

①② **FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet:
26.11.86

⑤① Int. Cl. 4: **F 01 D 17/16**

②① Numéro de dépôt: **82200035.2**

②② Date de dépôt: **14.01.82**

⑤④ **Détendeur à section d'injection variable.**

③③ Priorité: **21.01.81 EP 81870007**

④③ Date de publication de la demande:
28.07.82 Bulletin 82/30

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
26.11.86 Bulletin 86/48

⑧④ Etats contractants désignés:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

⑤⑥ Documents cités:
EP-A-0 009 843
CH-A-254 459
FR-A-918 317
FR-A-2 064 617
FR-A-2 162 662
GB-A-704 351
GB-A-731 822
US-A-2 985 427
US-A-3 029 067
US-A-3 243 159
US-A-3 799 689
US-A-4 179 247

⑦③ Titulaire: **ATELIERS DE CONSTRUCTIONS**
ELECTRIQUES DE CHARLEROI (ACEC) Société
Anonyme, Avenue Lloyd George 7, B-1050
Bruxelles (BE)

⑦② Inventeur: **van Gucht, Albert, Hullekenstraat, 110,**
B-9330 Dendermonde (BE)
Inventeur: **Wattez, Raymond, Rue de Bruxelles, 31,**
B-7700 Mouscron (BE)

EP 0 056 669 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Il est de plus en plus fréquent de récupérer l'énergie de détente des gaz transportés à haute pression en entraînant divers engins électriques ou mécaniques tels que alternateur rapide, compresseur, pompe, alternateur classique avec réducteur etc.. Une récupération intéressante de la détente des gaz se fait sous forme d'énergie électrique par l'intermédiaire d'un turbo-détendeur, constitué principalement d'une ou de deux turbines centripètes montées en porte-à-faux sur l'arbre d'un alternateur à grande vitesse. Le document EP-A- 9843 se rapporte à ce type de turbine de détente associée à une génératrice de courant électrique.

Généralement l'alimentation de la roue centripète de la turbine se fait par un secteur d'injection d'ouverture constante dont les aubes directrices fixes imposent au fluide une orientation convenable.

Ces secteurs d'injection à ouverture constante ne permettent pas une récupération optimale d'énergie lorsque le débit subit des fluctuations. D'autre part, à cause des variations de débit, l'installation doit comprendre, en amont du détendeur, une vanne de réglage dont, selon la disposition classique appliquée dans presque toutes les centrales à vapeur, l'ouverture module le débit. Cette modulation du débit par vanne de réglage se fait avec perte d'énergie et affecte le rendement de l'opération de récupération par détente de fluide.

Le brevet US 3799689 montre un dispositif pour lequel le degré d'ouverture des aubes est actionné par un servo-moteur commandé lui-même par un système électrique qu'il est toujours délicat d'insérer dans une turbine hydraulique.

Le brevet FR 918317 revendique une turbo-soufflante comprenant une turbine, actionnée par les gaz d'échappement, dont les tuyères d'admission sont obturées à des degrés divers par un écran mobile, portant une denture qui coopère avec un pignon actionné par une crémaillère déplacée par un piston, coulissant à l'intérieur d'un cylindre, et soumis à des pressions d'huile variables selon la vitesse. Ces divers engrenages sont difficiles à transposer dans une application hydraulique sans prendre de sérieux risques d'avaries.

L'invention revendiquée ci-après permet de maintenir le rendement à sa valeur optimale quel que soit le débit du fluide et son application couvre aussi bien la récupération d'énergie par détente de gaz à haute pression que celle par détente de vapeur d'eau. En outre elle permet de simplifier l'installation en amont de la machine en remplaçant la vanne de réglage de débit, de coût élevé et génératrice de perte d'énergie, par une simple vanne d'arrêt. L'invention consiste essentiellement en un dispositif permettant de faire varier le secteur d'injection du fluide sans modifier sensiblement la vitesse de celui-ci même si le débit subit des fluctuations

importantes.

Ce dispositif comporte un détendeur muni d'un secteur d'injection variable dont l'ouverture se règle selon les caractéristiques du fluide véhiculé. De façon à adapter le secteur d'injection à une variation de débit, sans modifier la vitesse d'écoulement du fluide, des aubes directrices réglables, commandées par un servo-moteur dont l'action est proportionnelle au débit constaté s'orientent de manière à obtenir une section de passage adéquate.

L'invention sera exposée plus en détails à l'aide des figures suivantes.

La figure 1 est une vue générale d'un exemple de réalisation d'un secteur d'injection.

