(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 086 344***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **18 58607**

(51) Int Cl[8] : ***F 02 C 9/26*** *(2019.01), F 02 C 9/28, G 01 F 7/00, F 02 C 7/22*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 21.09.18.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 27.03.20 Bulletin 20/13.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

( ) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *GE ENERGY PRODUCTS FRANCE SNC Société en nom collectif* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** CAGNE SEBASTIEN et SOLACOLU CHRISTIAN-ANGHEL.

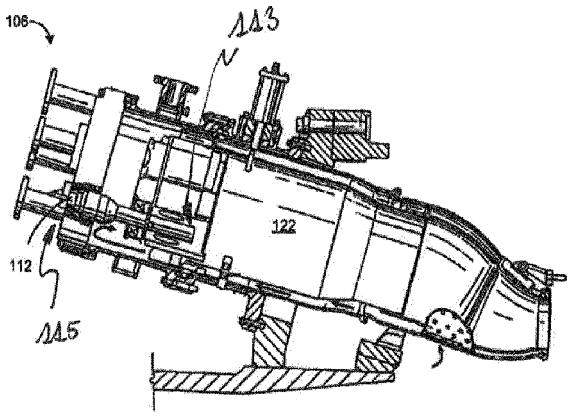
(73) **Titulaire(s) :** GE ENERGY PRODUCTS FRANCE SNC Société en nom collectif.

(74) **Mandataire(s) :** IPSILON Société par actions simplifiée.

(54) PROCEDE DE DETERMINATION DU DEBIT DE GAZ COMBUSTIBLE INJECTE A L'INTERIEUR D'UNE TURBINE A GAZ AVEC UNE OU PLUSIEURS CHAMBRES DE COMBUSTION SANS DIAPHRAGME SUPPLEMENTAIRE.

(57) L'invention concerne un procédé de détermination du débit de fluide combustible injecté à l'intérieur d'une chambre de combustion d'une turbine, le fluide combustible étant injecté à l'intérieur de la chambre de combustion au travers d'un orifice d'au moins un injecteur, le procédé comprenant :

- déterminer la section de l'orifice dudit au moins un injecteur au travers duquel le fluide combustible est injecté dans la chambre de combustion,
- déterminer la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur,
- déterminer la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur,
- déterminer le débit de fluide combustible s'écoulant au travers de l'orifice dudit au moins un injecteur en fonction de la section de l'orifice dudit au moins un injecteur, de la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur et de la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur déterminés.



FR 3 086 344 - A1

PROCEDE DE DETERMINATION DU DEBIT DE GAZ COMBUSTIBLE INJECTE A L'INTERIEUR D'UNE TURBINE A GAZ AVEC UNE OU PLUSIEURS CHAMBRES DE COMBUSTION SANS DIAPHRAGME SUPPLEMENTAIRE

La présente invention concerne un procédé pour déterminer le débit de fluide combustible injecté à l'intérieur d'une turbine à gaz avec une ou plusieurs chambres de combustion. L'invention concerne également un procédé de déclenchement d'un tel procédé de détermination.

Tel que représenté en figure 1, une turbine à gaz 100 comprend généralement une section d'admission 102, un compresseur 104, une ou plusieurs chambres de combustion 106, une turbine 108 et une section d'échappement 110. Chaque chambre de combustion 106 peut comprendre une ou plusieurs injecteur 112 de fluide combustible.

Un chemin d'écoulement peut être défini à travers la turbine à gaz 100. En fonctionnement normal, de l'air pénètre dans la turbine à gaz 100 à travers la section d'admission 102. L'air s'écoule dans le compresseur 104, ce qui comprime l'air pour former de l'air comprimé. L'air comprimé circule ensuite à travers les injecteurs 112, qui peuvent mélanger l'air comprimé avec du carburant tel que du gaz pour former un mélange combustible air-carburant. Le mélange air-carburant est injecté dans la chambre de combustion 106 pour être brûlé. Cette combustion génère des gaz chauds injectés dans la turbine 108 pour extraire l'énergie provenant des gaz chauds. Ensuite, l'échappement peut être évacué de la turbine à gaz 100 à travers la section d'échappement 110.

