



(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN**
CANADIAN PATENT APPLICATION

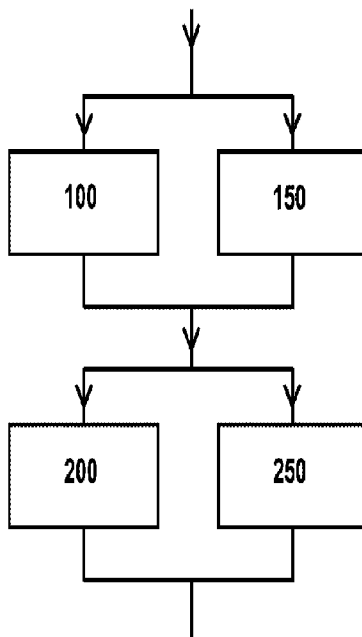
(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2020/04/27
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2020/12/10
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2021/11/30
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2020/050716
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2020/245516
(30) Priorité/Priority: 2019/06/06 (FR1906001)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F02K 5/00* (2006.01),
F01D 15/10 (2006.01), *F02C 7/26* (2006.01),
F02C 7/266 (2006.01)
(71) Demandeur/Applicant:
SAFRAN AIRCRAFT ENGINES, FR
(72) Inventeurs/Inventors:
CUVILLIER, ROMAIN GUILLAUME, FR;
CABRERA, PIERRE, FR
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PROCÉDE DE REGULATION D'UNE ACCELERATION D'UNE TURBOMACHINE
(54) Title: METHOD FOR REGULATING THE ACCELERATION OF A TURBOMACHINE

[Fig. 3]



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un procédé de régulation d'une accélération d'une turbomachine, la turbomachine comprenant une chambre de combustion, une turbine haute pression située en aval de la chambre de combustion et qui entraîne en rotation un arbre haute pression, et une turbine basse pression située en aval de la turbine haute pression et qui entraîne en rotation un arbre basse pression, caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes : - Injection (100) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression jusqu'à ce qu'un régime de l'arbre haute pression atteigne une valeur cible, puis - Prélèvement (200) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression de sorte à maintenir le régime à la valeur cible.



Date de soumission : 2021/11/30

No de la demande can. : 3140074

Abrégé:

L'invention concerne un procédé de régulation d'une accélération d'une turbomachine, la turbomachine comprenant une chambre de combustion, une turbine haute pression située en aval de la chambre de combustion et qui entraîne en rotation un arbre haute pression, et une turbine basse pression située en aval de la turbine haute pression et qui entraîne en rotation un arbre basse pression, caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes : - Injection (100) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression jusqu'à ce qu'un régime de l'arbre haute pression atteigne une valeur cible, puis - Prélèvement (200) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression de sorte à maintenir le régime à la valeur cible.

Description

Titre de l'invention : **Procédé de régulation d'une accélération d'une turbomachine**

5 Domaine Technique

La présente invention se rapporte au domaine général des turbomachines pour aéronef.

Technique antérieure

10 De manière générale, une turbomachine pour aéronef comprend un arbre haute pression (arbre HP) entraîné en rotation par une turbine haute pression (turbine HP), et un arbre basse pression (arbre BP) entraîné en rotation par une turbine basse pression (BP), l'arbre basse pression entraînant en rotation une soufflante de la turbomachine.

15 Lors d'une phase d'accélération de la turbomachine, un décalage peut se produire entre l'arbre haute pression (HP) et l'arbre basse pression (BP) de la turbomachine pour atteindre la vitesse de rotation cible. La demanderesse s'est en effet aperçu que l'arbre basse pression tend à accélérer moins vite que l'arbre haute pression, et ainsi l'arbre basse pression arrive à sa vitesse de rotation cible en retard par rapport
20 à l'arbre haute pression. La Demanderesse s'est aperçu que le retard dans l'accélération de l'arbre basse pression augmente fortement lorsque qu'un réducteur est placé entre l'arbre basse pression et la soufflante.

Le retard dans l'accélération de l'arbre basse pression entraine un retard dans l'accélération de la soufflante, augmentant ainsi la durée entre l'instruction
25 d'accélération et le moment où la poussée cible est obtenue.

