

(19)



(11)

EP 3 642 457 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

19.04.2023 Bulletin 2023/16

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):

F01D 25/36 ^(2006.01) **F04D 27/00** ^(2006.01)
F04D 29/32 ^(2006.01) **F04D 29/64** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18737686.8**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):

F01D 25/36; F04D 27/001; F04D 29/321;
F04D 29/644; F05D 2220/36; F05D 2260/83

(22) Date de dépôt: **19.06.2018**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2018/051463

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2018/234681 (27.12.2018 Gazette 2018/52)

(54) **SYSTÈME D'ENTRAÎNEMENT EN ROTATION D'UN ROTOR DE TURBOMACHINE ET ROTOR DE TURBOMACHINE**

TURBOMASCHINENROTORDREHSYSTEM UND TURBOMASCHINENROTOR

TURBOMACHINE ROTOR ROTATING SYSTEM AND TURBOMACHINE ROTOR

(84) Etats contractants désignés:

AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorité: **20.06.2017 FR 1755598**

(43) Date de publication de la demande:

29.04.2020 Bulletin 2020/18

(73) Titulaire: **Safran Aircraft Engines**

75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- **MONSARRAT, Eric**
77150 Moissy Cramayel (FR)
- **BENOIT, Ludovic**
77150 Moissy Cramayel (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Camus Lebki**

25 rue de Maubeuge
75009 Paris (FR)

(56) Documents cités:

EP-A1- 0 042 670 DE-B1- 2 114 916
GB-A- 2 394 523 SU-A1- 754 925

EP 3 642 457 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente invention se rapporte de manière générale au domaine des turbomachines, telles que les turboréacteurs à double flux et double corps pour avions. L'invention concerne plus particulièrement un système permettant de mettre en rotation un rotor de turbomachine lors d'un contrôle qualité ou d'une maintenance de la turbomachine.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

[0002] Un turboréacteur à double flux et double corps comporte généralement, d'amont en aval dans le sens d'écoulement des gaz, une soufflante, un compresseur basse pression, un compresseur haute pression, une chambre de combustion, une turbine haute pression, une turbine basse pression et une tuyère d'échappement des gaz de combustion. La soufflante, les compresseurs et les turbines sont constitués chacun d'un premier ensemble de pièces fixes, appelé stator, et d'un second ensemble de pièces susceptible d'être mis en rotation par rapport au stator, appelé rotor.

[0003] Les rotors du turboréacteur comportent notamment un ou plusieurs disques à la périphérie desquels sont fixées des aubes. Ils peuvent être couplés entre eux par différents systèmes de transmission. Par exemple, les rotors du compresseur basse pression et de la turbine basse pression forment un corps basse pression et sont reliés l'un à l'autre par un arbre basse pression. De même, les rotors du compresseur haute pression et de la turbine haute pression forment un corps haute pression et sont reliés l'un à l'autre par un arbre haute pression agencé autour de l'arbre basse pression. Les arbres basse pression et haute pression sont centrés sur l'axe longitudinal du turboréacteur et ne sont pas liés mécaniquement. Le rotor de soufflante, entouré radialement d'un carter de soufflante, est entraîné directement ou indirectement (par l'intermédiaire d'un réducteur) par l'arbre basse pression.

[0004] Le stator des compresseurs et des turbines comprend notamment un carter annulaire externe et des couronnes d'aubes fixes, supportées par le carter annulaire. Ces couronnes d'aubes fixes s'étendent radialement vers l'intérieur du carter annulaire et agissent comme redresseurs ou distributeurs de flux gazeux (selon qu'il s'agit d'un compresseur ou d'une turbine).

[0005] La livraison d'un turboréacteur au constructeur d'avions est toujours précédée d'un contrôle de qualité, visant à s'assurer de la conformité du turboréacteur. Ce contrôle de qualité comprend notamment une étape d'endoscopie, afin de vérifier l'absence de défauts (impacts, fissures...) à l'intérieur des différents compartiments du turboréacteur. La recherche de défauts par endoscopie porte notamment sur les aubes, disques et carter de la soufflante, des compresseurs (basse pression

et haute pression) et des turbines (basse pression et haute pression).

[0006] Afin d'inspecter toutes les aubes de la soufflante, d'un compresseur ou d'une turbine, il est nécessaire de faire tourner le rotor correspondant. Pour ce faire, on peut utiliser un système d'entraînement en rotation d'un rotor de turbomachine. Le système d'entraînement actuel comprend une première partie équipée d'un moteur d'entraînement, qui se fixe à l'extrémité de l'arbre de la soufflante, et une deuxième partie (une barre de force) qui se fixe aux brides du carter de soufflante.

[0007] Ce système d'entraînement n'est cependant pas pratique à utiliser, car son installation sur le turboréacteur et sa dépose du turboréacteur sont longues et fastidieuses. En particulier, avant de fixer la première partie en bout d'arbre de soufflante, il est nécessaire de démonter le cône d'entrée du turboréacteur. Par ailleurs, la manipulation du système est d'autant plus difficile qu'il est lourd et encombrant. Cette manipulation nécessite deux opérateurs pour limiter les risques professionnels.

[0008] En conséquence, le système d'entraînement actuel est très souvent écarté au profit d'une rotation manuelle du rotor de soufflante. Cette solution nécessite également deux opérateurs, l'un assurant le contrôle des pièces au moyen de l'endoscope, l'autre se chargeant manuellement de la rotation du rotor par le biais des aubes.

[0009] Un système pour entraîner un rotor de turbomachine en rotation par rapport à un carter de stator selon l'état de la technique est divulgué dans le document GB 2 394 523 A.

RÉSUMÉ DE L'INVENTION

[0010] Il existe donc un besoin de prévoir un système d'entraînement en rotation d'un rotor de turbomachine, qui soit compact, rapide et facile à installer sur la turbomachine, afin qu'il puisse être manipulé sans risque par une seule personne.