La figure 2 montre une coupe faite selon l'axe de la machine.

La figure 3 donne le détail de la disposition géométrique de quelques aubes.

La figure 4 représente la loi linéaire établie entre l'angle de rotation de la couronne de commande et la section de passage du secteur d'injection.

La figure 1 représente un secteur d'injection constitué d'aubes directrices fixes, assurant un débit minimum, et d'aubes directrices orientables pour adapter la section de passage aux variations de débit.

Dans la figure 1, un corps haute-pression 1 véhicule le fluide pour l'introduire radialement par un secteur d'injection 2 s'étendant, dans cet exemple, sur un arc d'environ 140°.

Ce secteur d'injection 2 comprend, dans la zone centrale, trois aubes directrices fixes 3, un premier groupe de quatre aubes directrices 4A, 5A, 6A, 7A orientable chacune par rotation autour d'un pivot 4P, 5P, 6P, 7P et commandée chacune par un bras 4B, 5B, 6B, 7B solidarisé à l'aube et terminé par un rouleau 4R, 5R, 6R, 7R. Ces rouleaux sont guidés par une rainure 8 pratiquée dans une couronne de commande 9 concentrique à un cylindre de décharge 10 dont l'axe coïncide avec celui de la machine.

Ce secteur d'injection 2 comprend également un second groupe à trois aubes directrices 11A, 12A, 13A orientable chacune par rotation autour d'un pivot 11P, 12P, 13P, commandé chacune par un bras 11B, 12B, 13B solidarisé à l'aube et terminé par un rouleau 11R, 12R, 13R. Ces rouleaux 11R, 12R, 13R sont guidés respectivement par les rainures 14, 15, 16 de la couronne de commande 9 qui, par l'intermédiaire d'une tringlerie 17, est actionnée par un servo-moteur non représenté. La figure 1 représente le secteur d'injection 2 dans la position correspondant au débit minimum du fluide. Celui-ci est détendu en passant à travers les trois canaux formés par les trois aubes directrices fixes 3 et l'aube directrice orientable 11A. Lorsque le débit augmente la couronne de commande 9 tourne, dans le sens des aiguilles d'une montre, d'un angle proportionnel à l'accroissement du débit et les aubes directrices orientables s'ouvrent successivement et progressivement selon la position des rouleaux sur les rampes des

rainures de guidage. Au départ de la position représentée à la figure 1, l'aube directrice orientable 4A pivote progressivement selon la progression du rouleau 4R sur la rampe 8R de la rainure 8 pratiquée dans la couronne de commande 9. Toutefois, afin d'établir une loi linéaire entre l'angle de rotation de la couronne de commande 9 et la section de passage offerte au fluide, l'aube directrice orientable 11A commence sa rotation avant l'ouverture totale de l'aube directrice orientable 4A. Selon le débit enregistré par les moyens de mesure et de commande du servo-moteur il y aura successivement ouverture des aubes orientables 4A, 11A, 5A, 12A, 6A, 13A avec, pour chacune d'elles, l'amorce du mouvement d'ouverture avant l'ouverture totale de la précédente.

La commande d'ouverture des aubes directrices orientables 4A, 5A, 6A est réalisée par la seule rampe 8R de la rainure 8 tandis que la commande d'ouverture des aubes 11A, 12A, 13A est faite par les rampes 14R, 15R, 16R appartenant respectivement aux rainures 14, 15, 16 pratiquée dans l'anneau de commande 9.

Cet anneau de commande 9 est constitué de deux plateaux co-axiaux 18, 19 de même diamètre, rendus solidaires l'un de l'autre et portant l'un 18 les rainures de guidage 8 et 15 et l'autre 19 les rainures de guidage 14 et 16.

Lorsque l'ouverture totale du secteur d'injection 2 est obtenue par pivotements successifs et progressifs des aubes directrices orientables 4A, 11A, 5A, 12A, 6A, 13A actionnées par l'anneau de commande 9 se déplaçant dans le sens des aiguilles d'une montre, il est évident que par rotation de cet anneau de commande 9 en sens inverse on obtient une fermeture partielle du secteur d'injection 2 par pivotements successifs et progressifs des aubes 13A, 6A, 12A, 5A, 11A, 4A en respectant la même loi linéaire unissant la section de passage offerte au fluide à son débit.