Exposé de l'invention

La présente invention a donc pour but principal de fournir une solution répondant au problème décrit précédemment.

Selon un premier aspect, l'invention concerne un procédé de régulation d'une accélération d'une turbomachine, la turbomachine comprenant une chambre de combustion, une turbine haute pression située en aval de la chambre de combustion et qui entraîne en rotation un arbre haute pression, et une turbine basse pression située en aval de la turbine haute pression et qui entraîne en rotation un arbre basse pression, caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes:

- Injection de puissance mécanique sur l'arbre haute pression jusqu'à ce qu'un régime de l'arbre haute pression atteigne une valeur cible, puis
- Prélèvement de puissance mécanique sur l'arbre haute pression de sorte à maintenir le régime à la valeur cible.

Un tel procédé de régulation permet de réduire le retard entre l'accélération de l'arbre haute pression et l'arbre basse pression. Au début de la phase d'accélération, on injecte de la puissance sur l'arbre haute pression pour l'aider à accélérer, puis on stoppe l'accélération de l'arbre haute pression de sorte à permettre une forte accélération de l'arbre basse pression : l'arbre basse pression atteint ainsi plus rapidement son régime cible que dans l'art antérieur. De manière plus globale, les durées d'accélération de l'arbre haute pression et de l'arbre basse pression sont chacune plus courtes que dans l'art antérieur.

Selon une caractéristique possible, l'étape de prélèvement de puissance mécanique sur l'arbre haute pression est réalisée par l'intermédiaire d'une première machine électrique en mode générateur électrique.

Selon une caractéristique possible, l'étape d'injection de puissance mécanique sur l'arbre haute pression est réalisée par la première machine électrique en mode moteur électrique.

Selon une caractéristique possible, le procédé comprend l'étape suivante, réalisée en parallèle de l'étape de prélèvement de puissance mécanique sur l'arbre haute pression: injection de puissance mécanique sur l'arbre basse pression.

Selon une caractéristique possible, le procédé comprend l'étape suivante, réalisée en parallèle de l'étape d'injection de puissance mécanique sur l'arbre haute pression: prélèvement de puissance mécanique sur l'arbre basse pression.

Selon une caractéristique possible, l'étape d'injection de puissance mécanique sur l'arbre basse pression est réalisée par une deuxième machine électrique en mode

moteur électrique, et l'étape de prélèvement de puissance mécanique sur l'arbre basse pression est réalisée par ladite deuxième machine électrique en mode générateur électrique.

Selon une caractéristique possible, la turbomachine comprend un compresseur haute pression qui est situé en amont de la chambre de combustion et qui est entraîné en rotation par l'arbre haute pression, le procédé comprenant l'étape suivante: surveillance du compresseur haute pression en déterminant un paramètre de pompage du compresseur haute pression, l'étape d'injection de puissance mécanique sur l'arbre haute pression étant réalisée si le paramètre de pompage du compresseur haute pression atteint une valeur seuil.

Selon un deuxième aspect, l'invention concerne une turbomachine pour aéronef comprenant :

- une turbine haute pression qui est située en aval d'une chambre de combustion et qui est reliée à un arbre haute pression ;
- une turbine basse pression qui est située en aval de la turbine haute pression et qui est reliée à un arbre basse pression ;
- un dispositif d'injection de puissance mécanique sur l'arbre haute pression ;
- un dispositif de prélèvement de puissance mécanique sur l'arbre haute pression ;
- un système de contrôle qui est relié au dispositif d'injection et au dispositif de prélèvement, le système de contrôle étant configuré pour mettre en œuvre le procédé de régulation d'accélération de la turbomachine selon l'une quelconque des caractéristiques précédentes.

Selon une caractéristique possible, le dispositif d'injection est une première machine électrique configurée pour fonctionner en mode moteur électrique, et le dispositif de prélèvement est la première machine électrique configurée pour fonctionner en mode générateur électrique.