Le système de régulation et de protection pour les turbines à gaz de grande puissance inclut généralement une protection ou limitation lors du démarrage et avant la détection de la combustion ou de flamme. Cette protection consiste à limiter la quantité du combustible gaz non brulé, pendant l'allumage de la chambre de combustion 106, avant la détection de la flamme, qui rentre dans la turbine 100 et la chaudière de récupération, située en aval.

De manière générale la mesure du débit du fluide combustible est nécessaire pour la régulation de la turbine 100 en fonctionnement normal et aussi avant la détection de la flamme. La plupart des systèmes de mesure de

débit installés sont adaptés à la mesure a charge nominale, c'est-à-dire après l'allumage et la synchronisation de l'alternateur au réseau.

Cependant le débit du gaz avant l'allumage est considérablement inférieur par rapport au débit à charge nominale, ainsi un débitmètre pour la charge nominale aura une marge d'erreur relative trop importante pour bien estimer un faible débit comme celui nécessaire pour l'allumage. De plus, l'installation d'un deuxième débitmètre pour mesurer le débit d'allumage imposerait une perte de pression supplémentaire du combustible gaz, indésirable, dans le système de combustible.

Il est connu, notamment du document WO 99/67617 A1 d'utiliser un dispositif de mesure de débit utilisant le principe qu'un fluide s'écoulant au travers d'un orifice de restriction voit sa pression chuter d'une valeur proportionnelle au carré du débit. Si les caractéristiques du fluide et de l'orifice sont parfaitement connues, alors la perte de pression mesurée de part et d'autre de l'orifice permet d'en déduire le débit du fluide. Il s'agit de la mesure de débit par plaque à orifice.

Cette mesure permet d'en déduire directement le débit volumique instantanée. Cette chute de pression localisée au niveau du diaphragme (ou orifice de restriction) n'est pas une perte d'énergie (perte de charge) mais un transfert d'énergie « de pression » en énergie « de vitesse ».

Le document WO9967617 décrit un système de mesure de débit dans un injecteur par la chute de pression à travers d'un orifice variable.

Cette méthode de mesure nécessite l'utilisation d'un diaphragme ou orifice de restriction additionnel disposé dans le passage du fluide combustible injecté. Ceci entraine une perte de pression supplémentaire dans le circuit du fluide combustible. De plus, cette méthode est couteuse car elle nécessite un organe additionnel dédié à cette mesure de débit.

Il existe donc un besoin pour une solution de détermination du débit de fluide combustible injecté dans la chambre de combustion qui ne présenterait pas les inconvénients précités. En particulier, il existe un besoin pour une solution de détermination du débit de fluide combustible injecté dans la chambre de combustion moins couteuse dont l'intégration à la chambre de combustion et sa mise en œuvre sont facilités.

Pour cela, l'invention propose un procédé de détermination du débit de fluide combustible injecté à l'intérieur d'une chambre de combustion d'une turbine, le fluide combustible étant injecté à l'intérieur de la chambre de combustion au travers d'un orifice d'au moins un injecteur, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- déterminer la section de l'orifice dudit au moins un injecteur au travers duquel le fluide combustible est injecté dans la chambre de combustion,
- déterminer la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur,
- déterminer la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur,
- déterminer le débit de fluide combustible s'écoulant au travers de l'orifice dudit au moins un injecteur en fonction de la section de l'orifice dudit au moins un injecteur, de la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur et de la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur déterminés,
- déterminer le débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de la chambre de combustion en fonction du débit de fluide combustible s'écoulant au travers de l'orifice dudit au moins un injecteur.

Selon un mode de réalisation du procédé de détermination, la chambre de combustion comprenant une pluralité d'injecteurs, dans lequel le débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de la chambre de combustion est déterminé comme étant la somme des débits de fluide combustible s'écoulant au travers de la pluralité des injecteurs.