[0011] Selon un premier aspect de l'invention, on tend à satisfaire ce besoin en prévoyant un système pour entraîner un rotor de turbomachine en rotation par rapport à un carter de stator, le rotor comprenant une rangée annulaire d'aubes, le système d'entraînement comportant :

- un bras de support comprenant une première extrémité aménagée pour saisir un bord d'attaque d'une première aube de la rangée annulaire et une deuxième extrémité aménagée pour saisir un bord de fuite de la première aube ;
- un moteur électrique comprenant un arbre et un corps fixé au bras de support ;
- une roue couplée à l'arbre du moteur et munie d'une bande de roulement, la roue étant en outre agencée de sorte que la bande de roulement puisse venir en contact avec une paroi annulaire du carter de stator lorsque le bras de support est monté sur la première

aube.

[0012] Grâce à son bras de support, le système d'entraînement selon l'invention peut être monté directement sur une aube du rotor. Plus précisément, le bras de support est disposé au niveau de l'une des extrémités de l'aube (tête ou pied) afin que la roue du système puisse prendre appui sur une paroi annulaire (externe ou interne) du carter de stator et générer le mouvement de rotation du rotor. Comme les aubes des rotors sont facilement accessibles, en particulier les aubes du rotor de soufflante, l'installation du système d'entraînement est simple et rapide. En particulier, elle ne requiert aucun démontage préalable, tel que celui du cône d'entrée. La dépose du système d'entraînement de la turbomachine est toute aussi aisée. En outre, compte tenu que la longueur du bras de support est du même ordre de grandeur que la largeur d'une aube (i.e. la distance qui sépare les bords d'attaque et de fuite de l'aube), le système d'entraînement selon l'invention est relativement compact. Il peut donc être manié aisément par une seule personne.

[0013] Dans un premier mode de réalisation, le système d'entraînement comporte au moins une batterie solidaire du bras de support et reliée électriquement au moteur.

[0014] Dans un deuxième mode de réalisation, le système d'entraînement comporte en outre :

- un support de batterie configuré pour être monté sur une deuxième aube de la rangée annulaire, diamétralement opposée à la première aube ; et
- au moins une batterie solidaire du support de batterie et reliée électriquement au moteur électrique.

[0015] Selon un développement du deuxième mode de réalisation, le support de batterie comprend une première extrémité aménagée pour saisir un bord d'attaque de la deuxième aube et une deuxième extrémité aménagée pour saisir un bord de fuite de la deuxième aube.

[0016] Selon un autre développement du deuxième mode de réalisation :

- le bras de support, le moteur électrique et la roue appartiennent à un premier sous-ensemble d'éléments destiné à être monté sur la première aube ;
- le support de batterie et ladite au moins une batterie appartiennent à un deuxième sous-ensemble d'éléments destiné à être monté sur la deuxième aube ; et
- les premier et deuxième sous-ensembles d'éléments ont des masses sensiblement identiques.

[0017] Le système d'entraînement selon le premier aspect de l'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le moteur et la roue sont positionnés entre les pre-

mière et deuxième extrémités du bras de support ;

- la première extrémité du bras de support comporte une pince et la deuxième extrémité du bras de support est en forme de crochet ;
- le moteur électrique est de type pas-à-pas ;
- la roue est équipée d'un réducteur de vitesse ; et
- le bras de support est constitué d'un matériau polymère, tel que l'acide polylactique (PLA).

[0018] Un deuxième aspect de l'invention concerne un rotor de turbomachine, et plus particulièrement un rotor de soufflante de turboréacteur à double flux, équipé du système d'entraînement selon le premier aspect de l'invention.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0019] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un système d'entraînement de rotor de turbomachine, selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 représente le système d'entraînement de la figure 1 monté sur une aube de soufflante d'un turboréacteur à double flux ;
- la figure 3 représente un système d'entraînement selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, installé dans une soufflante de turboréacteur à double flux ;
- la figure 4 représente un sous-ensemble du système d'entraînement de la figure 3, composé de batteries et de leur support, en position sur une deuxième aube opposée de la soufflante.

[0020] Pour plus de clarté, les éléments identiques ou similaires sont repérés par des signes de référence identiques sur l'ensemble des figures.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE D'AU MOINS UN MODE DE RÉALISATION

[0021] Dans la description qui suit, les termes amont et aval sont à considérer par rapport à une direction principale d'écoulement normal des gaz (de l'amont vers l'aval) dans la turbomachine. Par ailleurs, on appelle axe (longitudinal) de la turbomachine l'axe de rotation de la turbomachine. La direction axiale de la turbomachine correspond à la direction de l'axe de la turbomachine. Une direction radiale de la turbomachine est une direction perpendiculaire à l'axe de la turbomachine. Sauf précision contraire, les adjectifs et adverbes axial, radial, axialement et radialement sont utilisés en référence aux directions axiale et radiale précitées. En outre, sauf précision contraire, les termes intérieur (ou interne) et exté-

rieur (ou externe) sont utilisés en référence à une direction radiale de sorte que la partie intérieure d'un élément est plus proche de l'axe de la turbomachine que la partie extérieure du même élément.

[0022] La figure 1 illustre un premier mode de réalisation d'un système permettant d'entraîner en rotation un rotor de turbomachine, par exemple lors d'un contrôle de qualité ou de la maintenance de la turbomachine. Ce système d'entraînement est destiné à tout type de turbomachine, terrestre ou aéronautique (turboréacteur, turbopropulseur, turbine à gaz terrestre...), dès lors que celle-ci comporte au moins un rotor muni d'une rangée annulaire d'aubes et un carter de stator pourvu d'une paroi annulaire.