Selon une caractéristique possible, la turbomachine comprend une deuxième machine électrique qui est reliée à l'arbre basse pression et qui est configurée pour fonctionner en mode moteur électrique et injecter de la puissance mécanique sur l'arbre basse pression.

Selon une caractéristique possible, la deuxième machine électrique est configurée pour fonctionner en mode générateur électrique et prélever de la puissance mécanique sur l'arbre basse pression.

5 Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif.

[Fig. 1] La figure 1 représente schématiquement une turbomachine pour aéronef
10 selon un premier mode de réalisation.

[Fig. 2] La figure 2 représente schématiquement une turbomachine pour aéronef selon un deuxième mode de réalisation.

[Fig. 3] La figure 3 représente schématiquement des étapes d'un procédé de régulation d'accélération d'une turbomachine.

15

Description des modes de réalisation

La figure 1 illustre schématiquement une turbomachine 1 d'aéronef à double corps et double flux comprenant, de l'amont vers l'aval, dans le sens d'écoulement du flux d'air, une soufflante 2, un compresseur basse pression (BP) 3, un compresseur
20 haute pression (HP) 4, une chambre de combustion 5, une turbine haute pression (HP) 6, et une turbine basse pression (BP) 7.

La turbine haute pression 6 est reliée au compresseur haute pression 4 par un arbre haute pression 8, et la turbine basse pression 7 est reliée au compresseur basse pression 3 et à la soufflante 2 par un arbre basse pression 9.

25 En outre, comme cela est illustré sur les figures 1 et 2, la turbomachine 1 peut comprendre un réducteur R qui relie la soufflante 2 à l'arbre basse pression 9, le réducteur R permettant ainsi de découpler les vitesses de rotation de la soufflante 2 et de la turbine basse pression 9. Cependant, l'invention peut également être utilisée pour une turbomachine 1 dans laquelle la soufflante 2 est directement reliée à l'arbre
30 basse pression 3 et est ainsi directement couplée à la turbine basse pression 7.

L'invention est toutefois plus avantageuse lorsque la turbomachine 1 comprend un réducteur R, la Demanderesse s'étant en effet aperçue que l'inertie du corps basse pression est augmentée lorsque la turbomachine 1 comprend le réducteur R.

La turbomachine 1 comprend une première machine électrique 11 qui est reliée à l'arbre haute pression 8. La première machine électrique 11 est une machine réversible qui est configurée pour d'une part fonctionner en mode générateur électrique et ainsi prélever de la puissance mécanique sur l'arbre haute pression 8, et d'autre part pour fonctionner en mode moteur électrique et ainsi injecter de la puissance électrique sur l'arbre haute pression 8. Selon une autre variante possible, la première machine électrique 11 est un générateur électrique et n'est pas réversible, ladite première machine électrique 11 ne pouvant pas fonctionner en tant que moteur électrique dans cette variante.

Comme illustré sur la figure 2, la turbomachine 1 peut comprendre une deuxième machine électrique 12 qui est reliée à l'arbre basse pression 9. La deuxième machine électrique 12 peut être un moteur électrique qui est configuré pour injecter de la puissance mécanique sur l'arbre basse pression 9. La deuxième machine électrique peut être une machine réversible qui est configurée pour d'une part fonctionner en mode générateur électrique et ainsi prélever de la puissance mécanique sur l'arbre basse pression 9, et d'autre part pour fonctionner en mode moteur électrique et ainsi injecter de la puissance mécanique sur l'arbre basse pression 9. Selon une autre variante possible, la deuxième machine électrique 12 est un moteur électrique et n'est pas réversible, ladite deuxième machine électrique 12 ne pouvant pas fonctionner en tant que générateur électrique dans cette variante.

La turbomachine 1 comprend un système de contrôle 13 qui est relié à la première machine électrique 11 et à la deuxième machine électrique 12. Le système de contrôle 13 est configuré pour mettre en œuvre un procédé de régulation d'accélération de la turbomachine 1 afin de réduire le temps pris par ladite turbomachine 1 pour accélérer. Autrement dit, le procédé mis en œuvre par le système de contrôle 13 permet de réduire le délai entre l'instruction d'accélération et le moment où la turbomachine 1 génère la poussée cible. Le procédé permet notamment de réduire le délai pour atteindre la poussée de décollage.

