(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 097 266 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
15.11.2017 Bulletin 2017/46

(21) Numéro de dépôt: **15704057.7**

(22) Date de dépôt: **19.01.2015**

(51) Int Cl.:
F01D 5/10 *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2015/050118

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2015/107310 (23.07.2015 Gazette 2015/29)

(54) **ORGANE MOBILE DE TURBOMACHINE QUI COMPORTE DES MOYENS POUR CHANGER SA FRÉQUENCE DE RÉSONANCE**

MOBILES ELEMENT EINER TURBOMASCHINE MIT VORRICHTUNG ZUR ÄNDERUNG DER RESONANZFREQUENZ DAVON

MOBILE MEMBER OF A TURBOMACHINE WHICH COMPRISES MEANS FOR CHANGING THE RESONANCE FREQUENCY OF SAME

(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: **20.01.2014 FR 1450424**

(43) Date de publication de la demande:
30.11.2016 Bulletin 2016/48

(73) Titulaire: **SNECMA**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeur: **AUSTRUY, Julien, Michel, Patrick, Christian**
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)

(74) Mandataire: **Brevalex**
95, rue d'Amsterdam
75378 Paris Cedex 8 (FR)

(56) Documents cités:
US-A- 4 117 742
US-A- 4 141 604
US-A1- 2005 152 626

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).

EP 3 097 266 B1

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] L'invention propose un rotor de turbomachine d'aéronef qui comporte des moyens pour modifier sa vitesse critique, en fonction des conditions de fonctionnement de la turbomachine. La vitesse critique étant définie comme la coïncidence entre les fréquences de rotation et de résonnance du rotor.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0002] Un organe mobile de turbomachine, tel qu'un rotor de turbomachine, possède une vitesse critique qui lui est propre. Lorsque le rotor tourne à une vitesse de rotation très proche de cette vitesse critique, les vibrations du rotor sont amplifiées, ce qui nuit à l'efficacité de la turbomachine.

[0003] Pour limiter ces vibrations, il est connu de relier le rotor au stator de la turbomachine par des moyens d'amortissement.

[0004] Il est aussi connu de réduire la période de temps pendant laquelle le rotor tourne à la vitesse de rotation proche de la vitesse critique. Pour cela, les accélérations ou décélérations du rotor sont mises en oeuvre rapidement, ce qui présente l'inconvénient d'appliquer au rotor, ainsi qu'à l'ensemble de la turbomachine, des contraintes mécaniques importantes.

[0005] Ces solutions ne sont que partiellement efficaces, car elles soumettent quand même la turbomachine à des amplitudes de vibrations importantes lorsque le rotor tourne à une vitesse de rotation proche de la vitesse critique du rotor.

[0006] Le document US-2005/152626 décrit un dispositif de modification de la vitesse critique d'un support de palier de guidage d'un rotor comportant deux structures mécaniques portantes de raideurs différentes combinées pour porter le palier, dont les fréquences de résonance propres sont distinctes. Le support comporte aussi des moyens pour modifier la position angulaire des structures l'une par rapport à l'autre pour que la vitesse critique du support soit égale à l'une ou l'autre de deux vitesses critique des structures.

[0007] Ce document décrit donc des moyens qui nécessitent un organe de commande provoquant le changement de la position angulaire relative des deux structures.

[0008] L'invention a pour but de proposer un rotor qui est apte à tourner à une vitesse de rotation qui est toujours différente de la vitesse critique du rotor.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0009] L'invention propose un rotor de turbomachine d'aéronef d'axe principal A, selon la revendication 1, qui comporte des moyens pour modifier la vitesse critique du rotor entre une première vitesse critique et une deuxième vitesse critique selon que la vitesse de rotation du rotor est inférieure ou supérieure à une vitesse de rotation prédéfinie comprise entre la première vitesse critique et la deuxième vitesse critique,

lesdits moyens pour modifier la vitesse critique du rotor (10) comportant :

- un composant qui est apte à occuper un premier état ou un deuxième état selon que la vitesse de rotation du rotor est inférieure ou supérieure à la vitesse de rotation prédéfinie, chaque état du composant correspondant à une vitesse critique du rotor, et
- des moyens d'entrainement du composant vers l'un ou l'autre de ses deux états en fonction de la vitesse de rotation du rotor,

caractérisé en ce que les moyens pour modifier la vitesse critique du rotor comportent en outre un composant qui coopère avec les moyens d'entrainement et qui est apte à être déformé élastiquement entre l'une ou l'autre de deux formes stables correspondant chacune à un état dudit composant.

[0010] La modification de la vitesse critique du rotor de la turbomachine, en fonctionnement, permet de commuter d'une vitesse critique à une autre, lorsque la vitesse de rotation du rotor se rapproche de l'une des vitesses critique.

[0011] Cela permet d'éviter que le rotor ne tourne à une vitesse correspondant à sa vitesse critique, limitant par conséquent les contraintes mécaniques dans la turbomachine. Aussi, la commutation peut être effectuée rapidement.

[0012] De préférence, le composant consiste en un système du type à cage souple inversée, conférant ou non une souplesse aux moyens pour modifier la vitesse critique du rotor selon qu'il est dans l'un ou l'autre de ses deux états de fonctionnement.

[0013] De préférence, les moyens d'entrainement comportent au moins un organe d'actionnement qui est monté mobile et est apte à se déplacer radialement par action centrifuge lorsque la vitesse de rotation du rotor est supérieure à ladite vitesse de rotation prédéfinie.

[0014] De préférence, les moyens d'entrainement comportent un insert mobile le long de l'axe principal du rotor et qui est apte à être accouplé avec le composant pour changer l'état du composant.

[0015] De préférence, les moyens d'entrainement comportent des moyens de transformation du déplacement radial de l'organe d'actionnement en un déplacement axial de l'insert.