[0023] Dans le cas particulier d'un turboréacteur à double flux et double corps, le système d'entraînement peut être utilisé pour entraîner le rotor de la soufflante (ou « fan »), le rotor du compresseur basse pression (ou « booster »), le rotor du compresseur haute pression, le rotor de la turbine basse pression et/ou le rotor de la turbine haute pression du turboréacteur. Ces différents rotors tournent généralement autour d'un même axe qu'on appelle l'axe de rotation, ou axe longitudinal, du turboréacteur. Par ailleurs, plusieurs rotors peuvent être couplés entre eux par des systèmes de transmission, de façon à être mis en rotation simultanément. Typiquement, la rotation du rotor de soufflante par le système d'entraînement se transmet au rotor du compresseur basse pression, puis au rotor de la turbine basse pression.

[0024] En référence à la figure 1, le système d'entraînement comporte un bras de support 100 de forme générale allongée, un moteur électrique 110 dont le corps 111 est fixé au bras de support 100, et une roue 120 couplée à l'arbre du moteur 110.

[0025] Le bras de support 100 est configuré pour être monté sur une aube 200 du rotor à entraîner, comme illustré sur la figure 2. Une première extrémité 101a du bras 100 est aménagée pour pouvoir saisir le bord d'attaque 201a (ou bord amont) de l'aube 200 et une deuxième extrémité 101b du bras, située à l'opposé de la première extrémité 101a, est configurée pour saisir le bord de fuite 201b (ou bord aval) de cette même aube. Entre ses première et deuxième extrémités 101a-101b, le bras 100 présente une courbure correspondant sensiblement au profil aérodynamique de l'aube 200.

[0026] Dans l'exemple de montage de la figure 2, l'aube 200 appartient au rotor de soufflante d'un turboréacteur à double flux. Les aubes du rotor de soufflante sont entourées d'un carter extérieur 210, de forme annulaire. Le carter extérieur 210 est une partie fixe de la soufflante, autrement dit une pièce du stator de soufflante. Le bras de support 100 est monté à la tête de l'aube 200, c'est-à-dire à l'extrémité distale de l'aube par rapport à l'axe du turboréacteur, de sorte que la roue 120 puisse venir en contact avec la surface intérieure du carter extérieur 210. La longueur du bras de support 100 est donc, dans cet exemple, sensiblement égale à la largeur de

l'aube 200 au niveau de sa tête. La « largeur » de l'aube désigne ici la distance qui sépare son bord d'attaque 201a de son bord de fuite 201b.

[0027] Pour installer le système d'entraînement sur l'aube 200 du rotor de soufflante, l'opérateur chargé du contrôle se place en amont de la soufflante. Le bord de fuite 201b de l'aube étant plus difficile d'accès que son bord d'attaque 201a (car plus éloignée de l'opérateur), la deuxième extrémité 101b du bras est de préférence positionnée en première sur l'aube 200 et dépourvue de mécanisme de réglage. Elle est par exemple repliée sur elle-même, en forme de crochet, de façon à agripper le bord de fuite 201b. À l'inverse, la première extrémité 101a du bras peut être équipée d'un mécanisme de réglage, afin de serrer le bras 100 contre l'aube 200. La première extrémité 101a comporte par exemple une pince munie d'une mâchoire fixe 102 et d'une mâchoire mobile 103, la position de la mâchoire mobile 103 (par rapport à la mâchoire fixe 102) étant réglable au moyen d'une vis 104.

[0028] Pour un meilleur maintien du bras de support 100 sur l'aube 200, une portion intermédiaire du bras peut prendre appui sur une paroi reliant les bords d'attaque et de fuite 201a-201b de l'aube 200.

[0029] La roue 120 est agencée de sorte que sa bande de roulement 121 puisse venir en contact avec la paroi annulaire du carter extérieur 210, lorsque le bras de support 100 est monté sur l'aube 200. Le diamètre extérieur de la roue 120 et sa position sur le bras de support 100 sont par conséquent dictés par la géométrie du bras (elle-même dictée par celle de l'aube 200) et la position du bras sur l'aube. De préférence, la bande de roulement 121 de la roue 120 possède un fort coefficient d'adhérence, favorisant un roulement sans glissement. Les pertes de puissance par glissement de la bande de roulement 121 sur la paroi annulaire du carter extérieur 210 sont ainsi considérablement diminuées.

[0030] Un réducteur de vitesse 122 peut être intégré à la roue 120 afin d'augmenter le couple délivré par le moteur 110. Ce réducteur 122 comporte par exemple un engrenage disposé à l'intérieur de la roue 120 et qui coopère avec des dents 123 aménagées sur le pourtour intérieur de la roue 120. L'axe d'entrée du réducteur 122, correspondant à l'axe moteur, est de préférence parallèle à son axe de sortie, c'est-à-dire à l'axe de la roue 120.

[0031] Le moteur 110 et la roue 120 sont avantageusement situés entre les deux extrémités 101a-101b du bras de support 100, et de préférence à équidistance de ces deux extrémités. Cette disposition évite que le corps 111 du moteur ne vienne en contact avec l'aube 200. En outre, le corps 111 du moteur et la roue 120 sont avantageusement disposés de part et d'autre d'une portion parallélépipédique 105 du bras 100. L'arbre (non représenté) du moteur 110 transverse alors le bras 100. Dans cette configuration, le système d'entraînement de la figure 1 est globalement équilibré.

[0032] Le moteur électrique 110 est de préférence un moteur de type pas-à-pas. Ce type de moteur permet une rotation précise et fine de l'arbre moteur, par exemple

par pas de 1,8° (200 pas par tour d'arbre moteur). Le couple fourni par un moteur pas-à-pas est également plus important en comparaison d'autres moteurs de même puissance (par exemple les moteurs à courant continu à balais), notamment à basse vitesse. À la différence de ces autres moteurs, il possède un couple de maintien permettant de bloquer en rotation (et de maintenir à l'état bloqué) le rotor du turboréacteur. Enfin, il permet de connaître précisément la position angulaire dans laquelle se trouve l'axe moteur, et donc l'aube 200 par rapport au carter extérieur 210.