Le procédé de régulation d'accélération de la turbomachine 1 mis en œuvre par le système de contrôle 13 comprend les étapes suivantes :

- Injection 100 de puissance mécanique sur l'arbre haute pression 8 jusqu'à ce qu'un régime de l'arbre haute pression 8 atteigne une valeur cible, puis
- 5 - Prélèvement 200 de puissance mécanique sur l'arbre haute pression 8 de sorte à maintenir le régime à la valeur cible par la première machine électrique 11.

La première machine électrique 11, fonctionnant en mode moteur électrique, est ainsi commandée par le système de contrôle 13 pour accélérer l'arbre haute pression 8 jusqu'à ce qu'il atteigne le régime cible. Puis, la première machine
10 électrique 11, fonctionnant en mode générateur électrique, est commandée par le système de contrôle 13 pour prélever de la puissance mécanique sur l'arbre haute pression 8 lorsque l'arbre haute pression 8 a atteint le régime cible.

La Demanderesse s'est rendue compte que brider la vitesse de rotation de l'arbre haute pression 8 lorsque le corps haute pression de la turbomachine 1 a atteint le
15 régime cible (en prélevant de la puissance mécanique sur l'arbre haute pression) permet d'accélérer la montée en régime du corps basse pression de la turbomachine 1 et ainsi permet d'obtenir la poussée cible plus rapidement. En effet, la vitesse de rotation de l'arbre haute pression 6 étant bridée, d'avantage d'énergie est transmise vers l'arbre basse pression 7.

20 Le système de contrôle 13 peut réguler l'accélération de la turbomachine en utilisant le régime corrigé de l'arbre haute pression 8. Le régime corrigé de l'arbre haute pression 8 correspond à la vitesse de rotation de l'arbre haute pression 8 qui est pondérée par la température.

Selon une variante avantageuse permettant de réduire d'avantage la durée
25 d'accélération du corps basse pression de la turbomachine 1, lorsque ledit arbre haute pression 8 a atteint le régime cible, la puissance mécanique prélevée sur l'arbre haute pression 8 est injectée sur l'arbre basse pression 9 (étape 250).

Cette variante peut être mise en œuvre par le système de contrôle 13 qui commande la première machine électrique 11 pour qu'elle fonctionne en mode
30 générateur électrique et alimente en électricité la deuxième machine électrique 12 qui fonctionne en mode moteur électrique. Un transformateur peut être disposé entre

la première machine électrique 11 et la deuxième machine électrique 12 afin d'adapter le courant électrique.

Selon une solution possible, la première machine électrique 11 est alimentée électriquement lorsqu'elle fonctionne en mode moteur électrique par une batterie 14.

- 5 Selon une autre solution possible, la première machine électrique 11 est alimentée électriquement lorsqu'elle fonctionne en mode moteur électrique par la deuxième machine électrique 12 qui fonctionne en mode générateur électrique 12, la deuxième machine électrique 12 générant de l'électricité en prélevant de la puissance mécanique sur l'arbre basse pression 9 (étape 150). La Demanderesse s'est en effet
10 rendu compte qu'il est avantageux d'assurer d'abord une accélération rapide du corps haute pression, puis du corps basse pression. Un transformateur peut être disposé entre la première machine électrique 11 et la deuxième machine électrique 12 afin d'adapter le courant électrique.

- Selon une variante possible permettant de réduire le risque de pompage du
15 compresseur haute pression 4, le système de contrôle 13 est configuré pour mettre en œuvre une étape de surveillance du compresseur haute pression 4. Cette étape de surveillance du compresseur haute pression 4 est réalisée en déterminant un paramètre de pompage du compresseur haute pression et en injectant de la puissance mécanique sur l'arbre haute pression 8 lorsque ledit paramètre de
20 pompage du compresseur haute pression 4 atteint une valeur seuil. Le pompage est le phénomène par lequel une inversion du sens d'écoulement du flux d'air se produit à cause d'une différence de pression trop importante entre l'entrée du compresseur et la sortie du compresseur.

