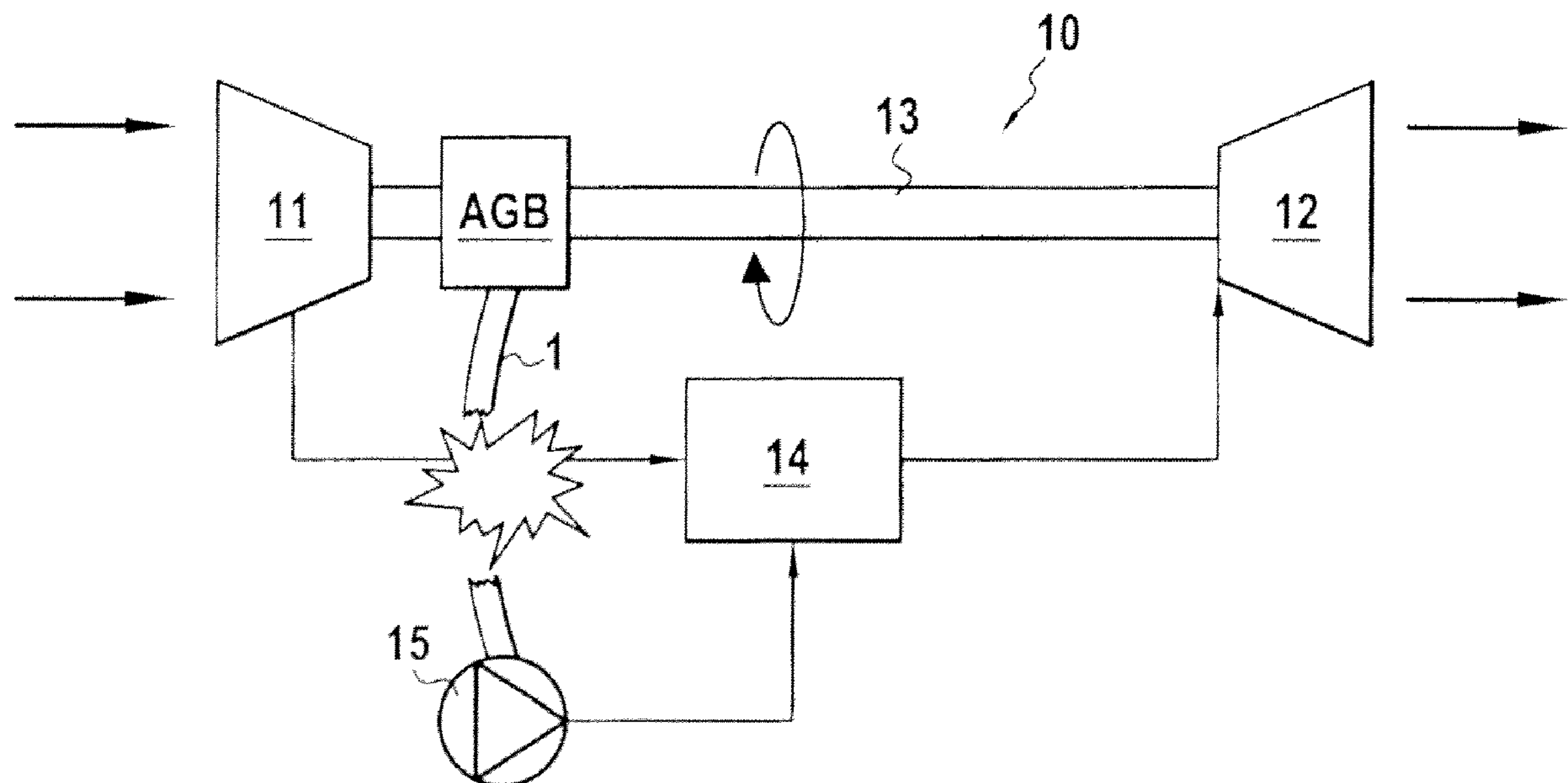




(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2012/01/03
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2012/07/12
(45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2018/12/04
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2013/06/26
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2012/050001
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2012/093228
(30) **Priorité/Priority:** 2011/01/05 (FR1150066)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. *F16D 9/04*** (2006.01),
F01D 21/02 (2006.01)
(72) **Inventeur/Inventor:**
BATLLE, FREDERIC FERDINAND JACQUES, FR
(73) **Propriétaire/Owner:**
TURBOMECA, FR
(74) **Agent:** LAVERY, DE BILLY, LLP

(54) **Titre : DISPOSITIF ET PROCEDE DE PROTECTION MECANIQUE**
(54) **Title: MECHANICAL PROTECTION METHOD AND DEVICE**



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne le domaine des dispositifs et procédés de protection mécanique, et en particulier un dispositif de protection mécanique comportant un arbre de transmission (1) avec une fréquence de résonance en flexion correspondant à une survitesse de rotation prédéterminée de l'arbre de transmission (1), insuffisamment amorti pour éviter une rupture de l'arbre de transmission (1) suite à ladite résonance en flexion, et un procédé de protection mécanique, comportant la rupture de l'arbre de transmission (1) par cette résonance en flexion.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale

WO 2012/093228 A1(51) Classification internationale des brevets :
F16D 9/04 (2006.01) *F01D 21/02* (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/050001(22) Date de dépôt international :
3 janvier 2012 (03.01.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1150066 5 janvier 2011 (05.01.2011) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **TUR-BOMECA** [FR/FR]; F-64510 Bordes (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **BATLLE, Frédéric, Ferdinand, Jacques** [FR/FR]; 3 impasse Clairefontaine, F-64140 Lons (FR).(74) Mandataires : **INTES, Didier** et al.; Cabinet BEAU DE LOMENIE, 158 rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : MECHANICAL PROTECTION METHOD AND DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCÉDE DE PROTECTION MECANIQUE.

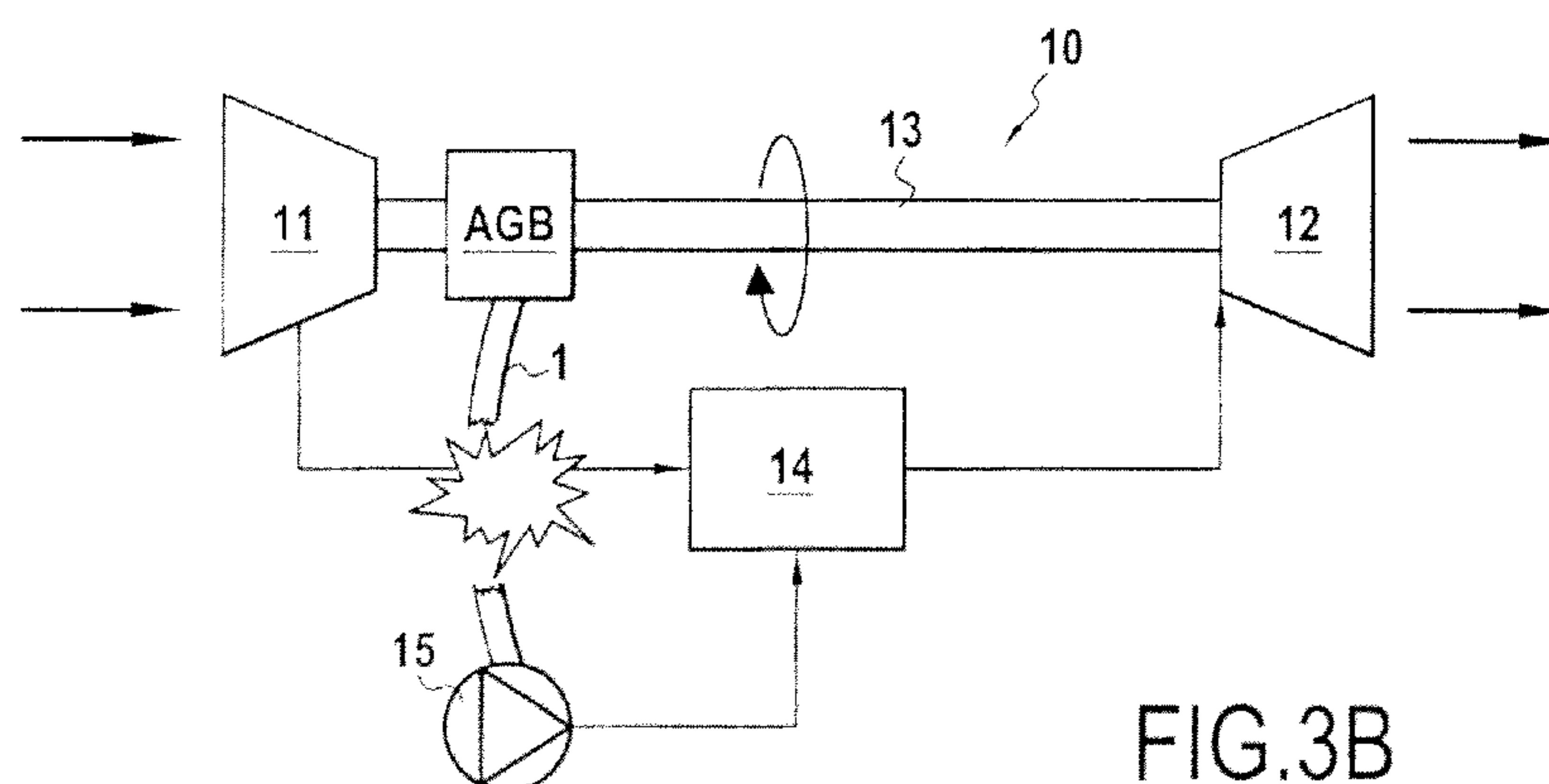


FIG.3B

(57) Abstract : The invention relates to the field of mechanical protection methods and devices, and in particular relates to a mechanical protection device comprising a transmission shaft (1) with a resonant frequency in bending that corresponds to a predetermined overspeed in the rotation of the transmission shaft (1) that is not damped enough to avoid breakage of the transmission shaft (1) as a result of said bending resonance, and to a mechanical protection method involving the breakage of the transmission shaft (1) as a result of this bending resonance.