[0033] Le système d'entraînement de la figure 1 comporte également une électronique de commande 130, par exemple sous la forme d'une carte électronique (non représentée), et au moins une batterie 140. L'électronique de commande 130 et la batterie 140 sont tous deux reliés électriquement au moteur 110. L'électronique de commande 130 gère le fonctionnement du moteur 110, tandis que la batterie 140 alimente le moteur 110 en énergie et rend le système d'entraînement autonome d'un point de vue électrique. L'électronique de commande 130 implémente les fonctions de base suivantes : marche et arrêt du moteur, réglage du sens de rotation et réglage de la vitesse de rotation. Elle peut en outre implémenter d'autres fonctions dites intelligentes, telles qu'un arrêt d'urgence avec libération du couple de maintien, la réalisation d'un tour complet de rotor (grâce à la mémorisation d'un point de repère initial) et la gestion de la charge de la batterie 140.

[0034] Dans ce premier mode de réalisation, l'électronique de commande 130 et la (ou les) batterie(s) 140 sont solidaires du bras de support 100. Elles peuvent être contenues dans un unique boîtier, comme cela est représenté sur la figure 1, ou dans des boîtiers séparés. Le ou les boîtiers sont fixés au bras de support 100.

[0035] L'électronique de commande 130 comporte par exemple un microcontrôleur, de préférence reprogrammable, équipée d'une mémoire dans laquelle peut être stockée un ou plusieurs programmes. Le programme exécuté par le processeur du microcontrôleur peut notamment varier en fonction du type de turboréacteur, du diamètre intérieur du carter de stator, du nombre d'étages du compresseur et de la turbine basse pression, ainsi que du nombre d'aubes sur chaque étage du compresseur et de la turbine. Le microcontrôleur est avantageusement associé à une espace de stockage, par exemple sous la forme d'une carte mémoire. Cet espace de stockage contient des informations nécessaires au bon déroulement du programme, telles que le rapport de vitesse du réducteur, le nombre de pas par tour du moteur 110, le type de turboréacteur, le diamètre intérieur du carter de stator, le nombre d'étages du compresseur et de la turbine basse pression, ainsi que le nombre d'aubes sur chaque étage du compresseur et de la turbine.

[0036] L'électronique de commande 130, et donc le fonctionnement du moteur 110, est de préférence pilotable depuis une télécommande. Cette télécommande permet à un seul opérateur de commander la rotation du

rotor et, simultanément, d'effectuer le contrôle des pièces du turboréacteur, par exemple à l'aide d'un endoscope. Elle est par exemple équipée d'un bouton marche/arrêt, d'un potentiomètre pour le réglage de la vitesse et/ou du sens de rotation du moteur, d'un bouton de mémorisation de la position du rotor (point de repère) et d'un bouton « arrêt d'urgence ».

[0037] La télécommande est de préférence sans-fil. Elle est ainsi utilisable quelle que soit la position de l'opérateur autour du turboréacteur. L'électronique 130 et la télécommande comporte alors chacune des moyens de communication sans-fil, par exemple de type Bluetooth.

[0038] La figure 3 illustre une deuxième mode de réalisation du système d'entraînement selon l'invention, installé dans la soufflante du turboréacteur à double flux. Ce deuxième mode de réalisation diffère du premier mode de réalisation (figures 1-2) en ce que les batteries 140 (ici au nombre de deux) sont déportées sur une deuxième aube 300 diamétralement opposée à la première aube 200, qui porte le bras de support 100. Les batteries 140 sont montées sur la deuxième aube 300 par l'intermédiaire d'un support de batterie 150.

[0039] Autrement dit, le système d'entraînement de la figure 3 se compose de deux sous-ensembles d'éléments :

- un premier sous-ensemble monté sur la première aube 200 et comprenant le bras de support 100, le moteur 110 et la roue 120 ;
- un deuxième sous-ensemble monté sur la deuxième aube 300 et comprenant les batteries 140 et le support de batterie 150.

[0040] Les deux sous-ensembles, et plus particulièrement le moteur 110 et les batteries 140, sont reliés électriquement, par exemple au moyen de fils électriques entourés d'une gaine 310.

[0041] Disposer les batteries 140 à l'opposé du bras de support 100 permet de contrebalancer le poids du premier sous-ensemble (bras de support 100 - moteur 110 - roue 120) et de vaincre plus facilement le couple pour franchir certaines positions angulaires du rotor (typiquement 3H et 9H). Un moteur électrique 110 moins puissant (donc plus petit et moins lourd) que celui du premier mode de réalisation peut alors être utilisé. La consommation électrique du système est par conséquent plus faible dans ce deuxième mode de réalisation (courant du moteur égal à 0,5 A au lieu de 2,8 A pour le premier mode de réalisation), ce qui prolonge l'autonomie des batteries 140.

[0042] Pour maximiser cet effet de contre-balancier, les deux sous-ensembles ont de préférence des masses sensiblement identiques ($\pm 10\%$).

[0043] Compte tenu que son poids est négligeable par rapport aux autres éléments du système, l'électronique de commande 130 peut indifféremment appartenir au premier sous-ensemble ou au deuxième sous-ensemble.

[0044] La figure 4 est une vue en gros plan des batteries 140 et du support de batterie 150 sur lequel elles sont fixées. Le support de batterie 150 est de préférence construit de la même façon que le bras de support 100. En d'autres termes, il présente une forme adaptée au profil aérodynamique de la deuxième aube 300 et comporte deux extrémités 151a-151b aménagées pour saisir les bords d'attaque et de fuite 301a-301b de la deuxième aube 300. Les deux extrémités 151a et 151b peuvent être aménagées de la même façon que celles du bras de support 100, avec une pince et un crochet respectivement.