- Le paramètre de pompage du compresseur haute pression 4 peut être déterminé à
25 partir du rapport de pression dudit compresseur haute pression 4, c'est-à-dire le rapport entre la pression en sortie du compresseur haute pression 4 et la pression en entrée dudit compresseur haute pression 4, et du débit dudit compresseur haute pression 4. La turbomachine 1 peut donc comprendre un premier capteur de pression qui est configuré pour mesurer la pression en entrée du compresseur haute
30 pression 4, ainsi qu'un second capteur de pression qui est configuré pour mesurer la pression en sortie du compresseur haute pression 4, le premier capteur de pression et le second capteur de pression étant reliés au système de contrôle 13. La

turbomachine peut également comprendre un débitmètre qui est configuré pour mesurer le débit d'air dans le compresseur haute pression 4, ledit débitmètre étant relié au système de contrôle 13.

5 Ainsi, le fait que le système de contrôle 13 soit configuré pour surveiller l'évolution du paramètre de pompage et commander l'injection de puissance mécanique sur le compresseur haute pression 4 lorsque la valeur du paramètre de pompage indique qu'un phénomène de pompage est susceptible de se produire, permet de réduire le risque de pompage.

10 Cette étape de surveillance du compresseur haute pression 4 est réalisée tout au long du procédé et simultanément avec les autres étapes. Lorsque de la puissance mécanique est injectée sur le compresseur haute pression 4 car le paramètre de pompage dudit compresseur haute pression 4 a atteint la valeur seuil, le bridage de la vitesse de l'arbre haute pression 8 est temporairement arrêté le temps que le paramètre de pompage repasse en dessous de la valeur seuil.

15

20

25

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de régulation d'une accélération d'une turbomachine (1), la turbomachine (1) comprenant une chambre de combustion (5), une turbine haute pression (6) située en aval de la chambre de combustion (5) et qui entraîne en rotation un arbre haute pression (8), et une turbine basse pression (7) située en aval de la turbine haute pression (6) et qui entraîne en rotation un arbre basse pression (9), caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes :
- Injection (100) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression (8) jusqu'à ce qu'un régime de l'arbre haute pression (8) atteigne une valeur cible, puis
 - Prélèvement (200) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression (8) de sorte à maintenir le régime à la valeur cible.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape de prélèvement (200) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression (8) est réalisée par l'intermédiaire d'une première machine électrique (11) en mode générateur électrique.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, dans lequel l'étape d'injection (100) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression (8) est réalisée par la première machine électrique (11) en mode moteur électrique.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant l'étape suivante, réalisée en parallèle de l'étape de prélèvement (200) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression (8) : injection (250) de puissance mécanique sur l'arbre basse pression (9).

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le procédé comprend l'étape suivante, réalisée en parallèle de l'étape d'injection (100) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression (8) : prélèvement (150) de puissance mécanique sur l'arbre basse pression (9).

5

[Revendication 6] Procédé selon les revendications 4 et 5, dans lequel l'étape d'injection (250) de puissance mécanique sur l'arbre basse pression (9) est réalisée par une deuxième machine électrique (12) en mode moteur électrique, et l'étape de prélèvement (150) de puissance mécanique sur l'arbre basse pression (9) est
10 réalisée par ladite deuxième machine électrique (12) en mode générateur électrique.

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la turbomachine (1) comprend un compresseur haute pression (4) qui est situé en amont de la chambre de combustion (5) et qui est entraîné en rotation par
15 l'arbre haute pression (8), le procédé comprenant l'étape suivante : surveillance du compresseur haute pression (4) en déterminant un paramètre de pompage du compresseur haute pression (4), l'étape d'injection (100) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression (8) étant réalisée si le paramètre de pompage du compresseur haute pression (4) atteint une valeur seuil.