(57) Abrégé : L'invention concerne le domaine des dispositifs et procédés de protection mécanique, et en particulier un dispositif de protection mécanique comportant un arbre de transmission (1) avec une fréquence de résonance en flexion correspondant à une sur-vitesse de rotation prédéterminée de l'arbre de transmission (1), insuffisamment amorti pour éviter une rupture de l'arbre de transmission (1) suite à ladite résonance en flexion, et un procédé de protection mécanique, comportant la rupture de l'arbre de transmission (1) par cette résonance en flexion.

DISPOSITIF ET PROCEDE DE PROTECTION MECANIQUE

La présente invention concerne un dispositif de protection mécanique, et en particulier un dispositif de protection mécanique contre
5 une survitesse.

Afin de protéger des dispositifs contre les surcharges mécaniques, la personne du métier a longtemps connu des dispositifs de protection dans lesquels un élément d'une chaîne de transmission mécanique est sacrifié
10 en cas de surcharge, de manière à éviter des dommages plus graves en aval de cette chaîne. Dans la plupart des cas, ces dispositifs sont destinés à offrir une protection contre les forces ou couples excessifs. Par exemple, les brevets américains US 4,313,712 et US 6,042,292 divulguent des dispositifs de protection mécanique contre des efforts radiaux excessifs
15 sur des arbres rotatifs. Toutefois, ces dispositifs sacrificiels connus présentent l'inconvénient de ne pas servir comme protection contre les survitesses. Or, dans beaucoup de situations, une survitesse peut causer autant ou plus de dommage qu'une force ou couple excessifs. En particulier, dans certaines machines comme par exemple les
20 turbomoteurs, une survitesse peut causer un phénomène de retour positif, provoquant une augmentation progressive de la vitesse jusqu'à la destruction de la machine.

Dans la demande internationale de brevet WO 2008/101876, un
25 dispositif de protection mécanique a été divulgué comportant un arbre de transmission avec une fréquence de résonance en flexion correspondant à une survitesse de rotation prédéterminée de l'arbre de transmission. Dans ce dispositif, la résonance en flexion de l'arbre de transmission est destinée à absorber la puissance transmise en rotation par l'arbre de
30 transmission, empêchant ainsi le dépassement de cette survitesse. Ceci n'est toutefois possible que si la puissance disponible est limitée et l'amortissement de l'arbre en flexion suffit à dissiper toute la puissance disponible. Si la puissance disponible peut augmenter avec le couple de résistance, la résonance en flexion de l'arbre ne suffira pas à la
35 neutraliser.

La présente invention vise à remédier à ces inconvénients.

Ce but est atteint grâce au fait que l'amortissement de l'arbre de transmission est insuffisant pour éviter une rupture suite à ladite
5 résonance en flexion. L'arbre de transmission forme donc un élément sacrificiel interrompant la chaîne de transmission mécanique en cas de survitesse.

Grâce à ces dispositions, il est possible d'obtenir une protection
10 effective contre une survitesse précisément prédéterminée, et ceci même lorsque la puissance transmise n'est pas limitée.

Avantageusement, ladite fréquence de résonance en flexion correspond à un premier mode de flexion. Ainsi, la première fréquence de
15 résonance atteinte lors d'une accélération progressive de l'arbre de transmission sera celle de rupture de l'arbre.

L'invention concerne également une machine comportant un arbre moteur, une pompe d'alimentation, en particulier une pompe
20 d'alimentation en carburant, et un dispositif de protection mécanique suivant l'invention, dans lequel l'arbre de transmission connecte l'arbre moteur à la pompe d'alimentation pour l'actionnement de la pompe d'alimentation. Ainsi, la rupture de l'arbre de transmission en cas de survitesse de l'arbre moteur interrompra l'actionnement de la pompe
25 d'alimentation, pouvant ainsi arrêter la machine.

Avantageusement, ledit arbre moteur est couplé à une turbine configurée pour être actionnée par l'expansion d'un fluide chauffé par combustion du carburant fourni par la pompe d'alimentation. Ainsi, en cas
30 de survitesse de la turbine, et donc de l'arbre moteur et de l'arbre de transmission, la rupture de l'arbre de transmission interrompra l'alimentation en carburant de la machine, provoquant l'arrêt de la turbine. La combustion peut être interne ou externe. Ainsi, la turbine peut être une turbine à gaz actionnée directement par les gaz de combustion du
35 carburant, ou une turbine à vapeur actionnée par un fluide chauffé indirectement par la combustion du carburant.