[0045] De préférence, le bras de support 100, la roue 120 et le support de batterie 150 sont essentiellement constitués d'un matériau polymère, tel que l'acide polylactique (PLA). Choisir un tel matériau permet de réduire considérablement le poids du système d'entraînement selon l'invention. Ce dernier pèse environ 3 kg (contre 20 kg pour le système d'entraînement de l'art antérieur), dont 1,5 kg pour les seules batteries. Les matériaux polymères sont par ailleurs résistants dans des conditions normales d'utilisation et ne risquent pas d'endommager les pièces avoisinantes du turboréacteur, telles que les aubes de soufflante, le carter de soufflante ou le matériau abrasable qui recouvre l'intérieur du carter de soufflante.

[0046] Compte tenu qu'il se fixe sur la couronne d'aubes du rotor grâce au bras de support 100 (et au support de batterie 150, le cas échéant), le système d'entraînement selon l'invention est particulièrement simple d'utilisation. Son installation sur un rotor de turbomachine ne requiert aucun démontage préalable, dès lors que les aubes du rotor sont accessibles par l'opérateur. Pour les mêmes raisons, sa dépose du rotor est tout aussi rapide et aisée. Il est en outre léger et compact, ce qui le rend maniable par une seule personne. Pour un rotor de soufflante, sa dimension maximale (ici la longueur) est par exemple de l'ordre de 32 cm. La roue 120 a par exemple un diamètre de 9 cm pour un carter extérieur de 195 cm de diamètre. La bande de roulement 121 mesure par exemple 3,5 cm en largeur.

[0047] Grâce à sa compacité, sa légèreté et son autonomie, le système d'entraînement selon l'invention peut servir pour des opérations de maintenance sur piste (sans dépose de l'ensemble propulsif). Naturellement, il peut également être utilisé en atelier pour des contrôles de qualité avant-livraison ou de maintenance.

[0048] L'invention a été décrite ci-dessus en prenant pour exemple d'application une soufflante de turboréacteur à double flux comprenant un carter extérieur 210 (i.e. un carter délimitant l'extérieur d'une veine aérodynamique). Comme indiqué précédemment, le système d'entraînement des figures 1 à 4 est compatible avec d'autres types de rotor et/ou d'autres types de turbomachine. Dans certaines applications (par exemple pour un turboréacteur de type « Open Rotor »), la roue 120 pourrait venir en contact avec un carter (annulaire) intérieur (i.e. délimitant l'intérieur de la veine aérodynamique), plutôt qu'extérieur. Le bras de support 100, et le support de

batterie 150 le cas échéant, seront alors montés au niveau du pied de l'aube (l'extrémité proximale par rapport à l'axe de la turbomachine).

[0049] Enfin, de nombreuses variantes et modifications du système d'entraînement selon l'invention apparaîtront à l'homme du métier. Par exemple, la configuration des première et deuxième extrémités du bras de support 100 (et du support de batterie 150) peut être inversée si l'on souhaite accéder à la rangée annulaire d'aubes rotoriques par l'aval plutôt que par l'amont, typiquement pour d'autres rotors que celui de la soufflante. Dans ce cas, la deuxième extrémité 101b du bras sera préférentiellement équipée du mécanisme de serrage et viendra saisir en dernière le bord de fuite de l'aube.

Revendications

1. Système pour entraîner un rotor de turbomachine en rotation par rapport à un carter de stator (210), le rotor comprenant une rangée annulaire d'aubes (200, 300), le système d'entraînement étant **caractérisé en ce qu'il** comporte :

- un bras de support (100) comprenant une première extrémité (101a) aménagée pour saisir un bord d'attaque (201a) d'une première aube (200) de la rangée annulaire et une deuxième extrémité (101b) aménagée pour saisir un bord de fuite (201b) de la première aube ;
- un moteur électrique (110) comprenant un arbre et un corps (111) fixé au bras de support (100) ; et
- une roue (120) couplée à l'arbre du moteur (110) et munie d'une bande de roulement (121), la roue étant en outre agencée de sorte que la bande de roulement (121) puisse venir en contact avec une paroi annulaire du carter de stator (210) lorsque le bras de support (100) est monté sur la première aube (200).

2. Système selon la revendication 1, dans lequel le moteur (110) et la roue (120) sont positionnés entre les première et deuxième extrémités (101a-101b) du bras de support (100).

3. Système selon l'une des revendications 1 et 2, comportant au moins une batterie (140) solidaire du bras de support (100) et reliée électriquement au moteur (110).

4. Système selon l'une des revendications 1 et 2, comportant en outre :

- un support de batterie (150) configuré pour être monté sur une deuxième aube (300) de la rangée annulaire, diamétralement opposée à la première aube (200) ; et

- au moins une batterie (140) solidaire du support de batterie (150) et reliée électriquement au moteur électrique (110).
5. Système selon la revendication 4, dans lequel le support de batterie (150) comprend une première extrémité (151a) aménagée pour saisir un bord d'attaque (301a) de la deuxième aube (300) et une deuxième extrémité (151b) aménagée pour saisir un bord de fuite (301b) de la deuxième aube (300). 5 10
6. Système selon l'une des revendications 4 et 5, dans lequel :
- le bras de support (100), le moteur électrique (110) et la roue (120) appartiennent à un premier sous-ensemble d'éléments destiné à être monté sur la première aube (200) ; 15
 - le support de batterie (150) et ladite au moins une batterie (140) appartiennent à un deuxième sous-ensemble d'éléments destiné à être monté sur la deuxième aube (300) ; et 20
 - les premier et deuxième sous-ensembles d'éléments ont des masses sensiblement identiques. 25
7. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la première extrémité (101a) du bras de support (100) comporte une pince et la deuxième extrémité (101b) du bras de support est en forme de crochet. 30
8. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le moteur électrique (110) est un moteur de type pas-à-pas. 35
9. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel la roue (120) est équipée d'un réducteur de vitesse (122-123). 40
10. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le bras de support (100) est constitué d'un matériau polymère, tel que l'acide polylactique (PLA). 45
11. Rotor de turbomachine, et plus particulièrement un rotor de soufflante de turboréacteur à double flux, équipé du système selon l'une quelconque des revendications 1 à 10. 50