La même remarque prévaut pour un degré d'ouverture intermédiaire du secteur d'injection où par inversion du sens de rotation de l'anneau de commande on peut obtenir une fermeture successive et progressive des aubes directrices orientables déjà ouvertes. Le dispositif décrit permet donc d'adapter à chaque instant une ouverture convenable du secteur d'injection 2 pour conserver au fluide véhiculé une même vitesse malgré les nombreuses fluctuations du débit. Il permet ainsi de conserver un rendement optimal à l'installation quelles que soient les conditions d'alimentation du fluide. Le dispositif représenté par les figures 1 et 2 est donné à titre d'exemple de réalisation. La même invention s'applique aussi à un secteur d'injection dont le nombre d'aubes directrices fixes est différent voire même nul. Dans ce dernier cas on obtient alors un détendeur pouvant s'adapter à de très faible débit.

Dans d'autres réalisations, le secteur d'injection peut s'étendre sur un arc différent de celui représenté à la figure 1. Il est même

possible d'obtenir une injection du fluide sur une ouverture de l'ordre de 360°. Il est également possible que l'ordre d'ouverture des aubes directrices orientables se fasse selon un autre processus. Par exemple, à l'encontre de la figure 1 où l'ouverture progressive du secteur d'injection se fait par extension d'une zone centrale s'élargissant de part et d'autre d'une ouverture minimum, on peut réaliser une ouverture progressive s'étalant d'un seul côté de l'ouverture minimum.

Dans tous ces exemples d'exécution, il importe de réaliser une ouverture ne présentant pas de discontinuités susceptibles d'introduire des remous perturbant l'écoulement régulier du fluide et diminuant ainsi la quantité d'énergie récupérable.

Le processus d'ouverture précédemment décrit, la forme des aubes et leur disposition géométrique développées par la suite conduisent à ce résultat.

La figure 3 représente l'aube directrice orientable 4A en position complètement ouverte alors que l'aube directrice orientable 5A est encore complètement fermée. Dans cette figure, toutes les aubes présentent un profil aérodynamique en forme de triangle très aplati. La base de ce triangle détermine avec son grand côté une arête qui est le bord de fuite de l'aube et avec son petit côté une autre arête qui constitue le bord d'attaque de l'aube. Le sommet du triangle est arrondi selon une courbure concentrique au pivot de l'aube de façon à déterminer une plage sur laquelle peut prendre appui le bord de fuite de l'aube voisine. Cette plage, appelée zone neutre, permet à l'aube voisine de conserver la même position quelle que soit l'orientation de l'aube sur laquelle elle prend appui.

Dans l'exemple de la figure 3, l'aube directrice orientable 5A repose par son bord de fuite sur la zone neutre de l'aube directrice orientable 4A. De ce fait l'orientation de l'aube directrice orientable 4A peut varier sans pour cela modifier l'orientation de l'aube directrice orientable 5A.

Cette configuration permet de ne pas créer des ouvertures parasites, génératrices de remous qui modifient l'écoulement du fluide et réduisent le rendement de la détente de fluide.

La figure 3 fait également apparaître une implantation des pivots des aubes directrices orientables sur le corps haute-pression 1 de manière à former des canaux convergents, quel que soit le degré d'ouverture des aubes, pour permettre une détente convenable des fluides véhiculés.

Les aubes directrices orientables représentées à la figure 3 comportent deux ailes qui, comptées à partir de l'axe du pivot de l'aube, sont d'inégales grandeurs. Cette dissymétrie permet par le jeu des pressions appliquées aux différentes faces du triangle d'obtenir un couple résultant agissant toujours dans le même sens et de permettre d'une part à toute la tringlerie de travailler sans secousse et d'autre part au

rouleau, situé en bout de bras, de rester appliqué sur le même flanc de la rainure pratiquée dans l'anneau de commande 9. Par exemple en se référant de nouveau à la figure 4 la résultante des forces agissant sur les différentes faces de l'aube directrice orientable 6A se traduit par un couple agissant dans le sens opposé aux aiguilles d'une montre pour appliquer le rouleau 6R sur le flanc inférieur de la rainure 8.

Dans l'exemple présenté ci-dessus le détendeur à secteur d'injection variable équipe le corps haute-pression d'une turbine centripète. Il est évident que le même dispositif peut équiper à la fois les corps haute et basse pression de cette turbine.

Dans une autre réalisation, non représentée, l'anneau de commande 9 est constitué de deux plateaux indépendants co-axiaux actionnés indépendamment ou simultanément, selon la séquence, par une tringlerie pour réaliser une ouverture ou une fermeture progressive du secteur d'injection (2).

Cette dernière disposition permet notamment de réaliser une ouverture de 0° à 360° avec une rotation réduite de l'anneau de commande 9.