20

[Revendication 8] Turbomachine (1) pour aéronef comprenant :

- une turbine haute pression (6) qui est située en aval d'une chambre de combustion (5) et qui est reliée à un arbre haute pression (8) ;
- une turbine basse pression (7) qui est située en aval de la turbine haute
25 pression (6) et qui est reliée à un arbre basse pression (9) ;
- un dispositif d'injection (11) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression (8) ;
- un dispositif de prélèvement (11) de puissance mécanique sur l'arbre haute pression (8) ;

- un système de contrôle (13) qui est relié au dispositif d'injection (11) et au dispositif de prélèvement (11), le système de contrôle (13) étant configuré pour mettre en œuvre le procédé de régulation d'accélération de la turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

5

[Revendication 9] Turbomachine (1) selon la revendication 8, dans laquelle le dispositif d'injection (11) est une première machine électrique (11) configurée pour fonctionner en mode moteur électrique, et le dispositif de prélèvement (11) est la première machine électrique (11) configurée pour fonctionner en mode générateur électrique.

10

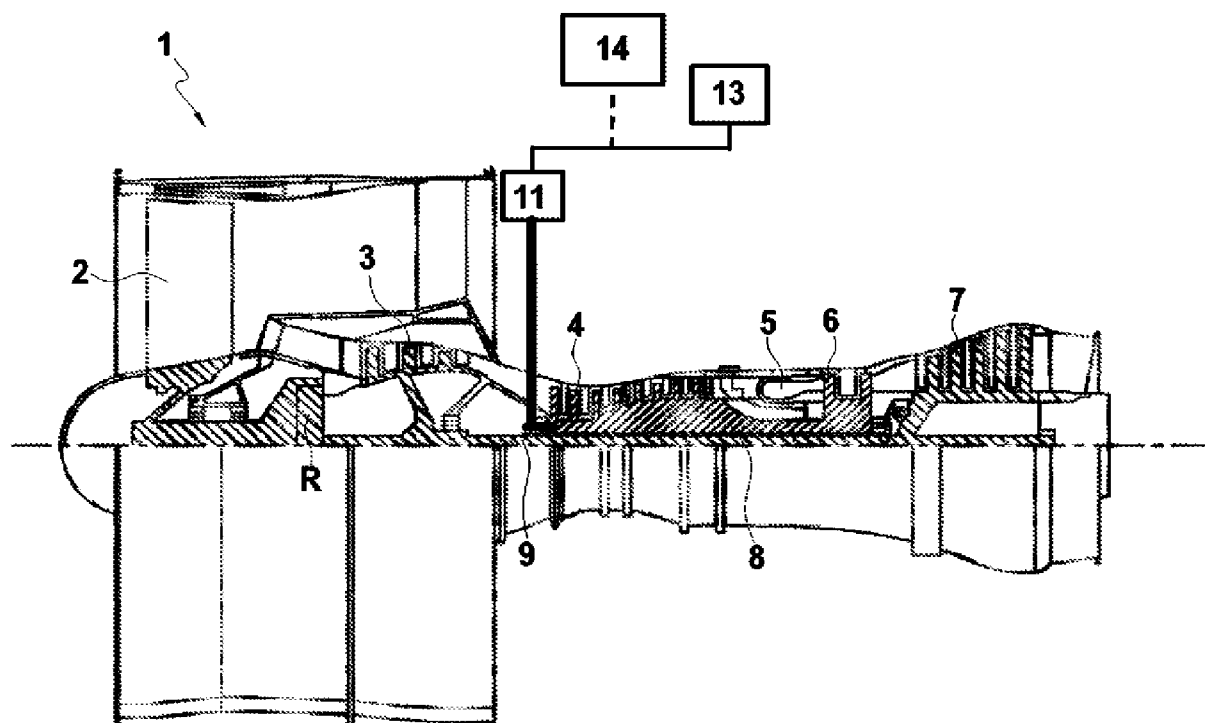
[Revendication 10] Turbomachine (1) selon l'une quelconque des revendications 8 à 9, dans laquelle la turbomachine comprend une deuxième machine électrique (12) qui est reliée à l'arbre basse pression (9) et qui est configurée pour fonctionner en mode moteur électrique et injecter de la puissance mécanique sur l'arbre basse pression (9).