[0016] De préférence, les moyens de transformation du déplacement radial de l'organe d'actionnement comportent deux portions de révolution en vis-à-vis et mobiles l'une par rapport à l'autre, entre lesquelles l'organe d'actionnement est disposé et les faces d'appui en vis-à-vis des portions de révolution sont inclinées l'une par rapport à l'autre.

[0017] De préférence, les moyens d'entrainement

comportent des moyens élastiques d'entraînement de l'insert vers une position correspondant à l'état du composant associé à une vitesse critique du rotor inférieure à la vitesse de rotation prédéfinie.
les moyens d'entrainement comportent une paroi d'orientation principale radiale qui est bombée axialement, qui est reliée à l'insert, et ladite paroi bombée est déformable élastiquement et est apte à occuper deux formes stables réparties de chaque côté d'un plan radial passant par un bord radialement externe de la paroi bombée.

[0018] De préférence, les moyens pour changer la vitesse critique du rotor sont réalisés de manière à réduire la vitesse critique du rotor lorsque la vitesse de rotation du rotor est supérieure à la vitesse de rotation prédéfinie et de manière à augmenter la vitesse critique du rotor lorsque la vitesse de rotation du rotor est inférieure à la vitesse de rotation prédéfinie.

[0019] L'invention propose aussi une turbomachine d'aéronef comportant un rotor selon l'invention, qui est muni de moyens aptes à changer la vitesse critique du rotor lorsque la vitesse de rotation du rotor est supérieure ou inférieure à une vitesse de rotation prédéfinie.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0020] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique en section axiale d'une partie d'un rotor de turbomachine réalisé selon l'invention ;
- la figure 2 est un détail à plus grande échelle des moyens d'accouplement de l'organe mobile avec l'arbre, représentés en position de séparation ;
- la figure 3 est une vue similaire à celle de la figure 2, montrant les moyens d'accouplement en position d'accouplement.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0021] On a représenté à la figure 1 une partie d'un rotor 10 de turbomachine d'aéronef telle qu'un turbopropulseur.

[0022] Il sera compris que l'invention n'est pas limitée à un rotor 10 et que l'invention peut aussi s'appliquer à un autre composant de la turbomachine qui est mobile en rotation, tel que par exemple un arbre de transmission de puissance.

[0023] Le rotor 10 comporte un arbre 12 monté mobile en rotation par rapport au stator (non représenté) de la turbomachine autour de l'axe principal A du rotor 10. L'arbre 12 porte une pluralité de composants (non représentés) du rotor 10 tels que par exemple des aubes de compresseur ou des aubes de turbine.

[0024] Lors du fonctionnement de la turbomachine, malgré un équilibrage dynamique du rotor 10, le rotor 10, ainsi que l'arbre 12 vibrent à une fréquence correspondant à la vitesse de rotation.

[0025] L'amplitude de ces vibrations du rotor 10 et de l'arbre 12 dépend de la vitesse de rotation du rotor 10. En particulier, l'amplitude des vibrations augmente lorsque la vitesse de rotation du rotor 10 se rapproche d'une vitesse critique du rotor 10. La vitesse critique étant définie comme la coïncidence entre les fréquences de rotation et de résonnance du rotor.

[0026] Cette vitesse critique du rotor 10 dépend de la conception de la turbomachine, elle dépend notamment de la masse des composants du rotor 10, ainsi que de la position des portées de guidage de l'arbre 12 en rotation dans le stator.

[0027] Si le rotor 10 tourne à cette vitesse critique, les vibrations du rotor 10 ont une amplitude importante pouvant endommager le rotor 10 ou le stator.

[0028] Pour empêcher que le rotor 10 ne tourne à une vitesse de rotation proche de sa vitesse critique, le rotor comporte des moyens 14 permettant de modifier la vitesse critique du rotor 10 lorsque la vitesse de rotation du rotor 10 se rapproche de la vitesse critique du rotor 10.

[0029] Les moyens 14 de modification de la vitesse critique du rotor 10 sont réalisés de manière à changer la vitesse critique du rotor 10 de manière quasiment instantanée, lorsque la vitesse de rotation du rotor devient supérieure à une vitesse de rotation prédéfinie ou lorsque la vitesse de rotation du rotor 10 devient inférieure à la vitesse de rotation prédéfinie.

[0030] Les moyens 14 de modification de la vitesse critique forment alors un système dit "bistable", apte à occuper deux états stables de fonctionnement, chaque état stable de fonctionnement étant associé à une plage de vitesse de rotation du rotor 10 supérieure ou inférieure à la vitesse de rotation prédéfinie.

[0031] Cette vitesse de rotation prédéfinie est comprise entre une première vitesse critique dite inférieure, qui est la vitesse critique du rotor 10 lorsque les moyens 14 de modification de la vitesse critique sont dans un premier état, et une deuxième vitesse critique dite supérieure, qui est la vitesse critique du rotor 10 lorsque les moyens 14 de modification de la vitesse critique sont dans leur deuxième état.

[0032] Aussi, les moyens 14 de modification de la vitesse critique sont conçus pour que lorsque le rotor 10 tourne à une vitesse inférieure à la vitesse de rotation prédéfinie, les moyens 14 de modification de la vitesse critique sont dans leur deuxième état, la vitesse critique du rotor 10 est alors la vitesse critique supérieure. La vitesse de rotation du rotor 10 est alors toujours inférieure à la vitesse critique supérieure définie ci-dessus.

[0033] Par contre, lorsque le rotor 10 tourne à une vitesse supérieure à la vitesse de rotation prédéfinie, les moyens 14 de modification de la vitesse critique sont dans leur premier état, la vitesse critique du rotor 10 est alors la vitesse critique inférieure. La vitesse de rotation

du rotor 10 est alors toujours supérieure à sa vitesse critique inférieure définie ci-dessus.