Revendications

1. Turbo-détendeur comportant au moins une turbine centripète montée en porte-à-faux sur l'arbre de la machine entraînée, une canalisation amenant le fluide à pression élevée et se terminant en volute, un secteur d'injection (2) orientant le fluide vers les aubes de la turbine centripète, une canalisation d'évacuation du fluide détendu, appelée cylindre de décharge (10), une couronne de commande (9), concentrique au cylindre de décharge (10) et actionnant les aubes directrices (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) pour les incliner selon un angle déterminé,

caractérisé en ce que le turbo-détendeur comprend un secteur d'injection (2) constitué en tout ou en partie d'aubes directrices (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) orientées par des rampes de guidage (8, 14, 15, 16) coopérant avec les aubes directrices (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) de manière que l'amorce du mouvement d'une aube commence avant l'immobilisation totale de l'aube précédemment mise en mouvement pour que l'ouverture ou la fermeture du secteur d'injection (2) se fasse en respectant une loi linéaire entre l'angle de rotation et la couronne de commande (9) et la section de passage du secteur d'injection (2).

2. Turbo-détendeur selon la revendication caractérisé en ce que les aubes directrices qui le constituent ont un profil aérodynamique sous la forme générale d'un triangle très aplati dont les angles aigus adjacents à la base sont respectivement le bord d'attaque et le bord de fuite de l'aube et dont l'angle obtus situé au sommet du triangle est arrondi selon une

courbure concentrique à l'axe de rotation situé au niveau de la partie la plus massive de l'aube.

3. Turbo-détendeur selon une des revendications précédentes caractérisé en ce que les aubes directrices orientables présentent à partir de l'axe de rotation de l'aube deux ailes d'inégale longueur.

4. Turbo-détendeur selon une des revendications précédentes caractérisé en ce que la plus grande aile de l'aube directrice orientable se termine par un bord de fuite et en ce que la plus petite aile de l'aube directrice orientable se termine par un bord d'attaque.

5. Turbo-détendeur selon une des revendications précédentes caractérisé en ce que la disposition géométrique des axes de rotation des aubes directrices orientable est telle que d'une part le bord de fuite d'une aube directrice orientable (4A ou 5A) en position de fermeture complète se pose sur la partie arrondie de l'angle au sommet, dite zone neutre, de l'aube voisine fixe ou mobile (3 ou 4A) et que d'autre part la base du profil triangulaire d'une aube directrice orientable (4A ou 5A) associée au petit côté du profil triangulaire de l'aube voisine fixe ou mobile (3 ou 5A) forment un canal convergent de distribution du fluide, quel que soit le degré d'ouverture de l'une ou l'autre des aubes considérées.

6. Turbo-détendeur selon une des revendications précédentes caractérisé en ce que au moins une couronne de commande (9), concentrique au cylindre d'admission (10) et actionnée par l'intermédiaire d'une tringlerie (17) est nantie de rampes de guidage (8, 14, 15, 16) pour collaborer avec des rouleaux (4R; 5R, 6R, 7R, 11R, 12R, 13R) montés chacun au bout d'un bras (4B, 5B, 6B, 7B, 11B, 12B, 13B) rendu solidaire de l'axe de rotation (4P, 5P, 6P, 7P, 11P, 12P, 13P) de chaque aube directrice orientable (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) pour réaliser une ouverture ou une fermeture progressive du secteur d'injection (2).

7. Turbo-détendeur selon une des revendications précédentes caractérisé en ce que la couronne de commande (9) est constituée de deux plateaux (18 et 19) solidarisés entre eux et portant chacun des rampes de guidage (8, 14, 15, 16) réparties de manière à réaliser une ouverture ou une fermeture progressive du secteur d'injection (2).

8. Turbo-détendeur selon une des revendications précédentes caractérisé en ce que la couronne de commande (9) est constituée de plateaux indépendants portant chacun des rampes de guidages (8, 14, 15, 16) réparties de manière à réaliser une ouverture ou une fermeture progressive du secteur d'injection (2).

9. Turbo-détendeur selon une des revendications précédentes caractérisé en ce que un servo-moteur alimenté par le fluide véhiculé est relié à la tringlerie (17) de la couronne de commande (9) pour actionner l'ouverture ou la fermeture du secteur d'injection (2).