Selon un mode de réalisation du procédé de détermination, la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur est la pression à l'intérieur de la chambre de combustion.

Selon un mode de réalisation du procédé de détermination, le fluide combustible est du gaz.

Selon un mode de réalisation du procédé de détermination, de l'air est injecté à l'intérieur de la chambre de combustion avec le fluide combustible, cet air étant comprimé par un compresseur disposé en amont de la chambre de combustion.

Selon un mode de réalisation du procédé de détermination, la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur est déterminée en mesurant la différence de pression entre l'entrée de l'injecteur et la pression d'air en sortie du compresseur et/ou en mesurant la pression d'air en sortie du compresseur.

Selon un mode de réalisation du procédé de détermination, la détermination du débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de la chambre de combustion est réalisée avant l'allumage de la chambre de combustion.

Selon un mode de réalisation du procédé de détermination, la turbine comprenant une pluralité de chambre de combustion comprenant chacune au moins un injecteur de fluide combustible, la détermination du débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de chacune des chambres de combustion étant réalisée jusqu'à l'allumage de toutes les chambres de combustion.

L'invention propose également un procédé de déclenchement de la détermination d'un débit de fluide combustible injecté à l'intérieur d'une chambre de combustion, le fluide combustible étant injecté à l'intérieur de la chambre de combustion au travers d'un orifice d'au moins un injecteur, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- déterminer la différence entre la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur et de la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur,
- si la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur est supérieure à la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur, mettre en œuvre le procédé de détermination tel que décrit ci-avant.

La figure 1 représente schématiquement une vue en coupe partielle d'une turbine à gaz.

La figure 2 représente schématiquement une vue en coupe partielle d'une chambre de combustion de la turbine à gaz de la figure 1.

La figure 3 représente un diagramme de la turbine à gaz de la figure 1.

Tel qu'indiqué ci-avant et en correspondance avec les figures 1 et 3, la turbine à gaz 100 comprend une section d'admission 102, un compresseur 104, une ou plusieurs chambres de combustion 106, une turbine 108 et une section

d'échappement 110. Chaque chambre de combustion 106 peut comprendre un ou plusieurs injecteur 112 de fluide combustible.

Un chemin d'écoulement peut être défini à travers la turbine à gaz 100. En fonctionnement normal, de l'air pénètre dans la turbine à gaz 100 à travers la section d'admission 102. L'air s'écoule dans le compresseur 104, ce qui comprime l'air pour former de l'air comprimé. L'air comprimé circule ensuite à l'intérieur d'une conduite 105 jusqu'à arriver au niveau des injecteurs 112, qui peuvent mélanger l'air comprimé avec du carburant tel que du gaz pour former un mélange combustible air-carburant. La conduite 105 permet de mettre en communication de fluide une sortie du compresseur 104 avec la chambre de combustion 106, notamment au niveau du ou des injecteurs 112.En particulier, l'air vient se mélanger avec le gaz en aval de l'injecteur 112. Le fluide combustible injecté à l'intérieur de la chambre de combustion 106 est donc un mélange de gaz et d'air.

Les injecteurs 112 sont alimentés en gaz au moyens d'une conduite d'alimentation en gaz 107.

Le mélange air-carburant est injecté dans la chambre de combustion 106 pour être brûlé. Cette combustion génère des gaz chauds injectés dans la turbine 108 pour extraire l'énergie provenant des gaz chauds. Ensuite, l'échappement peut être évacué de la turbine à gaz 100 à travers la section d'échappement 110.

Les injecteurs 112 peuvent être parallèles les unes aux autres dans un réseau. Par exemple, les injecteur 112 peuvent être agencées autour d'une entrée de la chambre de combustion 106, par exemple dans une configuration circulaire autour d'un axe longitudinal de la chambre de combustion 106, tel que représenté sur la figure 2.