L'invention concerne également un véhicule, en particulier un aéronef, comportant une machine suivant l'invention. Par exemple, la machine peut être un turbomoteur d'aéronef à voilure tournante.

5

L'invention concerne également le procédé de protection mécanique comportant la rupture d'un arbre de transmission par une résonance en flexion de cet arbre à une survitesse de rotation prédéterminée.

10

L'invention sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux, à la lecture de la description détaillée qui suit, d'un mode de réalisation représenté à titre d'exemple non limitatif. La description se réfère aux dessins annexés sur lesquels :

- 15 – la figure 1 est une illustration d'un modèle d'un arbre de transmission d'un dispositif de protection mécanique suivant un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est un diagramme de Campbell de l'arbre de transmission de la figure 1 ;
- la figure 3a est une illustration schématique d'un turbomoteur comportant le dispositif de protection mécanique de la figure 1 ;
- 20 et
- la figure 3b est une illustration schématique du turbomoteur de la figure 3a lors de la rupture de l'arbre de transmission du dispositif de protection mécanique.

25

Un modèle d'un arbre de transmission 1 pour un dispositif de protection mécanique suivant un mode de réalisation de l'invention est illustré sur la figure 1. Cet arbre de transmission 1 est modélisé en tant que rotor de Jeffcott, comportant un tronc 1a et un disc central 1b solidaires l'un de l'autre et soutenus par des paliers élastiques 2,3 et 4. Le tronc 1a est lui-même élastique. L'arbre de transmission 1 est donc un système dynamique présentant plusieurs fréquences de résonance, dont des résonances en flexion entre les paliers 2,3 et 4. Chaque mode de flexion de l'arbre de transmission 1 présente deux fréquences de résonance, une fréquence de résonance en précession directe (en anglais « forward whirl », ou FW) et une fréquence de résonance en précession

30

35

inverse (en anglais, « backward whirl » ou BW). Ces deux fréquences suivent chacune une courbe en fonction de la vitesse de rotation de l'arbre de transmission 1. Des courbes FW et BW de, respectivement, la fréquence de résonance du premier mode de flexion en précession directe, et la fréquence de résonance du premier mode de flexion en précession inverse, sont illustrées sur la figure 2, en fonction de la vitesse de rotation de l'arbre 1. Sur le même graphique, la ligne droite I illustre une fréquence influente f_r correspondant à la vitesse de rotation Ω de l'arbre 1. Principalement à cause de balourds, des forces sont exercées, même inadvertemment, sur l'arbre en rotation suivant cette fréquence f_r . Les modes de flexion en précession inverse ne peuvent pas être excités par des balourds. Par contre, lorsque la fréquence influente f_r coïncide avec une fréquence de résonance en précession directe, c'est-à-dire, dans le graphique de la figure 2, à la vitesse de rotation critique Ω_{FW} , l'arbre 1 entre en résonance. Bien qu'un arbre de transmission 1 réel puisse présenter un certain amortissement inhérent, cet amortissement inhérent est très limité et ne suffit normalement pas à dissiper l'énergie des vibrations induites dans l'arbre 1 à ces vitesses de rotation. L'amplitude des vibrations de l'arbre 1 en flexion va donc diverger jusqu'à rupture de l'arbre 1.

Dans le dispositif de protection mécanique illustré, l'arbre 1 est calibré de manière à ce que la vitesse de rotation critique Ω_{FW} en précession directe du premier mode de flexion corresponde à une survitesse prédéterminée, telle que, par exemple, 120 % d'une vitesse de rotation nominale Ω_n de l'arbre 1. Ainsi, si l'arbre de transmission 1 atteint cette survitesse Ω_{FW} , la survitesse provoquera une résonance catastrophique de l'arbre de transmission 1, rompant l'arbre de transmission 1 et interrompant ainsi la chaîne de transmission.

30

L'arbre de transmission 1 fonctionne ainsi comme organe sacrificiel de protection mécanique, non pas contre un excès de force ou de couple, mais contre un excès de vitesse. Un exemple d'application d'un tel dispositif de protection mécanique contre les survitesses est illustré sur la figure 3a. Dans cet exemple, un dispositif suivant l'invention est utilisé pour protéger un turbomoteur 10 contre une survitesse. Ce turbomoteur

35

10 comporte un compresseur 11 et une turbine 12, reliés par un arbre
moteur 13, et une chambre de combustion 14 alimentée en carburant par
une pompe d'alimentation 15. L'air comprimé par le compresseur 12 est
fourni à cette chambre de combustion 14, et la détente des gaz de
combustion chauds dans la turbine 12 sert à actionner l'arbre moteur 13
avec un important surplus de puissance par rapport à celle requise pour
actionner le compresseur 11. L'arbre moteur 13 peut ainsi être relié à
d'autres dispositifs mécaniques pour leur actionnement, comme, par
exemple, à un rotor d'hélicoptère.