[0034] Par conséquent, quelle que soit la vitesse de rotation du rotor 10, grâce au changement d'état des moyens 14 de modification de la vitesse critique, le rotor 10 ne peut pas atteindre une vitesse de rotation correspondant à sa vitesse critique.

[0035] Pour modifier la vitesse critique du rotor, les moyens 14 de modification de la vitesse critique comportent un composant 16 dont l'état varie selon que les moyens 14 de modification de la vitesse critique sont dans leur premier état ou dans leur deuxième état.

[0036] Selon un mode de réalisation préféré, le composant 16 est un système du type à cage souple inversée, c'est-à-dire que la cage souple est accouplée au rotor 10. Dans un système à cage souple classique, la cage souple est accouplée au stator.

[0037] Le changement d'état de la cage souple 16 est réalisé en l'accouplant ou non avec un insert 40. Comme on peut le voir aux figures, l'insert 40 consiste en un élément solidaire du rotor 10, qui est mobile axialement par rapport au rotor 10 et par rapport à la cage souple 16 entre une position d'accouplement avec la cage souple 16 représentée aux figures 1 et 2, et une position de non accouplement avec la cage souple 16.

[0038] La cage souple 16 est conçue de manière que lorsqu'elle est accouplée avec l'insert 40, des efforts entre le rotor 10 et le stator sont transmis au niveau de la cage souple par la cage souple 16 et des portées de guidage du rotor 10. Ces deux chemins d'efforts créent une raideur de la cage souple 16, ce qui confère au rotor 10 sa vitesse critique supérieure ou inférieure.

[0039] Ainsi, lorsque l'insert 40 est accouplé avec la cage souple 16, les moyens 14 de modification de la vitesse critique sont dans leur deuxième état.

[0040] Par contre, lorsque l'insert 40 n'est pas accouplé avec la cage souple 16, les efforts à transmettre au niveau de la cage souple 16 ne peuvent transiter que par la cage souple 16. Ce seul chemin d'efforts créé une souplesse du système, ce qui confère au rotor 10 sa vitesse critique inférieure.

[0041] Ainsi, lorsque l'insert 40 n'est pas accouplé avec la cage souple 16, les moyens 14 de modification de la vitesse critique sont dans leur premier état.

[0042] Comme on peut le voir à la figure 1, la cage souple 16 est solidaire de l'arbre 12, elle est par exemple fixée à l'arbre 12 par soudage.

[0043] Les moyens 14 pour modifier la vitesse critique du rotor 10 comportent un dispositif 18 d'entrainement de l'insert 40, qui provoque le déplacement de l'insert 40 entre une position d'accouplement avec la cage souple 16 et une position dans laquelle l'insert n'est pas accouplé avec la cage souple 16 lorsque la vitesse de rotation du rotor 10 devient supérieure ou inférieure à la vitesse de rotation prédéfinie.

[0044] Le dispositif d'entrainement 18 de l'insert 40 provoque le déplacement de l'insert 40 sous l'effet de l'action centrifuge. Ainsi, le dispositif d'entrainement 18 n'est relié à aucun dispositif de commande, ce qui permet de simplifier l'intégration des moyens 14 pour modifier la vitesse critique du rotor 10.

[0045] Comme on peut le voir aux figures, le dispositif d'entrainement 18 comporte une cage 20 qui est montée sur l'arbre 12, et un manchon cylindrique 22 qui est relié à l'insert 40.

[0046] Selon le mode de réalisation représenté aux figures, le manchon cylindrique 22 est monté mobile par rapport à la cage 20 en translation le long de l'axe principal A du rotor 10.

[0047] La cage 20 et le manchon 22 sont solidaires de l'arbre 12 en rotation et ils sont traversés par l'axe 12.

[0048] Le manchon cylindrique 22 est apte à occuper, par rapport à la cage 20, une première position représentée à la figure 2, correspondant à la position d'accouplement de l'insert 40 avec la cage souple 16 et une deuxième position représentée à la figure 3, correspondant à la position dans laquelle l'insert 40 n'est pas accouplé avec la cage souple 16.

[0049] Le guidage du manchon cylindrique 22 en déplacement par rapport à la cage 20 est réalisé par une première portée 24 solidaire de la cage 20.

[0050] La première portée 24 est reliée au reste de la cage 20 par l'intermédiaire d'une paroi 34 qui s'étend dans un plan radial par rapport à l'axe A.

[0051] Comme on l'a dit précédemment, les moyens 14 de modification de la vitesse critique du rotor 10 ont un caractère bistable, c'est-à-dire qu'ils possèdent deux positions stables de fonctionnement.

[0052] La transition entre chacune des deux positions stables de fonctionnement des moyens 14 de modification de la vitesse critique est réalisée par des moyens d'entrainement du manchon cylindrique 22, qui changent la position du manchon 22 lorsque la vitesse de rotation du rotor 10 devient supérieure ou inférieure à la vitesse prédéfinie.

[0053] Le caractère bistable des moyens 14 pour modifier la vitesse critique du rotor 10 est en outre renforcé par une paroi 38 de la cage 20 qui est bombée axialement et qui est reliée en son centre au manchon cylindrique 22 par l'intermédiaire d'une deuxième portée 26.

[0054] La deuxième portée 26 est solidaire du manchon cylindrique 22 en translation axialement et la paroi 38 est apte à se déformer élastiquement lors du déplacement axial de son centre.

[0055] De par sa forme bombée, la paroi 38 n'est apte à occuper que deux formes stables représentées aux figures 2 et 3, qui sont réparties de chaque côté d'un plan radial passant par le bord radialement externe de la paroi 38. Dans chacune de ces formes stables, la paroi 38 est bombée axialement dans un sens, ou dans l'autre.