En se concentrant sur la partie du trajet d'écoulement au voisinage du réseau d'injecteurs de fluide combustible 112, une chute de pression peut être attendue sur le réseau d'injecteurs 112. En fonctionnement normal, une pression en amont du réseau d'injecteurs 112 peut dépasser une pression en aval du réseau de buses à carburant 112.

Un procédé de détermination du débit de fluide combustible injecté à l'intérieur d'une chambre de combustion d'une turbine est proposé. Le procédé

est ci-après décrit en association avec une turbine telle que la turbine a gaz 100 représentée en figures 1 à 3. De manière alternative, le procédé de détermination peut être mis en œuvre dans toute turbine comprenant au moins une chambre de combustion munie d'au moins un injecteur pour injecter un fluide combustible à l'intérieur de la chambre de combustion.

Le procédé correspond à une méthode de mesure secondaire de débit qui est adaptée à une mesure de débit avant l'allumage. La méthode n'utilise pas de diaphragme supplémentaire et donc ne produit pas de perte de charge supplémentaire.

La méthode utilise le principe de mesure de débit dans un orifice, pour cela elle considère chaque orifice d'injecteur 112 dans la chambre de combustion 106 comme un orifice de restriction. Il est ainsi possible d'estimer un débit par orifice de passage d'un injecteur et de déterminer le débit total de fluide combustible injecté dans la chambre de combustion 106 en sommant l'ensemble de ces débits estimés. En d'autres termes, le débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de la chambre de combustion 106 est déterminé comme étant la somme des débits de fluide combustible s'écoulant au travers de la pluralité des injecteurs 112.

Le procédé comprend la détermination de la section de l'orifice dudit au moins un injecteur 112 au travers duquel le fluide combustible est injecté dans la chambre de combustion 106. Chaque injecteur 112 comprend un orifice de passage du fluide combustible dont les dimensions sont connues, notamment sa section. On entend par orifice de passage, l'orifice disposé au niveau d'une extrémité 113 de l'injecteur 112 opposée à une extrémité 115 raccordée à l'alimentation en air comprimé provenant du compresseur 104. La section de l'orifice de passage est autrement appelée l'aire effective.

La pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur est également déterminée. De préférence, la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur 112 est déterminée en mesurant la différence de pression entre l'entrée de l'injecteur 112 et la pression d'air en sortie du compresseur 104 ainsi qu'en mesurant la pression d'air en sortie du compresseur 104, autrement appelée pression « PCD » (compressor discharge pressure, en anglais). En d'autres termes, la mesure de la pression PCD est

utilisée avec la mesure de pression différentielle pour déterminer la pression du gaz en amont des injecteurs 112, de manière à de calculer le débit de gaz traversant les injecteurs 112. En particulier, la pression « PCD » est mesurée dans la conduite 105.

La pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur est en outre déterminée. De préférence, la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur est la pression à l'intérieur 122 de la chambre de combustion 106. Cette pression à l'intérieur 122 de la chambre de combustion 106 est approximée en mesurant la pression de décharge du compresseur 104, autrement appelée pression « PCD ». En effet la pression à l'intérieur 122 de la chambre de combustion 106 est très proche de la pression de décharge du compresseur 104. Cette pression « PCD » est mesurée au niveau du corps de la turbine 108.

Le débit de fluide combustible s'écoulant au travers de l'orifice dudit au moins un injecteur est ensuite déterminé en fonction de la section de l'orifice dudit au moins un injecteur (ou de l'aire effective), de la pression amont et de la pression aval. Le débit de fluide combustible est déterminé selon le principe évoqué ci-avant qui indique que la pression chute d'une valeur proportionnelle au carré du débit.

Dès lors, le débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de la chambre de combustion peut être déterminé en fonction du débit de fluide combustible s'écoulant au travers de l'orifice dudit au moins un injecteur. Cette détermination ne nécessite donc pas l'ajout d'un orifice de restriction ou diaphragme additionnel pour la mesure du débit. Le procédé de détermination est ainsi simplifié et moins couteux. De plus, l'absence de diaphragme ou orifice de restriction additionnel permet d'éviter la création d'une perte de pression supplémentaire dans le circuit du fluide combustible.

