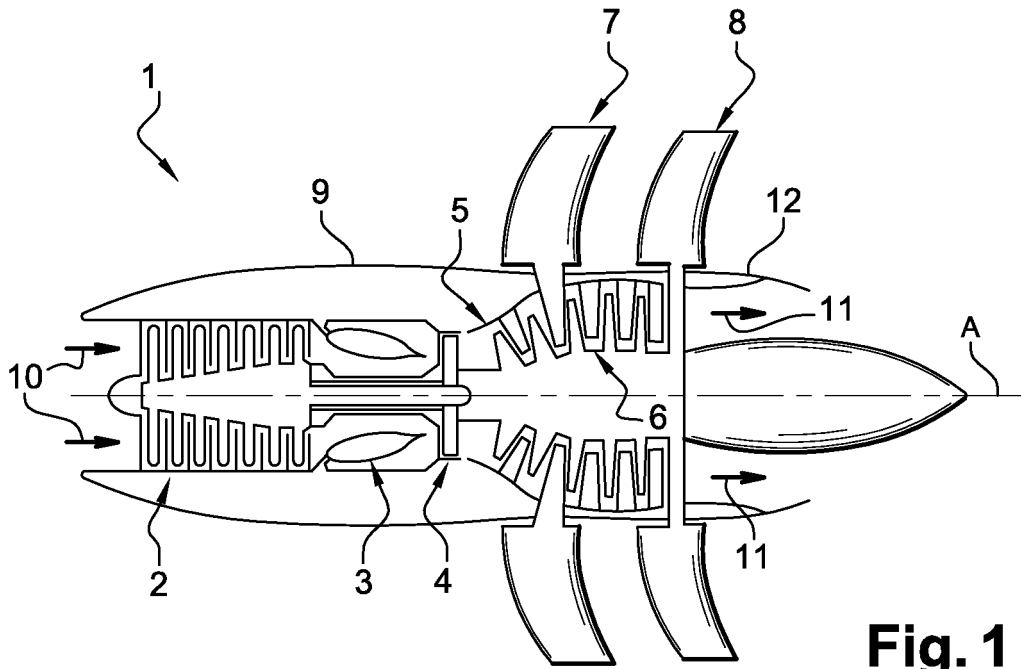
10 5. Turbomachine selon la revendication 4, caractérisée en ce que le calculateur (19) calcule la différence des tensions fournies au niveau de chacune des deux entrées (23a, 23b), rapportée à la somme desdites tensions.

15 6. Turbomachine selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle comporte un premier capteur inductif (13), coopérant avec une première entrée (23a, 23b) et une première sortie (18) du calculateur (19), et un second capteur inductif (13') coopérant avec une seconde entrée (23a', 23b') et une seconde sortie (23a', 23b') du calculateur (19).