[0056] Lorsque la paroi 38 est déformée élastiquement autrement que dans ces deux formes stables, elle a naturellement tendance à revenir vers l'une de ces deux formes, dépendant du fait qu'elle est déformée d'un côté ou de l'autre d'un point dur correspondant globalement au point lorsque son centre est à la même cote axiale

que son bord radialement externe.

[0057] Ainsi, lorsque la vitesse de rotation du rotor 10 devient supérieure ou inférieure à la vitesse prédéfinie, la paroi 38 entraine très rapidement le manchon cylindrique 22 vers l'une de ses deux positions, de sorte que le manchon 22, et par conséquent l'insert 40, restent très brièvement dans une position axiale intermédiaire.

[0058] La paroi bombée 38 confère aux moyens 14 de modification de la vitesse critique du rotor 10 un caractère discontinu.

[0059] Le dispositif d'actionnement 18 est conçu pour entraîner le manchon cylindrique 22 en déplacement axial pour que la deuxième portée 26 franchisse ce point dit dur lorsque la vitesse de rotation du rotor 10 devient égale à la vitesse de rotation prédéfinie pour laquelle les moyens 14 pour modifier la vitesse critique du rotor 10 changent d'état.

[0060] Les moyens de solidarisation de la deuxième portée 26 avec le manchon cylindrique 22, en déplacement axial par rapport à la cage 20 comportent un épaulement 28 du manchon cylindrique 22 qui est en appui dans un premier sens, ici vers la gauche, contre une extrémité axiale en vis-à-vis de la deuxième portée 26. L'épaulement 28 est ici situé à une extrémité 22a du manchon cylindrique située la plus proche du composant 16.

[0061] Les moyens de solidarisation de la deuxième portée 26 avec le manchon cylindrique 22 comportent aussi des moyens élastiques qui exercent en permanence un effort d'appui de la deuxième portée 26 contre l'épaulement 28 dans le deuxième sens, c'est-à-dire ici vers la droite.

[0062] Ces moyens élastiques 30 exercent en outre une action permanente d'entraînement de la deuxième portée 26 vers la position stable de la paroi bombée 38 représentée aux figures 1 et 2, correspondant au deuxième état des moyens 14 pour modifier la vitesse critique du rotor 10, pour lequel la vitesse critique du rotor 10 est la vitesse critique supérieure.

[0063] Ici, les moyens élastiques 30 consistent en un ressort de compression qui est comprimé entre les deux portées 24, 26.

[0064] Le dispositif d'actionnement 18 comporte des moyens d'entraînement du manchon cylindrique 22 en déplacement axial vers sa deuxième position représentée à la figure 3, lorsque la vitesse de rotation du rotor 10 devient supérieure à la vitesse prédéfinie, correspondant au premier état des moyens 14 pour modifier la vitesse critique du rotor 10, pour lequel la vitesse critique du rotor 10 est la vitesse critique inférieure.

[0065] Ces moyens d'entraînement sont du type à effet centrifuge, c'est-à-dire qu'ils comportent au moins un élément 32 mobile radialement par rapport à l'axe A, qui se déplace radialement en s'éloignant de l'axe A au fur et à mesure que la vitesse de rotation du rotor 10 augmente, par effet centrifuge.

[0066] Ici, les moyens d'entraînement comportent plusieurs éléments mobiles 32, qui consistent en des billes interposées axialement entre la paroi radiale 34 qui porte la première portée 24, et une portion de révolution 36 portée par la deuxième extrémité 22b du manchon cylindrique 22.

[0067] Cette portion de révolution 36 s'étend radialement vers l'extérieur à partir de la deuxième extrémité 22b du manchon cylindrique 22 et elle comporte une face d'appui 36a située en vis-à-vis d'une face d'appui 34a de la paroi radiale 34 qui porte la première portée 24, sur laquelle les billes 32 sont en appui axialement.

[0068] Les faces d'appui en vis-à-vis 36a, 34a de la portion de révolution 36 et de la paroi radiale 34 sont inclinées l'une par rapport à l'autre, c'est-à-dire qu'au moins une de ces deux faces d'appui 36a, 34a est de forme conique, et la distance entre les faces d'appui 36a, 34a diminue en s'éloignant de l'axe principal A.

[0069] De ce fait, lorsque les billes 32 se déplacent radialement vers l'extérieur, en s'éloignant de l'axe principal A, elles s'appuient contre les faces d'appui 34a, 36a et provoquent un déplacement du manchon cylindrique 22 par rapport à la cage 20 vers sa deuxième position.

[0070] En se déplaçant, le manchon cylindrique 22 entraîne la deuxième portée 26 et provoque la déformation élastique de la paroi bombée 38.

[0071] L'angle défini par les faces d'appui 34a, 36a, les dimensions et la masse des billes 32, ainsi que les dimensions du ressort 30 sont définies en fonction de la vitesse de rotation prédéfinie.

[0072] Lorsque le rotor 10 tourne à cette vitesse de rotation prédéfinie, ou à une vitesse de rotation supérieure, l'effort d'appui des billes 32 sur les parois 34a, 36a en vis-à-vis est supérieur à l'effort exercé par le ressort de rappel 30 et par la paroi bombée 38. Le manchon cylindrique 22 est alors entrainé axialement vers sa deuxième position, provoquant un changement d'état de la paroi bombée 38.

[0073] Lorsque la paroi bombée 38 change d'état, l'effort élastique de rappel qu'elle exerce change de direction, la paroi bombée 38 coopère alors avec les moyens d'entraînement centrifuge pour entraîner le manchon cylindrique 22, à l'encontre de l'effort de rappel exercé par le ressort 30.