De manière préférentielle, la détermination du débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de la chambre de combustion 106 est réalisée avant l'allumage de la chambre de combustion 106. En effet, cette détermination permet de déterminer la quantité du combustible gaz non brulé injecté pendant l'allumage de la chambre de combustion 106, avant la détection de la flamme,

qui rentre dans la turbine 100 et la chaudière de récupération située en aval. Ceci permet de réguler et donc de protéger la turbine à gaz.

Pour permettre une protection améliorée, la détermination du débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de chacune des chambres de combustion 106 est réalisée jusqu'à l'allumage de toutes les chambres de combustion.

Il est également proposé un procédé de déclenchement de la détermination d'un débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de la chambre de combustion 106. La différence entre la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur et la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur est d'abord déterminée. Si la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur 112 est supérieure à la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur, Le procédé de détermination tel que décrit ci-avant est mis en œuvre.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détermination du débit de fluide combustible injecté à l'intérieur d'une chambre de combustion (106) d'une turbine (100), le fluide combustible étant injecté à l'intérieur de la chambre de combustion au travers d'un orifice d'au moins un injecteur (112), le procédé comprenant les étapes suivantes :

– déterminer la section de l'orifice dudit au moins un injecteur (112) au travers duquel le fluide combustible est injecté dans la chambre de combustion (106),

– déterminer la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur (112),

– déterminer la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur (112),

– déterminer le débit de fluide combustible s'écoulant au travers de l'orifice dudit au moins un injecteur en fonction de la section de l'orifice dudit au moins un injecteur, de la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur et de la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur déterminés,

– déterminer le débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de la chambre de combustion en fonction du débit de fluide combustible s'écoulant au travers de l'orifice dudit au moins un injecteur.

2. Procédé de détermination selon la revendication 1, la chambre de combustion (106) comprenant une pluralité d'injecteurs (112), dans lequel le débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de la chambre de combustion est déterminé comme étant la somme des débits de fluide combustible s'écoulant au travers de la pluralité des injecteurs.

3. Procédé de détermination selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur (112) est la pression à l'intérieur de la chambre de combustion (106).

4. Procédé de détermination selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le fluide combustible est du gaz.

5. Procédé de détermination selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel de l'air est injecté à l'intérieur (122) de la chambre de

combustion (106) avec le fluide combustible, cet air étant comprimé par un compresseur disposé en amont de la chambre de combustion (106).

6. Procédé de détermination selon la revendication 5, dans lequel la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur est déterminée en mesurant la différence de pression entre l'entrée de l'injecteur (112) et la pression d'air en sortie du compresseur (104) et/ou en mesurant la pression d'air en sortie du compresseur (104)..

7. Procédé de détermination selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la détermination du débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de la chambre de combustion (106) est réalisée avant l'allumage de la chambre de combustion.

8. Procédé de détermination selon l'une quelconque des revendications précédentes, la turbine (100) comprenant une pluralité de chambre de combustion(106) comprenant chacune au moins un injecteur de fluide combustible, la détermination du débit de fluide combustible injecté à l'intérieur de chacune des chambres de combustion étant réalisée jusqu'à l'allumage de toutes les chambres de combustion.