Patentansprüche

Turboentspanner aus mindestens einer Zentripetalturbine, die auf der Welle der angetriebenen Maschine fliegend montiert ist, einer Rohrleitung, die das unter hohem Druck stehende Fluid zuführt und in einem Spiraldiffusor endet, einem Einlaßsektor (2), der das Fluid zu den Schaufeln der Zentripetalturbine hinleitet, einer Rohrleitung zur Abführung des entspannten Fluids, die Entlastungszylinder (10) genannt wird, einem Steuerkranz (9), der konzentrisch zu dem Entlastungszylinder (10) ist und die Leitschaufeln (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) betätigt, um sie entsprechend einem bestimmten Winkel zu neigen,

dadurch gekennzeichnet, daß der Turboentspanner einen Einlaßsektor (2) aufweist, der ganz oder teilweise aus Leitschaufeln (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) besteht, die durch Führungsrampen (8, 14, 15, 16) ausgerichtet werden, die mit den Leitschaufeln (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) so zusammenwirken, daß die Bewegung einer Schaufel beginnt, bevor die zuvor bewegte Schaufel vollständig angehalten wurde, damit die Öffnung oder die Schließung des Einlaßsektors (2) unter Einhaltung eines linearen Gesetzes zwischen dem Drehwinkel des Steuerkranzes (9) und dem Durchlaßquerschnitt des Einlaßsektors (2) erfolgt.

2. Turboentspanner gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß seine Leitschaukel ein aerodynamisches Profil aufweisen, das die allgemeine Form eines stark abgeflachten Dreiecks hat, dessen an die Grundlinie angrenzende spitze Winkel die Vorderkante beziehungsweise die Leckkante bilden, und dessen an der Spitze des Dreiecks gelegener stumpfer Winkel entsprechend einer Krümmung verrundet ist, die konzentrisch zu der in dem dicksten Bereich der Schaufel gelegenen Drehachse ist.

3. Turboentspanner gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die verstellbaren Leitschaufeln ab der Drehachse der Schaufel zwei Flügel von ungleicher Länge aufweisen.

4. Turboentspanner gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der größere Flügel der verstellbaren Leitschaukel am Ende eine Leckkante aufweist, und daß der kleinere Flügel der verstellbaren Leitschaukel am Ende eine Vorderkante aufweist.

5. Turboentspanner gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachsen der verstellbaren Leitschaufeln eine solche geometrische Anordnung aufweisen, daß einerseits die Leckkante einer verstellbaren Leitschaukel (4A oder 5A) in der vollständig geschlossenen Position auf dem verundeten Teil des Winkels an der Spitze, der sogenannten neutralen Zone, der benachbarten festen oder beweglichen Schaufel (3 oder 4A) aufliegt, und

daß andererseits die Grundlinie des dreieckförmigen Profils einer verstellbaren Leitschaukel (4A oder 5A) in Verbindung mit der kleinen Seite des dreieckförmigen Profils der benachbarten, festen oder beweglichen Schaufel (3 oder 5A), unabhängig von dem Öffnungsgrad der einen oder der anderen der betrachteten Schaufeln, einen konvergenten Fluidverteilungskanal bildet.

6. Turboentspanner gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Steuerkranz (9), der konzentrisch zu dem Einlaßzylinder (10) ist und über ein Gestänge (17) betätigt wird, mit Führungsrampen (8, 14, 15, 16) versehen ist, um mit Rollen (4R, 5R, 6R, 7R, 11R, 12R, 13R) zusammenzuwirken, von denen jede am Ende eines Arms (4B, 5B, 6B, 7B, 11B, 12B, 13B) montiert ist, der mit der Drehachse (4P, 5P, 6P, 7P, 11P, 12P, 13P) jeder verstellbaren Leitschaukel (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) fest verbunden ist, um eine progressive Öffnung oder Schließung des Einlaßsektors (2) zu verwirklichen.

7. Turboentspanner gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerkranz (9) aus zwei Platten (18 und 19) besteht, die miteinander fest verbunden sind, und von denen jede Führungsrampen (8, 14, 15, 16) aufweist, die so verteilt sind, daß eine progressive Öffnung oder Schließung des Einlaßsektors (2) verwirklicht wird.

8. Turboentspanner gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerkranz (9) von unabhängigen Platten gebildet wird, von denen jede Führungsrampen (8, 14, 15, 16) aufweist, die so verteilt sind, daß eine progressive Öffnung oder Schließung des Einlaßsektors (2) verwirklicht wird.

9. Turboentspanner gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein durch das beförderte Fluid betätigter Servomotor mit dem Gestänge (17) des Steuerkranzes (9) verbunden ist, um die Öffnung oder die Schließung des Einlaßsektors (2) zu bewirken.