[0074] Ainsi, lorsque le rotor 10 tourne à une vitesse de rotation supérieure à la vitesse de rotation prédéfinie, qui est, comme on l'a dit précédemment, supérieure à la vitesse critique inférieure du rotor 10, le manchon cylindrique 22 est entrainé vers sa deuxième position pour laquelle l'insert 40 n'est pas accouplé avec la cage souple 16 qui est donc dans son état avec jeux. Les moyens 14 de modification de la vitesse critique sont dans leur premier état, associé à la vitesse critique basse du rotor 10.

[0075] Par conséquent, le rotor 10 tourne à une vitesse supérieure à la vitesse critique du rotor 10.

[0076] Par contre, lorsque la vitesse de rotation du rotor 10 devient inférieure à cette vitesse de rotation prédéfinie, l'effort exercé par le ressort de rappel 30 est supérieur à l'effort exercé par les billes 32 sur les parois 34a, 36a en vis-à-vis et par l'effort de rappel de la paroi bombée 38. Le manchon cylindrique 22 est alors entraîné

par le ressort 30 et la paroi bombée 38 vers sa position représentée aux figures 1 et 2.

[0077] Ainsi, lorsque le rotor 10 tourne à une vitesse de rotation inférieure à la vitesse de rotation prédéfinie, qui est, comme on l'a dit précédemment, inférieure à la vitesse critique supérieure du rotor 10, le manchon cylindrique 22 est entrainé vers sa position pour laquelle l'insert 40 est accouplé avec la cage souple 16 qui est donc dans son état sans jeux. Les moyens 14 de modification de la vitesse critique sont dans leur deuxième état, associé à la vitesse critique supérieure du rotor 10.

[0078] Par conséquent, le rotor 10 tourne à une vitesse de rotation inférieure à la vitesse critique du rotor 10.

[0079] La combinaison des moyens d'entrainement par action centrifuge avec la déformation rapide de la paroi bombée 38 permet d'entraîner rapidement le manchon cylindrique 22 vers sa position représentée à la figure 3. Cela permet par conséquent d'avoir un retrait rapide de l'insert 40 hors de la cage souple 16, pour modifier la vitesse critique du rotor 10.

[0080] Le rotor 10 compote aussi des paliers de guidage 42, qui sont ici au nombre de trois, et qui réalisent le guidage en rotation de l'arbre 12, des moyens 14 pour modifier la vitesse critique du rotor 10, et de la cage souple 16.

[0081] Un premier palier 42 est agencé au niveau d'une partie amont de l'arbre 12, selon le sens d'écoulement des gaz dans la turbomachine, ici du côté droit des figures. Ce premier palier 42 est situé au niveau du carter d'entrée de la turbomachine.

[0082] Les deux autres paliers 42 sont agencés de part et d'autre d'une turbine basse pression de la turbomachine.

[0083] Le deuxième palier 42, qui est agencé au niveau d'une partie aval de l'arbre 12. Est relié à un carter d'échappement de la turbine basse pression.

[0084] Le troisième palier 42, qui est situé entre les deux autres paliers 42, est relié à la cage souple 16 et est relié à un carter inter-turbines.

[0085] Selon une variante de réalisation, le composant 16 est une masse mobile, qui peut être sélectivement accouplée ou non à l'arbre 12 par l'intermédiaire des moyens 14 de modification de vitesse critique ou qui peut être déplacée axialement par les moyens 14 de modification de la vitesse critique.

[0086] Le changement d'état de la masse mobile 16 consiste alors en un accouplement sélectif, ou un déplacement de la masse mobile 16, et permet de modifier la vitesse critique du rotor 10 comme décrit précédemment.

Revendications

1. Rotor (10) de turbomachine d'aéronef d'axe principal A qui comporte des moyens (14) de modification d'une vitesse critique du rotor (10) entre une première vitesse critique et une deuxième vitesse critique selon que la vitesse de rotation du rotor (10) est inférieure ou supérieure à une vitesse de rotation prédéfinie comprise entre la première vitesse critique et la deuxième vitesse critique,
lesdits moyens (14) pour modifier la vitesse critique du rotor (10) comportant :

- un composant (16) qui est apte à occuper un premier état ou un deuxième état selon que la vitesse de rotation du rotor (10) est inférieure ou supérieure à la vitesse de rotation prédéfinie, chaque état du composant (16) correspondant à une vitesse critique du rotor (10), et
- des moyens (18) d'entrainement du composant (16) vers l'un ou l'autre de ses deux états en fonction de la vitesse de rotation du rotor (10),

caractérisé en ce que les moyens (14) pour modifier la vitesse critique du rotor (10) comportent en outre un composant (38) qui coopère avec les moyens d'entrainement (18) et qui est apte à être déformé élastiquement entre l'une ou l'autre de deux formes stables correspondant chacune à un état dudit composant (16).

2. Rotor (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le composant (16) consiste en un système du type à cage souple inversée, conférant ou non une souplesse aux moyens (14) pour modifier la vitesse critique du rotor (10) selon qu'il est dans l'un ou l'autre de ses deux états de fonctionnement.

3. Rotor (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens d'entrainement (18) comportent au moins un organe d'actionnement (32) qui est monté mobile et est apte à se déplacer radialement par action centrifuge lorsque la vitesse de rotation du rotor (10) est supérieure à ladite vitesse de rotation prédéfinie.

4. Rotor (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens d'entrainement (18) comportent un insert (40) mobile le long de l'axe principal du rotor (10) et qui est apte à être accouplé avec le composant (16) pour changer l'état du composant (16).

5. Rotor (10) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** les moyens d'entrainement (18) comportent des moyens (34, 36) de transformation du déplacement radial de l'organe d'actionnement (32) en un déplacement axial de l'insert (40).