9. Procédé de déclenchement de la détermination d'un débit de fluide combustible injecté à l'intérieur d'une chambre de combustion, le fluide combustible étant injecté à l'intérieur de la chambre de combustion au travers d'un orifice d'au moins un injecteur (112), le procédé comprenant les étapes suivantes :

– déterminer la différence entre la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur et de la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur,

– si la pression du fluide combustible en amont de l'orifice de l'injecteur est supérieure à la pression du fluide combustible en aval de l'orifice de l'injecteur, mettre en œuvre le procédé de détermination selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

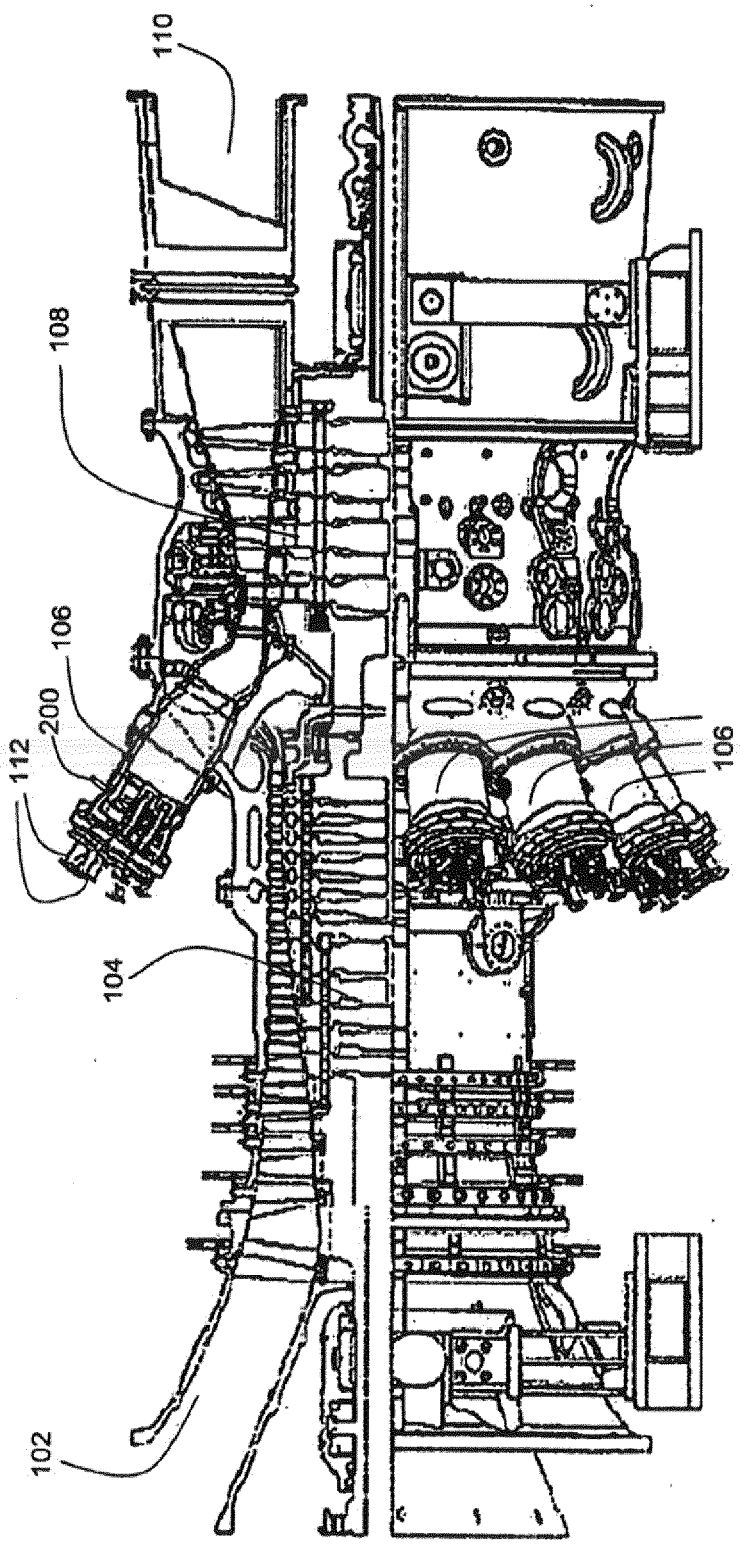


FIG.1

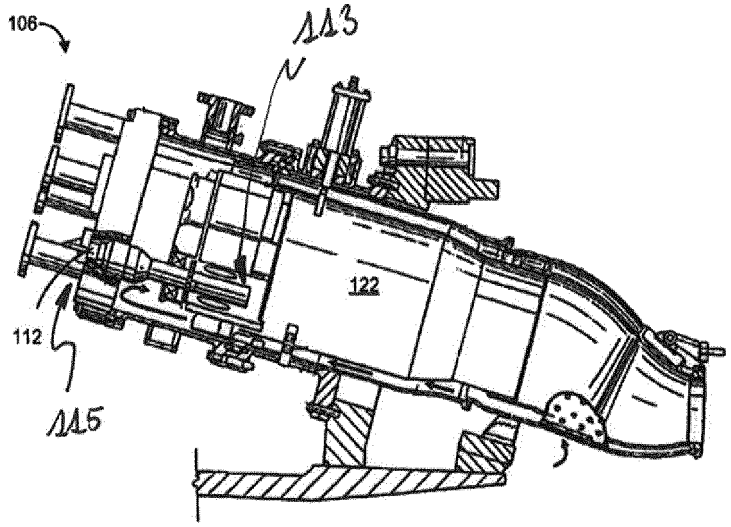


FIG.2

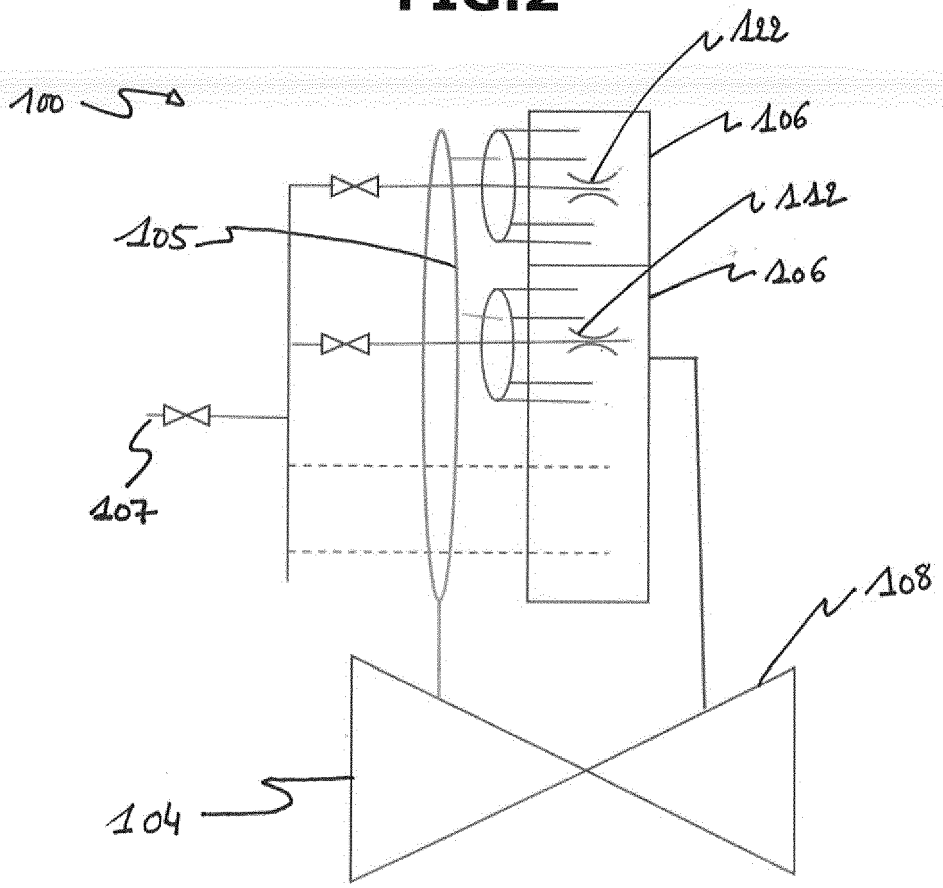


FIG.3