10

Dans le turbomoteur 10 illustré, l'arbre de transmission 1 est couplé
à l'arbre moteur 13 à travers une boîte de vitesses pour accessoires AGB.
L'arbre de transmission 1 est aussi couplé à la pompe d'alimentation 15
pour son actionnement. De cette manière, en fonctionnement, une
puissance est dérivée de l'arbre moteur 13 à travers l'arbre de
transmission 1 pour assurer l'alimentation de la chambre de combustion
14 en carburant.

Si une survitesse prédéterminée de l'arbre moteur 13 est atteinte,
l'arbre de transmission 1 atteint sa vitesse de rotation critique Ω_{FW} et
rompt suite à la résonance en flexion. L'actionnement de la pompe
d'alimentation 15 est ainsi interrompu, et l'apport de carburant à la
chambre de combustion 14 s'arrête. N'étant plus alimenté en carburant, le
turbomoteur 10 cesse de produire une puissance d'actionnement de
l'arbre moteur 13, et l'emballement de l'arbre moteur 13 est ainsi évité.

Suivant un exemple d'application, l'arbre moteur 13 du turbomoteur
10 peut avoir une vitesse nominale de 30000 tours/minute, et le dispositif
de protection mécanique peut être réglé pour arrêter l'alimentation à une
survitesse de 120 % de la vitesse nominale, c'est-à-dire à 36000
tours/minute. Si l'arbre de transmission 1 est entraîné par l'arbre moteur
13 avec un facteur de démultiplication de 1/3, il sera donc conçu pour
rompre à une vitesse critique de 12000 tours/minute, c'est-à-dire avec une
fréquence de résonance Ω_{FW} de 200 Hz en précession directe, au premier
mode de flexion de l'arbre.

5 Quoique la présente invention ait été décrite en se référant à des exemples de réalisation spécifiques, il est évident que des différentes modifications et changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de protection mécanique comportant un arbre de transmission avec une fréquence de résonance en flexion correspondant à
5 une survitesse de rotation prédéterminée de l'arbre de transmission, dans lequel l'amortissement de l'arbre de transmission est insuffisant pour éviter une rupture de l'arbre de transmission suite à ladite résonance en flexion.
- 10 2. Dispositif de protection mécanique suivant la revendication 1, dans lequel ladite fréquence de résonance en flexion correspond à un premier mode de flexion.
- 15 3. Machine comportant un arbre moteur, une pompe d'alimentation, et un dispositif de protection mécanique suivant une quelconque des revendications 1 et 2, dans laquelle ledit arbre de transmission connecte l'arbre moteur à la pompe d'alimentation pour l'actionnement de ladite pompe d'alimentation.
- 20 4. Machine suivant la revendication 3, dans laquelle ladite pompe d'alimentation est une pompe d'alimentation en carburant.
- 25 5. Machine suivant la revendication 4, dans laquelle ledit arbre moteur est couplé à une turbine configurée pour être actionnée par l'expansion d'un fluide chauffé par combustion dudit carburant.
6. Véhicule comportant une machine suivant une quelconque des revendications 3 à 5.
- 30 7. Aéronef comportant une machine suivant une quelconque des revendications 3 à 5.
- 35 8. Procédé de protection mécanique, comportant la rupture d'un arbre de transmission par une résonance en flexion de l'arbre de transmission à une survitesse de rotation prédéterminée.

9. Procédé de protection mécanique suivant la revendication 8, dans lequel la résonance correspond à un premier mode de flexion de l'arbre de transmission.

5 10. Procédé de protection mécanique suivant une quelconque des revendications 8 à 9, dans lequel l'arbre de transmission transmet une rotation d'un arbre moteur vers une pompe d'alimentation.

10 11. Procédé de protection mécanique suivant la revendication 10, dans lequel la pompe d'alimentation alimente en carburant une combustion dont l'énergie thermique sert à faire tourner l'arbre moteur.

15 12. Procédé de protection mécanique suivant la revendication 11, dans lequel l'arbre moteur est actionné par une turbine, la turbine étant actionnée à son tour par l'expansion d'un fluide chauffé par ladite combustion.