6. Rotor (10) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les moyens (34, 36) de transformation du déplacement radial de l'organe d'actionnement (32) comportent deux portions de révolution en vis-à-vis et mobiles l'une par rapport à l'autre, entre lesquelles l'organe d'actionnement (32) est disposé et **en ce**

que les faces d'appui (34a, 36a) en vis-à-vis des portions de révolution sont inclinées l'une par rapport à l'autre.

7. Rotor (10) selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** les moyens d'entrainement (18) comportent des moyens élastiques d'entraînement de l'insert (40) vers une position correspondant à l'état du composant (16) associé à une vitesse de rotation du rotor (10) inférieure à la vitesse de rotation prédéfinie.

8. Rotor (10) selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** les moyens d'entrainement (18) comportent une paroi (38) d'orientation principale radiale qui est bombée axialement, qui est reliée à l'insert (40), et **en ce que** ladite paroi bombée (38) est déformable élastiquement et est apte à occuper deux formes stables réparties de chaque côté d'un plan radial passant par un bord radialement externe de la paroi bombée (38).

9. Rotor (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens pour changer la vitesse critique du rotor (10) sont réalisés de manière à réduire la vitesse critique du rotor (10) lorsque la vitesse de rotation du rotor (10) est supérieure à la vitesse de rotation prédéfinie et de manière à augmenter la vitesse critique du rotor (10) lorsque la vitesse de rotation du rotor (10) est inférieure à la vitesse de rotation prédéfinie.

10. Turbomachine d'aéronef comportant un rotor (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui est muni de moyens (14) aptes à changer la vitesse critique du rotor (10) lorsque la vitesse de rotation du rotor (10) est supérieure ou inférieure à une vitesse de rotation prédéfinie.

Patentansprüche

1. Rotor (10) einer Turbomaschine eines Luftfahrzeugs, mit einer Hauptachse A, der Mittel (14) zur Änderung einer kritischen Geschwindigkeit des Rotors (10) zwischen einer ersten kritischen Geschwindigkeit und einer zweiten kritischen Geschwindigkeit umfasst, je nachdem, ob die Drehzahl des Rotors (10) geringer oder größer als eine vordefinierte, zwischen der ersten kritischen Geschwindigkeit und der zweiten kritischen Geschwindigkeit liegende Drehzahl ist,
wobei die Mittel (14) zur Änderung der kritischen Geschwindigkeit des Rotors (10) umfassen:

- eine Komponente (16), die geeignet ist, einen ersten Zustand oder einen zweiten Zustand einzunehmen, je nachdem, ob die Drehzahl des Rotors (10) geringer oder größer als die vordefinierte Drehzahl ist, wobei jeder Zustand der Komponente (16) einer kritischen Geschwindigkeit des Rotors (10) entspricht, und
- Mittel (18) zum Antreiben der Komponente (16) in den einen oder den anderen ihrer beiden Zustände in Abhängigkeit von der Drehzahl des Rotors (10),

dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (14) zur Änderung der kritischen Geschwindigkeit des Rotors (10) ferner eine Komponente (38) umfassen, die mit den Antriebsmitteln (18) zusammenwirkt und die geeignet ist, zwischen der einen oder der anderen von zwei stabilen Formen, die jeweils einem Zustand der Komponente (16) entsprechen, elastisch verformt zu werden.

2. Rotor (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Komponente (16) aus einem System vom Typ mit umgekehrtem flexiblem Käfig besteht, das den Mitteln (14) zur Änderung der kritischen Geschwindigkeit des Rotors (10) eine Flexibilität verleiht oder nicht, je nachdem, ob sie sich in dem einen oder dem anderen ihrer beiden Betriebszustände befindet.

3. Rotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebsmittel (18) wenigstens ein Betätigungsorgan (32) umfassen, das beweglich angebracht und geeignet ist, sich durch Zentrifugalwirkung radial zu bewegen, wenn die Drehzahl des Rotors (10) größer als die vordefinierte Drehzahl ist.

4. Rotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebsmittel (18) einen Einsatz (40) umfassen, der entlang der Hauptachse des Rotors (10) beweglich ist und der geeignet ist, mit der Komponente (16) gekoppelt zu werden, um den Zustand der Komponente (16) zu ändern.

5. Rotor (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebsmittel (18) Mittel (34, 36) zur Umwandlung der Radialbewegung des Betätigungsorgans (32) in eine Axialbewegung des Einsatzes (40) umfassen.

6. Rotor (10) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel (34, 36) zur Umwandlung der Radialbewegung des Betätigungsorgans (32) zwei einander gegenüberliegende und zueinander bewegliche Rotationsabschnitte umfassen, zwischen denen das Betätigungsorgan (32) angeordnet ist, und dass die einander gegenüberliegenden Anlageflächen (34a, 36a) der Rotationsabschnitte zueinander geneigt sind.

7. Rotor (10) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebsmittel (18) elastische Mittel zum Antreiben des Einsatzes (40) in eine Position, die dem Zustand der Komponente (16) entspricht, welcher einer Drehzahl des Rotors (10) unterhalb der vordefinierten Drehzahl zugeordnet ist, umfassen.

8. Rotor (10) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebsmittel (18) eine Wand (38) mit radialer Hauptausrichtung umfassen, die axial gewölbt ist, die mit dem Einsatz (40) verbunden ist, und dass die gewölbte Wand (38) elastisch verformbar und geeignet ist, zwei stabile Formen, die auf jeder Seite einer durch einen radial äußeren Rand der gewölbten Wand (38) verlaufenden Radialebene verteilt sind, einzunehmen.

9. Rotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Änderung der kritischen Geschwindigkeit des Rotors (10) derart ausgebildet sind, dass sie die kritische Geschwindigkeit des Rotors (10) verringern, wenn die Drehzahl des Rotors (10) höher als die vordefinierte Drehzahl ist, und dass sie die kritische Geschwindigkeit des Rotors (10) erhöhen, wenn die Drehzahl des Rotors (10) geringer als die vordefinierte Drehzahl ist.

10. Turbomaschine eines Luftfahrzeugs, mit einem Rotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der mit Mitteln (14) ausgestattet ist, welche geeignet sind, die kritische Geschwindigkeit des Rotors (10) zu ändern, wenn die Drehzahl des Rotors (10) größer oder geringer als eine vordefinierte Drehzahl ist.

Claims

1. Rotor (10) of an aircraft turbomachine having a main axis A, which comprises means (14) for modifying a critical speed of the rotor (10) between a first critical speed and a second critical speed, depending on whether the rotational speed of the rotor (10) is lower or higher than a predefined rotational speed between the first critical speed and the second critical speed, said means (14) for modifying the critical speed of the rotor (10) comprising:

    - component (16) that is capable of occupying a first state or a second state depending on whether the rotational speed of the rotor (10) is lower or higher than the predefined rotational speed, each state of the component (16) corresponding to a critical speed of the rotor (10), and
    - means (18) for driving the component (16) towards one or the other of the two states thereof, depending on the rotational speed of the rotor (10),

    characterised in that the means (14) for modifying the critical speed of the rotor (10) further comprise a component (38) that engages with the drive means (18) and is capable of being deformed elastically between one or the other of two stable forms, each of which corresponding to a state of said component (16).

2. Rotor (10) according to claim 1, **characterised in that** the component (16) consists of a system such as a flexible, inverted cage, providing flexibility or not to the means (14) for modifying the critical speed of the rotor (10), depending on whether it is in one or the other of the two operating states thereof.

3. Rotor (10) according to any of the previous claims, **characterised in that** the drive means (18) comprise at least one actuating member (32), which is movably mounted and is capable of moving radially under a centrifugal effect when the rotational speed of the rotor (10) is higher than said predefined rotational speed.

4. Rotor (10) according to any of the previous claims, **characterised in that** the drive means (18) comprise an insert (40) capable of moving along the main axis of the rotor (10) and which is capable of being coupled with the component (16) in order to change the state of the component (16).

5. Rotor (10) according to claim 4, **characterised in that** the drive means (18) comprise means (34, 36) for transforming the radial movement of the actuating member (32) into an axial movement of the insert (40).

6. Rotor (10) according to claim 5, **characterised in that** the means (34, 36) for transforming the radial movement of the actuating member (32) comprise two revolving portions facing each other and mobile in relation to each other, between which the actuating member (32) is positioned and **in that** the support surfaces (34a, 36a) of the revolving portions facing each other are inclined in relation to each other.

7. Rotor (10) according to any of claims 4 to 6, **characterised in that** the drive means (18) comprise elastic means for driving the insert (40) towards a position corresponding to the state of the component (16) associated with a rotational speed of the rotor (10) that is below the predefined rotational speed.

8. Rotor (10) according to any of claims 4 to 7, **characterised in that** the drive means (18) comprise a main radial orientation wall (38) that is axially convex and linked to the insert (40), and **in that** said convex

wall (38) is elastically deformable and capable of occupying two stable forms distributed on either side of a radial plane, passing through a radially outer edge of the convex wall (38).

9. Rotor (10) according to any of the previous claims, **characterised in that** the means for changing the critical speed of the rotor (10) are produced such that they reduce the critical speed of the rotor (10) when the rotational speed of the rotor (10) is higher than the predefined rotational speed and such that they increase the critical speed of the rotor (10) when the rotational speed of the rotor (10) is lower than the predefined rotational speed.

10. Aircraft turbomachine comprising a rotor (10) according to any one of the previous claims, which is equipped with means (14) capable of modifying the critical speed of the rotor (10) when the rotational speed of the rotor (10) is higher or lower than a predefined rotational speed.