Claims

1. Turbo-expansion apparatus comprising at least one centripetal turbine mounted in overhung manner on the shaft of the driven machine, a duct introducing the fluid under high pressure and terminating in a volute, an inlet sector (2) directing the fluid towards the blades of the centripetal turbine, a duct for the outflow of the expanded fluid, called the discharge cylinder (10), a control annulus (9) concentric with the discharge cylinder (10) and actuating the guide blades (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) to incline them at a specific angle, characterised in that the turbo-expansion apparatus comprises an

inlet sector (2) constituted wholly or partly by guide blades (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) orientated by guide ramps (8, 14, 15, 16) co-operating with the guide blades (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) in such a manner that the start of the movement of one blade begins before the total immobilisation of the previously moved blade so that the opening or closing of the inlet sector (2) is effected in accordance with a linear law between the angle of rotation of the control annulus (9) and the cross-section of passage of the inlet sector (2).

2. Turbo-expansion apparatus according to the claim, characterised in that the guide blades which constitute it have an aerodynamic profile in the general form of a very flattened triangle whose acute angles adjacent to the base are respectively the leading edge and the trailing edge of the blade and whose obtuse angle situated at the apex of the triangle is rounded in accordance with a curvature concentric with the axis of rotation situated in the region of the most massive portion of the blade.

3. Turbo-expansion apparatus according to one of the preceding claims, characterised in that the orientatable guide blades comprise, from the axis of rotation, two wings of unequal length.

4. Turbo-expansion apparatus according to one of the preceding claims, characterised in that the larger wing of the orientatable guide blade terminates in a trailing edge and in that the shorter wing of the orientatable guide blade terminates in a leading edge.

5. Turbo-expansion apparatus according to one of the preceding claims, characterised in that the geometric disposition of the axes of rotation of the orientatable guide blades is such that on the one hand the trailing edge of one orientatable guide blade (4A or 5A) in the position of complete closure is positioned on the rounded portion of the apex angle, called the neutral zone, of the fixed or mobile neighbouring blade (3 or 4A), and that on the other hand the base of the triangular profile of an orientatable guide blade (4A or 5A) associated with the short side of the triangular profile of the fixed or mobile neighbouring blade (3 or 5A) form a convergent fluid distribution duct whatever the degree of opening of one or other of the blades in question.

6. Turbo-expansion apparatus according to one of the preceding claims, characterised in that at least one control annulus (9) concentric with the admission cylinder (10) and actuated by means of a rod system (17) is provided with guide ramps (8, 14, 15, 16) for collaborating with rollers (4R; 5R, 6R, 7R, 11R, 12R, 13R) mounted each at the end of an arm (4B, 5B, 6B, 7B, 11B, 12B, 13B) which is rendered fast with the pivot pin (4P, 5P, 6P, 7P, 11P, 12P, 13P) of each orientatable guide blade (4A, 5A, 6A, 7A, 11A, 12A, 13A) foreffecting a progressive opening or closing of the inlet sector (2).

7. Turbo-expansion apparatus according to one of the preceding claims, characterised in that the control annulus (9) is constituted by two plates

(18 and 19) connected integrally to one another and each carrying guide ramps (8, 14, 15, 16) distributed in such a way as to effect a progressive opening or closing of the inlet sector (2).

8. Turbo-expansion apparatus according to one of the preceding claims, characterised in that the control annulus (9) is constituted by independent plates each carrying guide ramps (8, 14, 15, 16) which are distributed in such a manner as to effect a progressive opening or closing of the inlet sector (2).

9. Turbo-expansion apparatus according to one of the preceding claims, characterised in that a servo-motor supplied by the conveyed fluid is connected to the rod element (17) of the control annulus (9) for actuating the opening or closing of the inlet sector (2).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