1/2

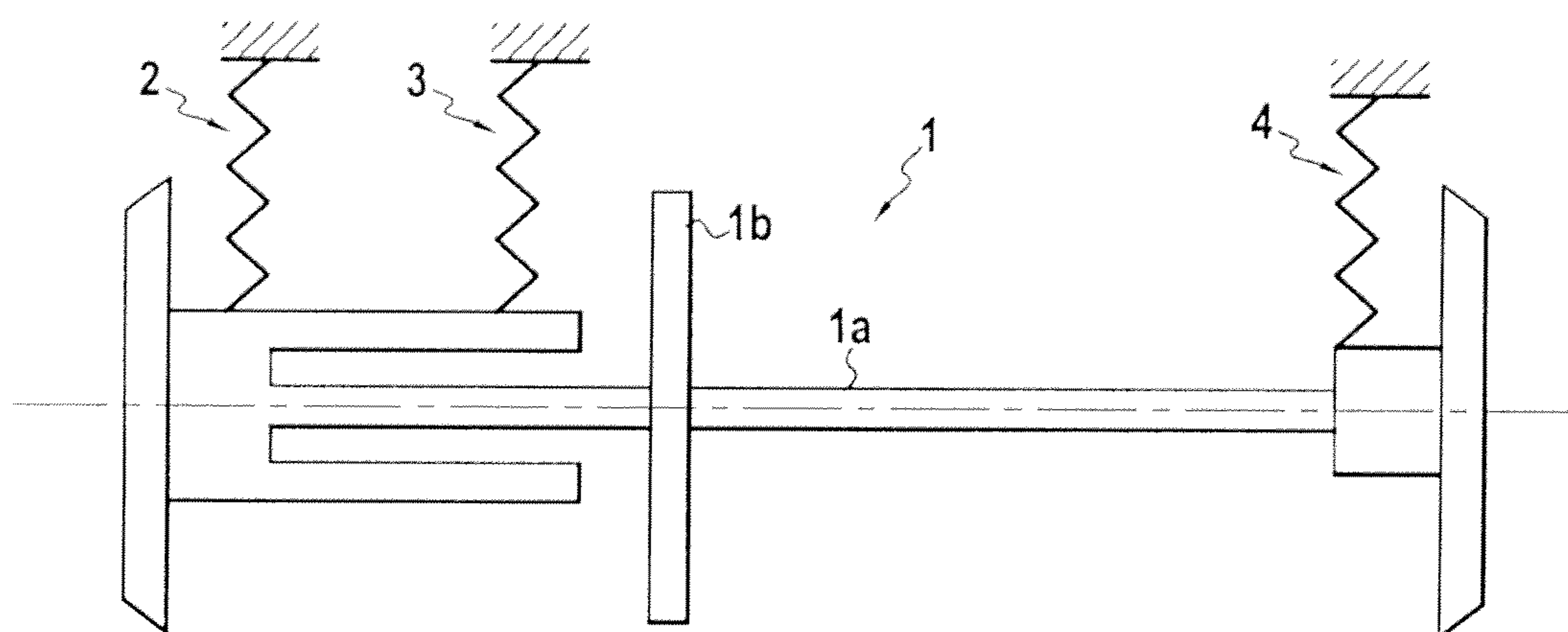


FIG.1