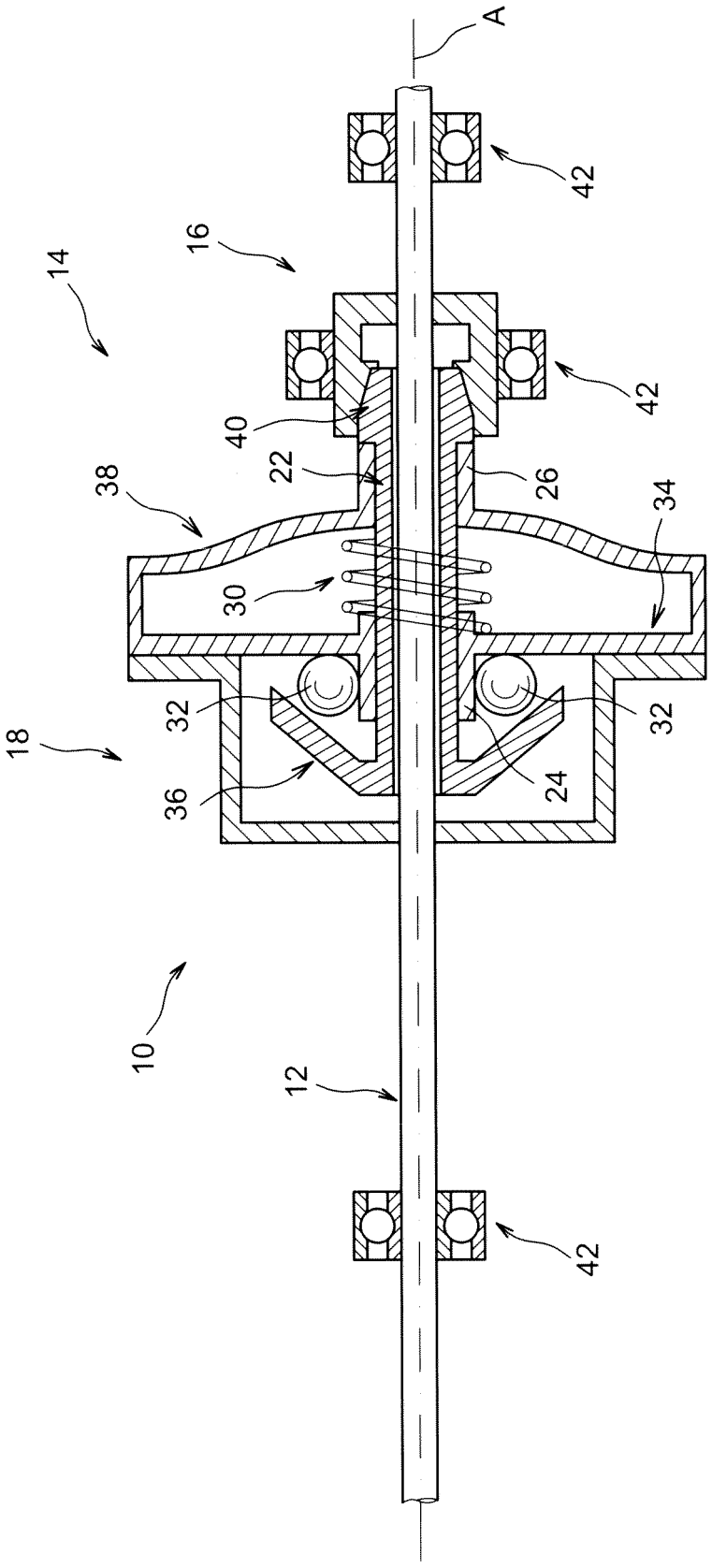


FIG. 1

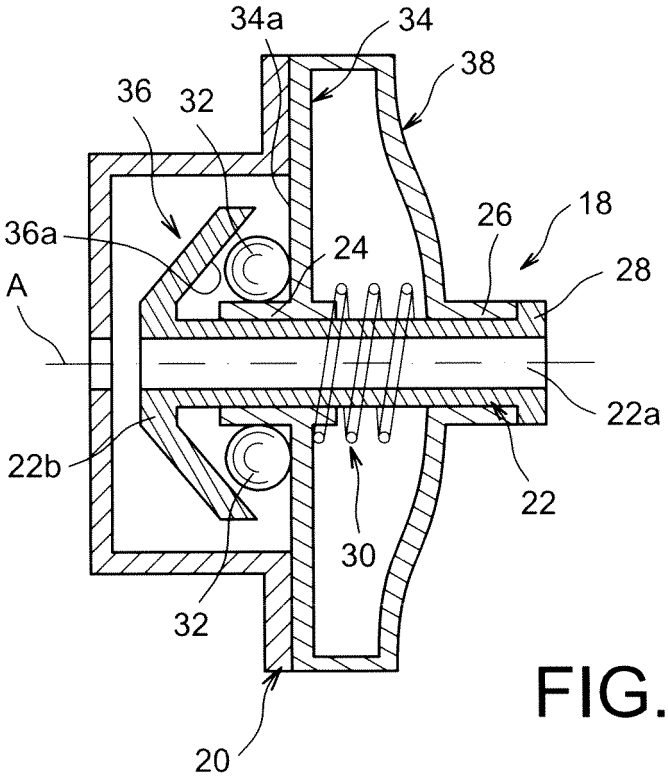

34a
34
38
36
32
18
26
36a
24
28
A
22a
22b
22
30
32
20

FIG. 2

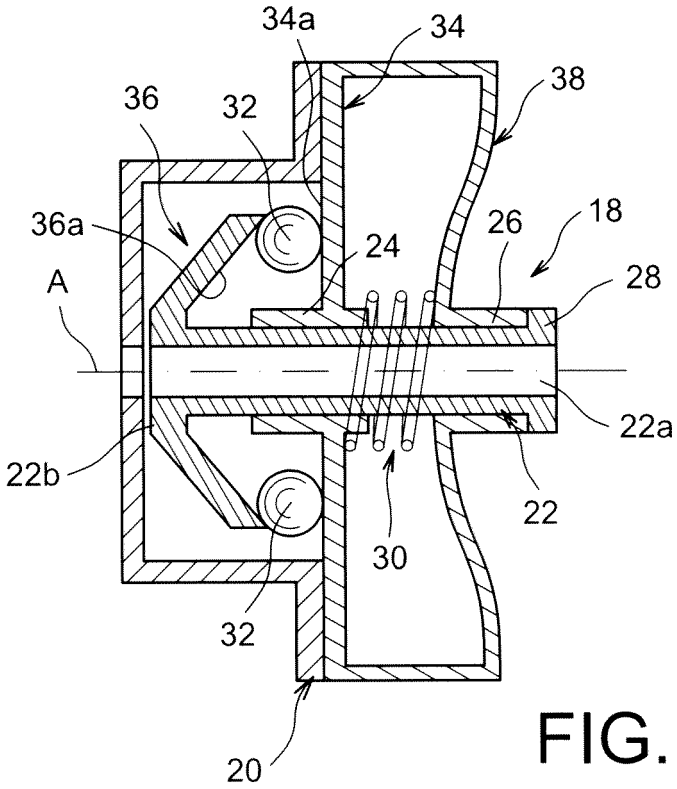

34a
34
38
36
32
18
26
36a
24
28
A
22a
22b
22
30
32
20

FIG. 3

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

- US 2005152626 A **[0006]**