Patentansprüche

1. System zum Drehantrieb eines Rotors einer Turbomaschine in Bezug auf ein Statorgehäuse (210), wobei der Rotor eine ringförmige Anordnung von Schaufeln (200, 300) umfasst, wobei das System **dadurch gekennzeichnet ist, dass** es zum Antrieb 55

Folgendes umfasst:

- einen Tragarm (100), der ein erstes Ende (101a) umfasst, das zum Halten einer Vorderkante (201a) einer ersten Schaufel (200) der ringförmigen Anordnung gestaltet ist, und ein zweites Ende (101b) umfasst, das zum Halten einer Hinterkante (201b) der ersten Schaufel gestaltet ist;
 - einen Elektromotor (110), der eine Welle und einen Körper (111) umfasst, der am Tragarm (100) befestigt ist; und
 - ein Rad (120), das mit der Welle des Motors (110) gekoppelt und mit einer Lauffläche (121) versehen ist, wobei das Rad ferner derart angeordnet ist, dass die Lauffläche (121) mit einer ringförmigen Wand des Statorgehäuses (210) in Kontakt kommen kann, wenn der Tragarm (100) an der ersten Schaufel (200) angebracht ist.
2. System nach Anspruch 1, bei dem der Motor (110) und das Rad (120) zwischen dem ersten und dem zweiten Ende (101a-101b) des Tragarms (100) positioniert sind.
3. System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, das mindestens eine Batterie (140) aufweist, die fest mit dem Tragarm (100) verbunden ist und elektrisch mit dem Motor (110) verbunden ist.
4. System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, das des Weiteren Folgendes aufweist:
- einen Batteriehalter (150), der so ausgebildet ist, dass er an einer zweiten Schaufel (300) der ringförmigen Anordnung, die der ersten Schaufel (200) diametral gegenüberliegt, angebracht werden kann; und
 - mindestens eine Batterie (140), die fest mit dem Batteriehalter (150) verbunden ist und elektrisch mit dem Elektromotor (110) verbunden ist.
5. System nach Anspruch 4, bei dem der Batteriehalter (150) ein erstes Ende (151a) umfasst, das zum Halten einer Vorderkante (301a) der zweiten Schaufel (300) gestaltet ist, und ein zweites Ende (151b) umfasst, das zum Halten einer Hinterkante (301b) der zweiten Schaufel (300) gestaltet ist.
6. System nach einem der Ansprüche 4 oder 5, bei dem:
- der Tragarm (100), der Elektromotor (110) und das Rad (120) zu einer ersten Untergruppe von Elementen gehören, die zur Anbringung an der ersten Schaufel (200) vorgesehen ist;
 - der Batteriehalter (150) und die mindestens

eine Batterie (140) zu einer zweiten Untergruppe von Elementen gehören, die zur Anbringung an der zweiten Schaufel (300) vorgesehen ist; und

- die erste und die zweite Untergruppe von Elementen im Wesentlichen die gleichen Massen aufweisen.

7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem das erste Ende (101a) des Tragarms (100) eine Klammer aufweist und das zweite Ende (101b) des Tragarms hakenförmig ausgebildet ist.

8. System nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem der Elektromotor (110) ein Schrittmotor ist.

9. System nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem das Rad (120) mit einem Drehzahlminderer (122-123) ausgestattet ist.

10. System nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem der Tragarm (100) aus einem polymeren Material wie Polymilchsäure (PLA) besteht.

11. Rotor einer Turbomaschine, insbesondere Gebläse-rotor eines Zweikreis-Turbostrahltriebwerks, der mit dem System nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ausgestattet ist.

Claims

1. Drive system for rotating a turbomachine rotor relative to a stator casing (210), the rotor comprising an annular row of blades (200, 300), the drive system being **characterised in that** it comprises:

- a support arm (100) comprising a first end (101a) arranged for gripping a leading edge (201a) of a first blade (200) of the annular row and a second end (101b) arranged for gripping a trailing edge (201b) of the first blade;

- an electric motor (110) comprising a shaft and a body (111) attached to the support arm (100); and

- a wheel (120) coupled to the shaft of the motor (110) and provided with a rolling strip (121), the wheel being further arranged such that the rolling strip (121) is able to come into contact with an annular wall of the stator casing (210) when the support arm (100) is mounted on the first blade (200).

2. System according to claim 1, wherein the motor (110) and the wheel (120) are positioned between the first and second ends (101a-101b) of the support arm (100).

3. System according to one of claims 1 and 2, comprising at least one battery (140) secured to the support arm (100) and electrically connected to the motor (110).

4. System according to one of claims 1 and 2, further comprising:

- a battery tray (150) configured to be mounted on a second blade (300) of the annular row, diametrically opposite the first blade (200); and
- at least one battery (140) secured to the battery tray (150) and electrically connected to the electric motor (110).

5. System according to claim 4, wherein the battery tray (150) comprises a first end (151a) arranged for gripping a leading edge (301a) of the second blade (300) and a second end (151b) arranged for gripping a trailing edge (301b) of the second blade (300).