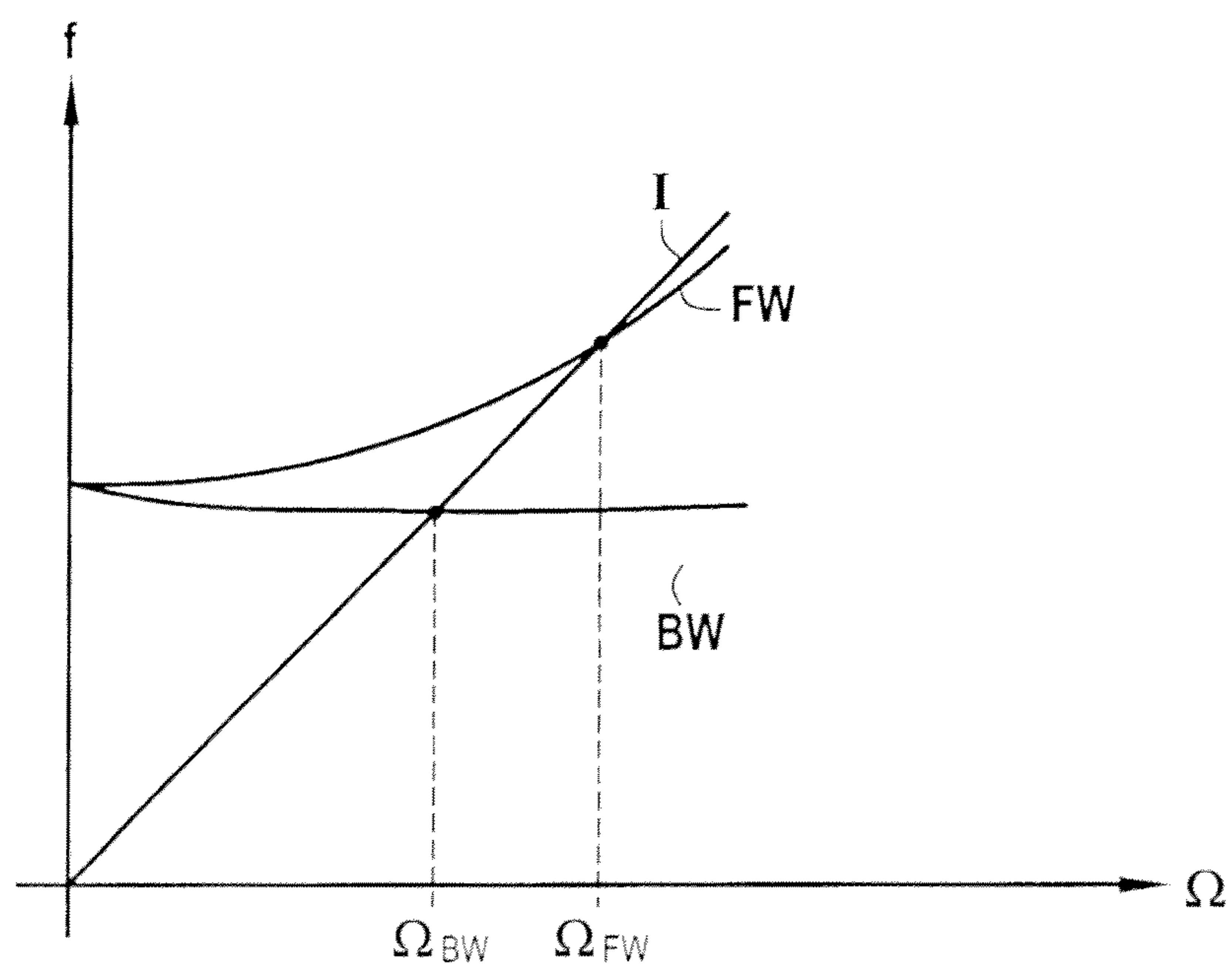


FIG.2

2/2

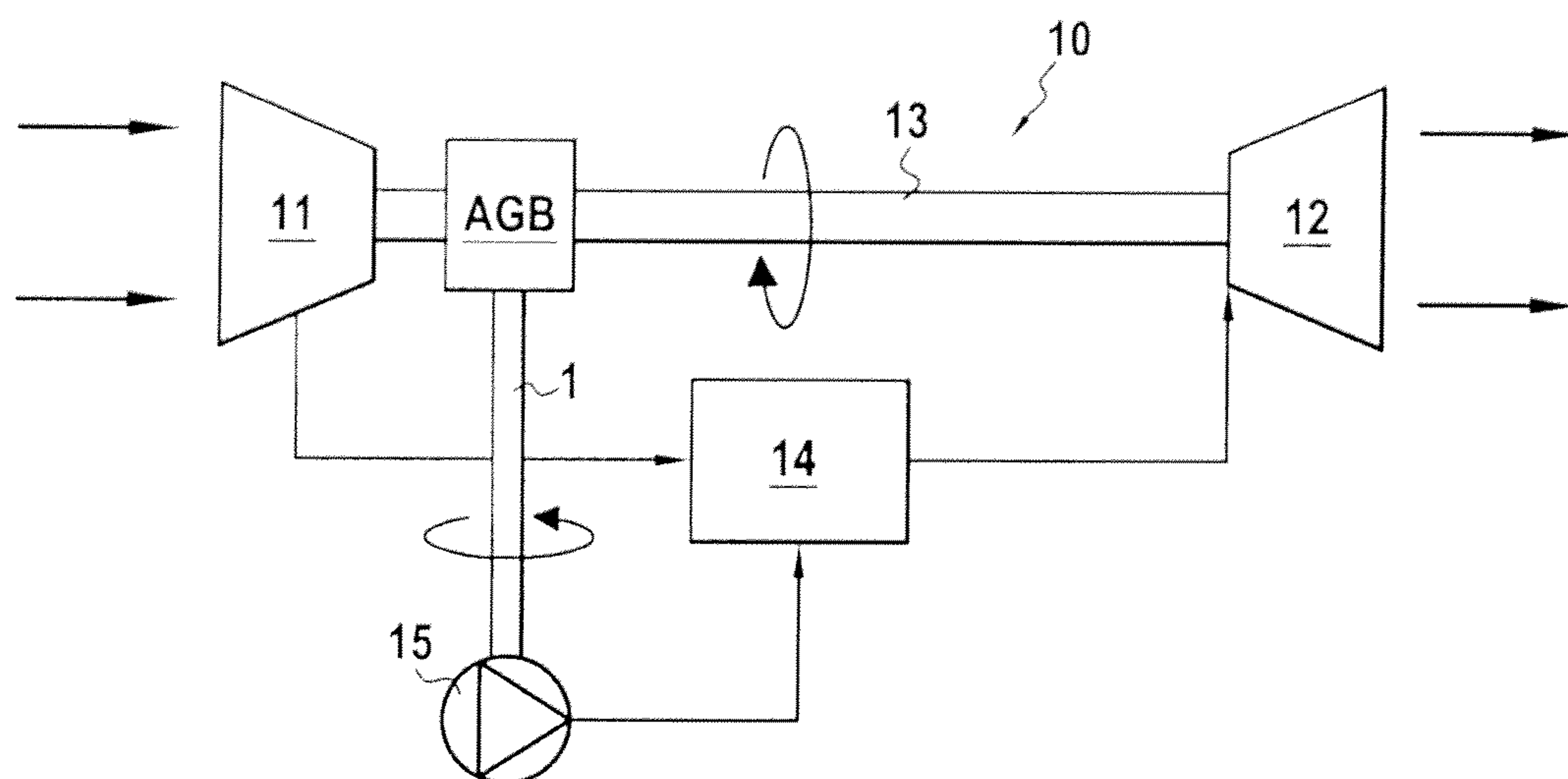