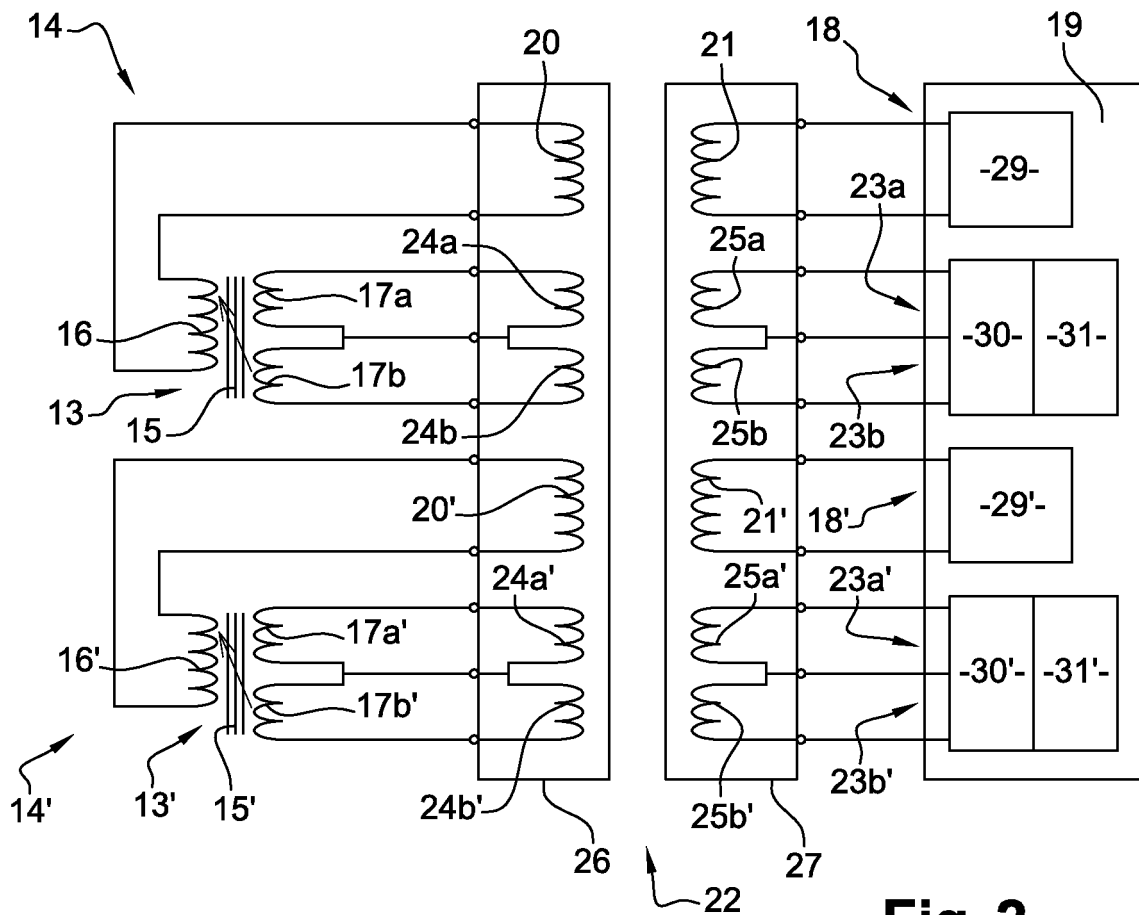
20 7. Turbomachine selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que les deux sorties (18, 18') du calculateur (19) délivrent des tensions alternatives de fréquences différentes, alimentant les bobines primaires (16, 16') des deux capteurs (13, 13'), chaque entrée (23a, 23b ; 23a', 23b') du calculateur étant associée à des moyens de filtrage (30, 30') de la fréquence correspondante.

25 8. Turbomachine selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins une hélice (7, 8) non carénée comportant des pales à calage variable, dont le calage est fonction de la position d'un organe mobile en translation et relié au noyau ferromagnétique (15) du capteur (13).

1/1



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 769370  
FR 1258484

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	US 3 041 874 A (SAXL ERWIN J) 3 juillet 1962 (1962-07-03) * figures 1-6 * * colonne 3, ligne 50 - colonne 4, ligne 36 *	1,3-8	F02C7/00 B64C11/30
Y	WO 2012/004091 A1 (ROLLS ROYCE PLC [GB]; HOLT JONATHAN EDMUND [GB]; BELLIS MARK JOHN EDWI) 12 janvier 2012 (2012-01-12) * abrégé * * page 8, ligne 3 - page 9, ligne 18 * * figures 1,5 *	1,3-8	
A	GB 2 260 821 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 28 avril 1993 (1993-04-28) * abrégé * * figures 1,2 * * page 3, ligne 17-25 * * page 6, ligne 7-26 * * page 12, ligne 3-26 * * page 17, ligne 20 - page 18, ligne 24 *	1,6,7	
A	FR 2 961 176 A1 (HISPANO SUIZA SA [FR]) 16 décembre 2011 (2011-12-16) * abrégé * * figures 1,2 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B64C B64D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 mai 2013		Cesaro, Ennio	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1258484 FA 769370**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **17-05-2013**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3041874	A	03-07-1962	AUCUN	
-----				
WO 2012004091	A1	12-01-2012	EP 2591238 A1	15-05-2013
			US 2013094966 A1	18-04-2013
			WO 2012004091 A1	12-01-2012
-----				
GB 2260821	A	28-04-1993	FR 2689853 A1	15-10-1993
			GB 2260821 A	28-04-1993
-----				
FR 2961176	A1	16-12-2011	CA 2802569 A1	22-12-2012
			CN 102947176 A	27-02-2013
			EP 2582576 A1	24-04-2013
			FR 2961176 A1	16-12-2011
			WO 2011157924 A1	22-12-2011
-----				