6. System according to one of claims 4 and 5, wherein:

- the support arm (100), the electric motor (110) and the wheel (120) belong to a first subassembly of elements intended to be mounted on the first blade (200);

- the battery tray (150) and said at least one battery (140) belong to a second subassembly of elements intended to be mounted on the second blade (300); and

- the first and second subassemblies of elements have substantially identical masses.

7. System according to any of claims 1 to 6, wherein the first end (101a) of the support arm (100) comprises a clamp and the second end (101b) of the support arm is shaped like a hook.

8. System according to any of claims 1 to 7, wherein the electric motor (110) is a motor of the stepper type.

9. System according to any of claims 1 to 8, wherein the wheel (120) is equipped with a speed reducer (122-123).

10. System according to any of claims 1 to 9, wherein the support arm (100) is made of a polymer material, such as polylactic acid (PLA).

11. Turbomachine rotor, more specifically a turbofan fan rotor, equipped with the system according to any of claims 1 to 10.

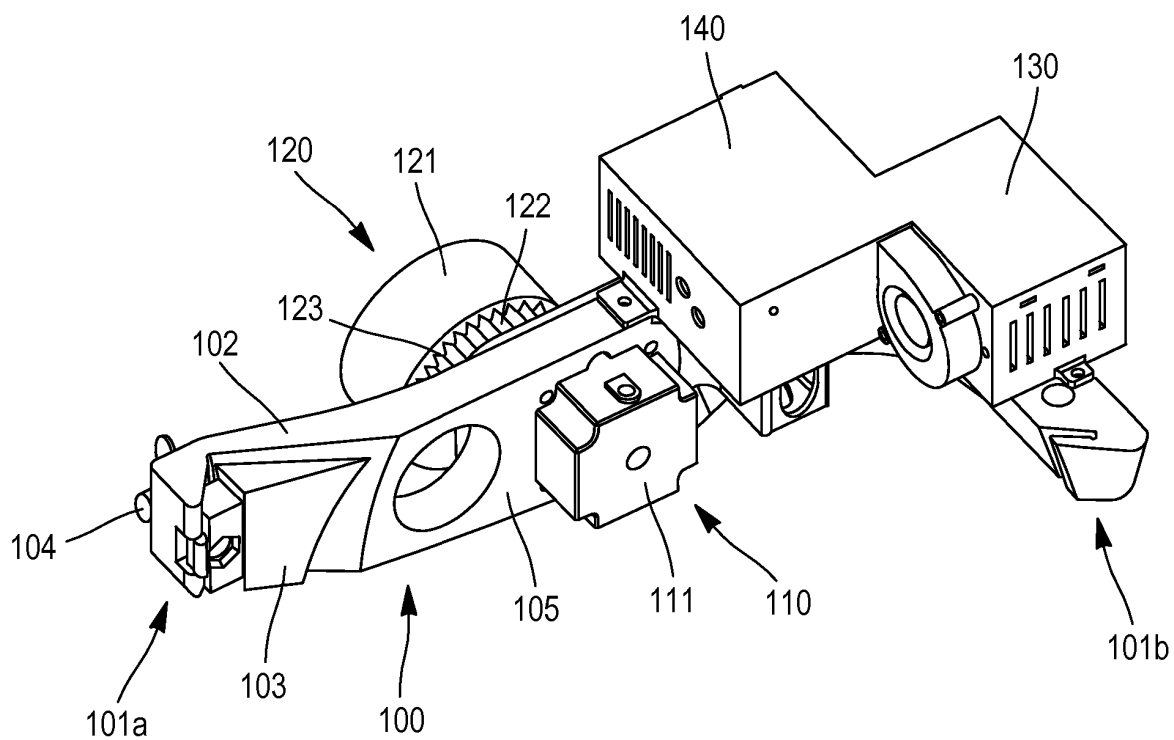


FIG. 1

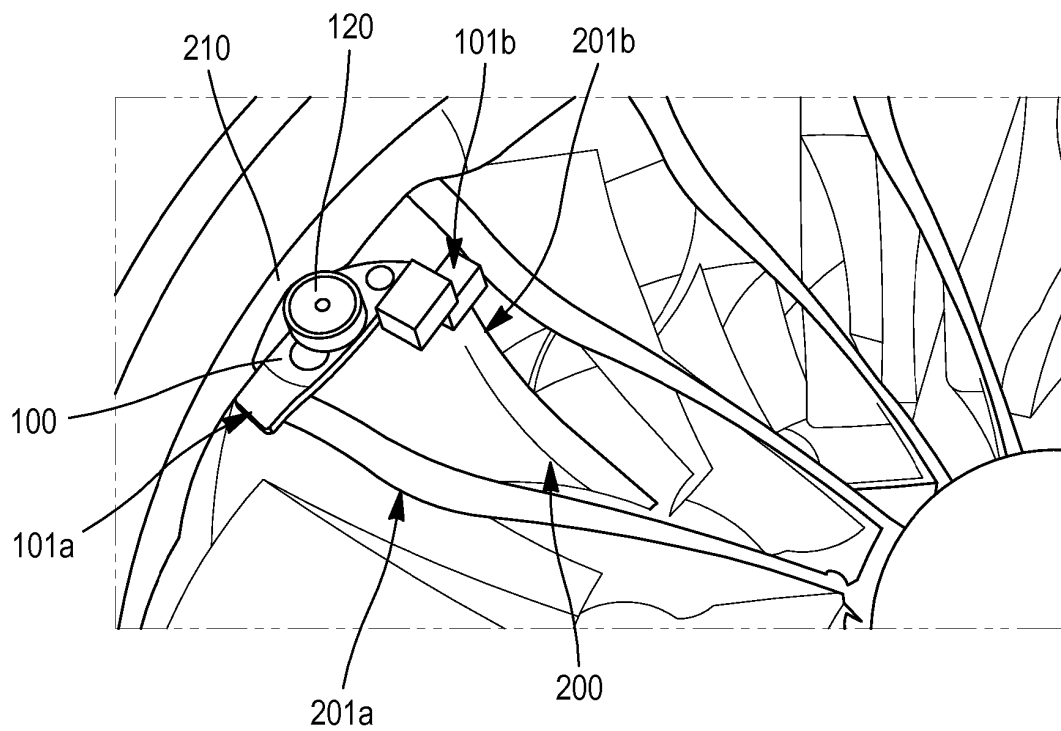


FIG. 2

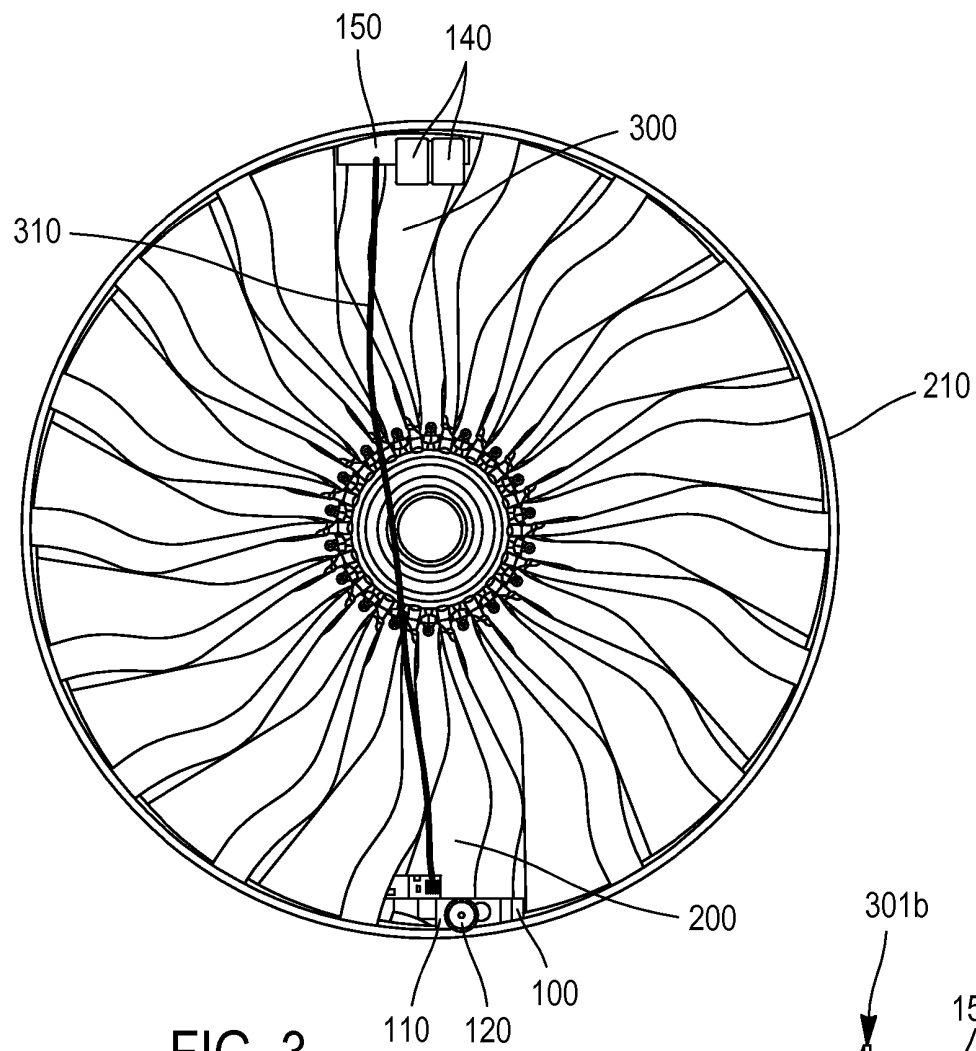


FIG. 3

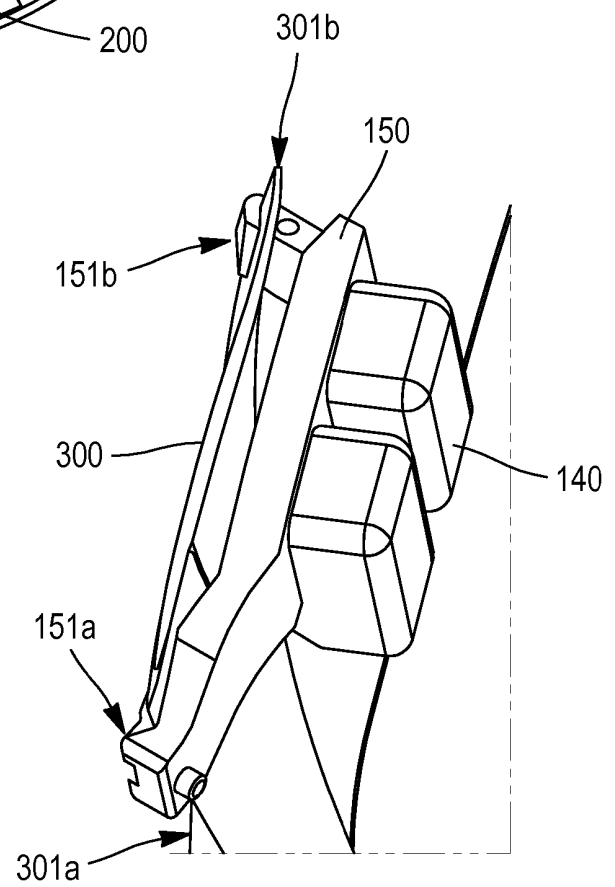


FIG. 4

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- GB 2394523 A [0009]