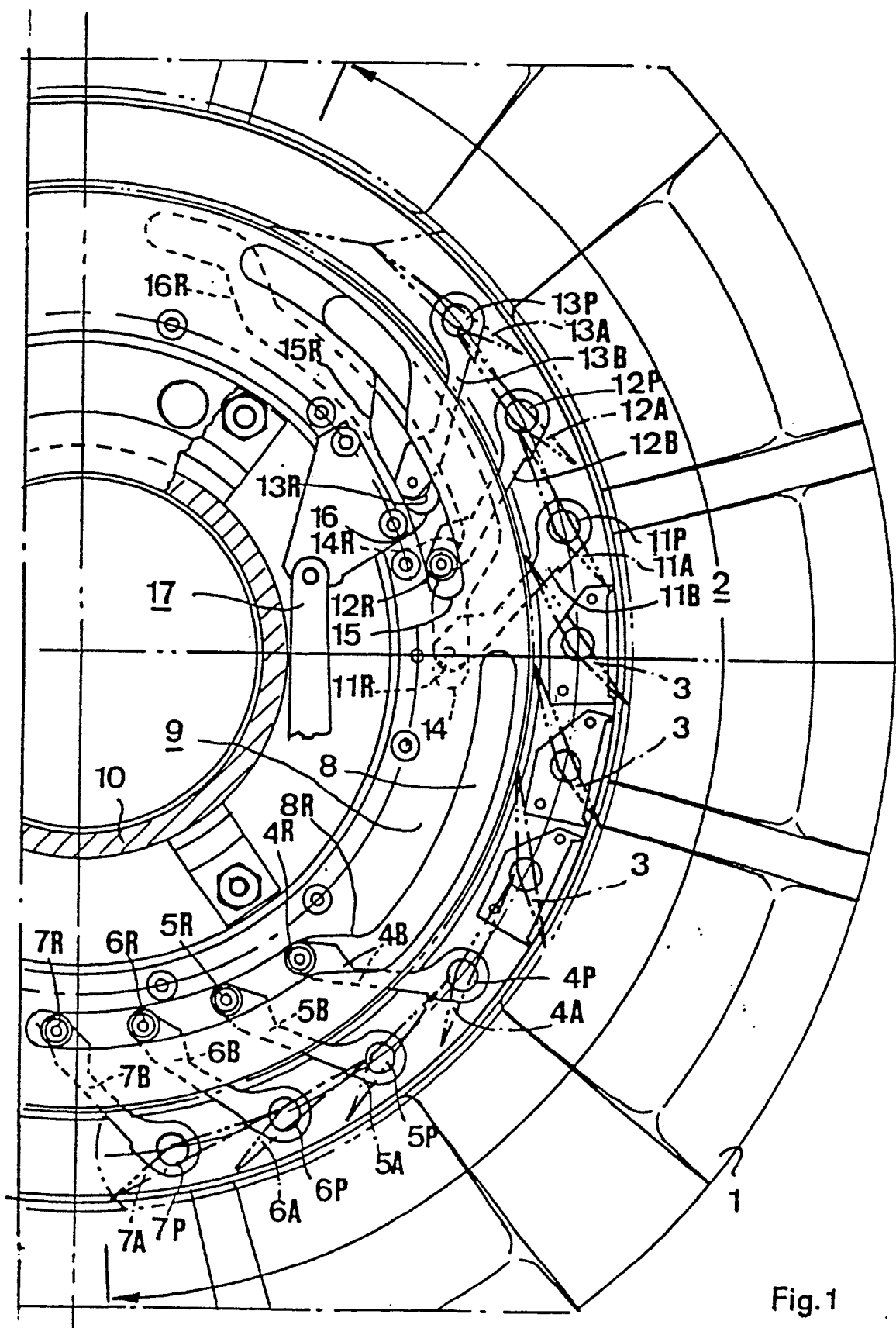


Fig. 1

Fig. 2