15

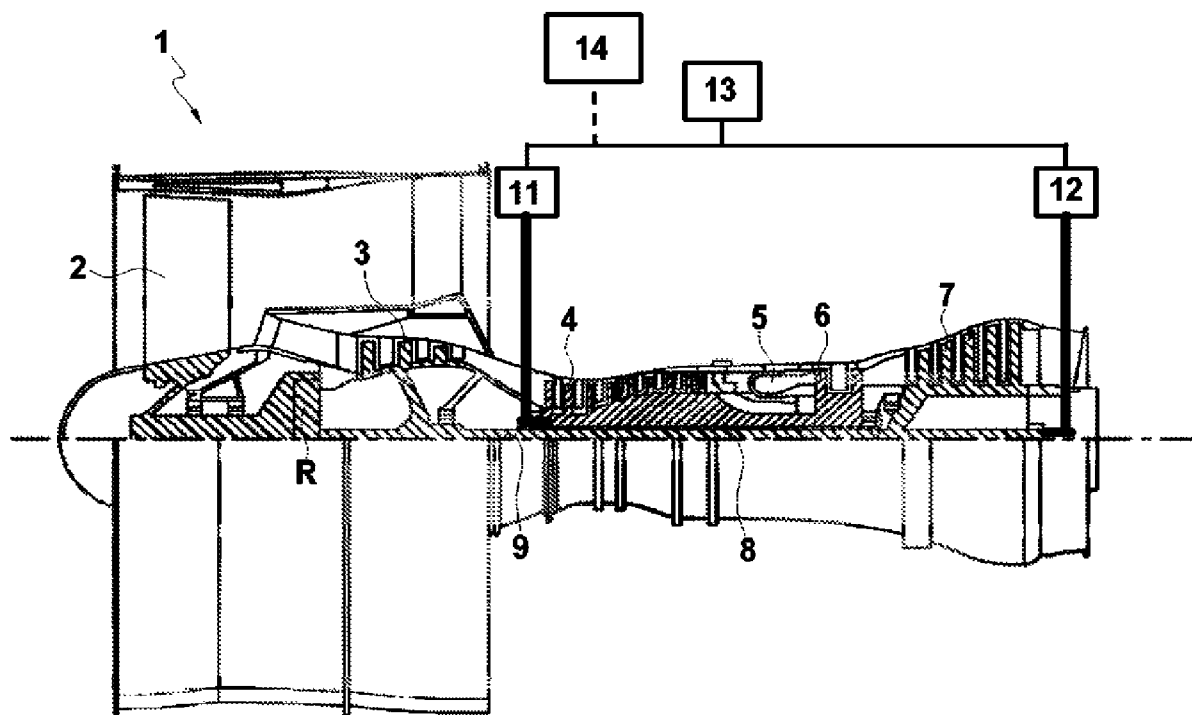
[Revendication 11] Turbomachine (1) selon la revendication 10, dans laquelle la deuxième machine électrique (12) est configurée pour fonctionner en mode générateur électrique et prélever de la puissance mécanique sur l'arbre basse pression (9).

20

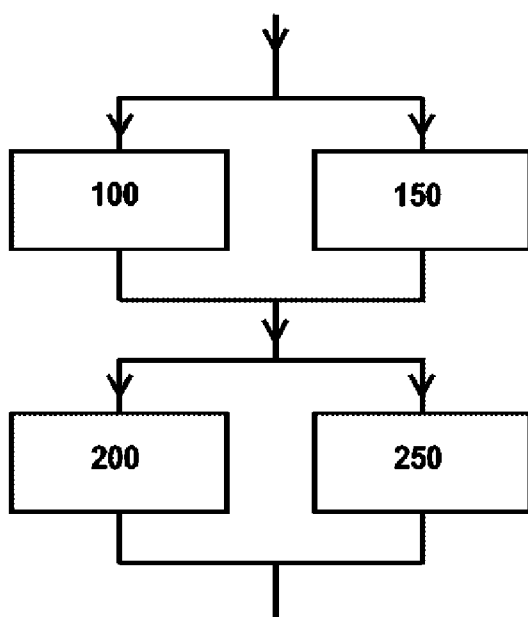
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 3]