FIG.3A

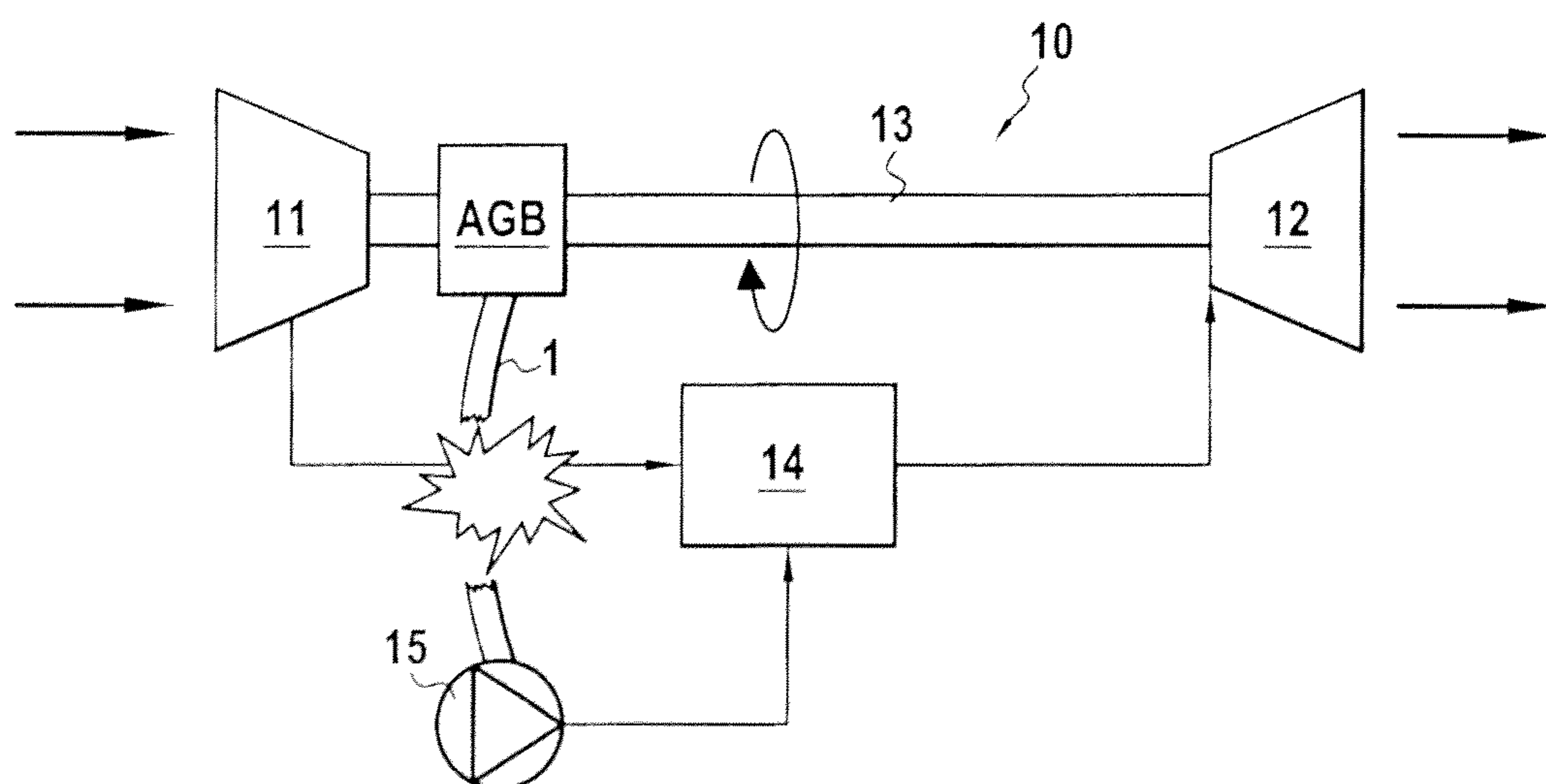


FIG.3B