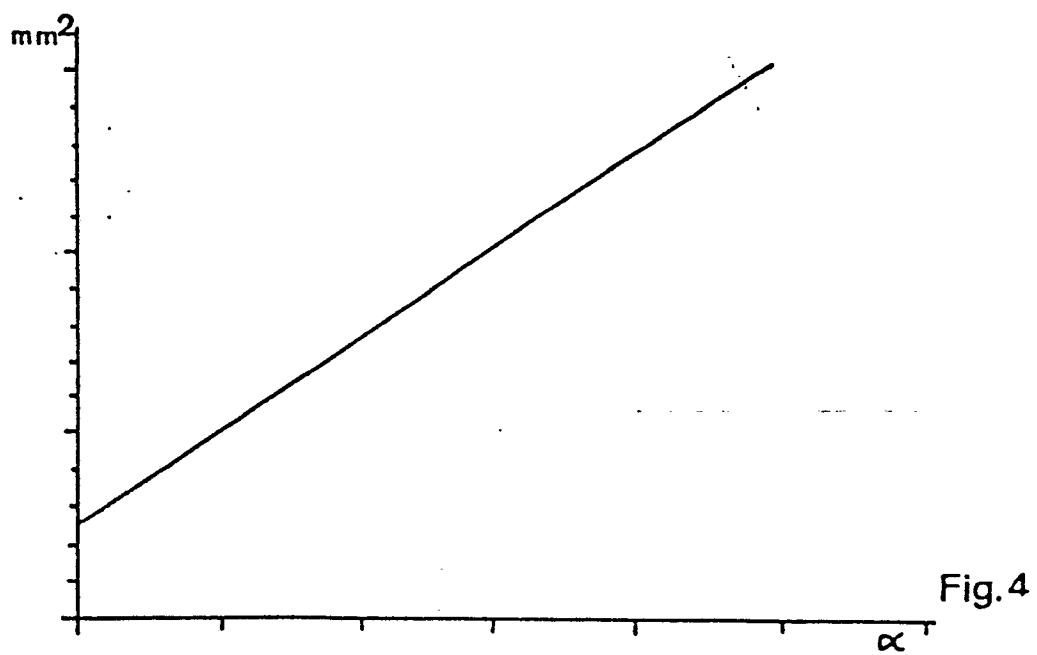
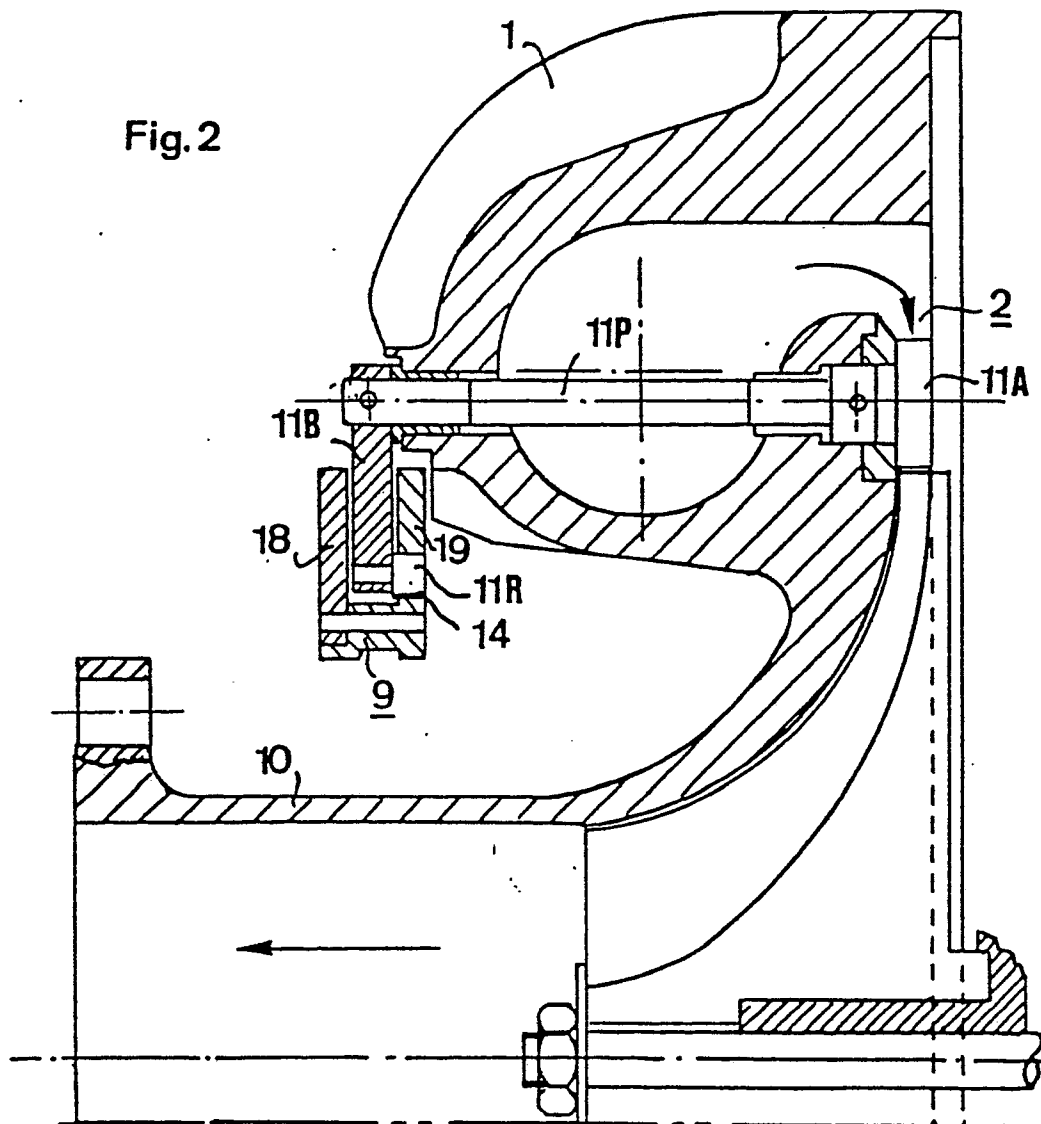


Fig. 4

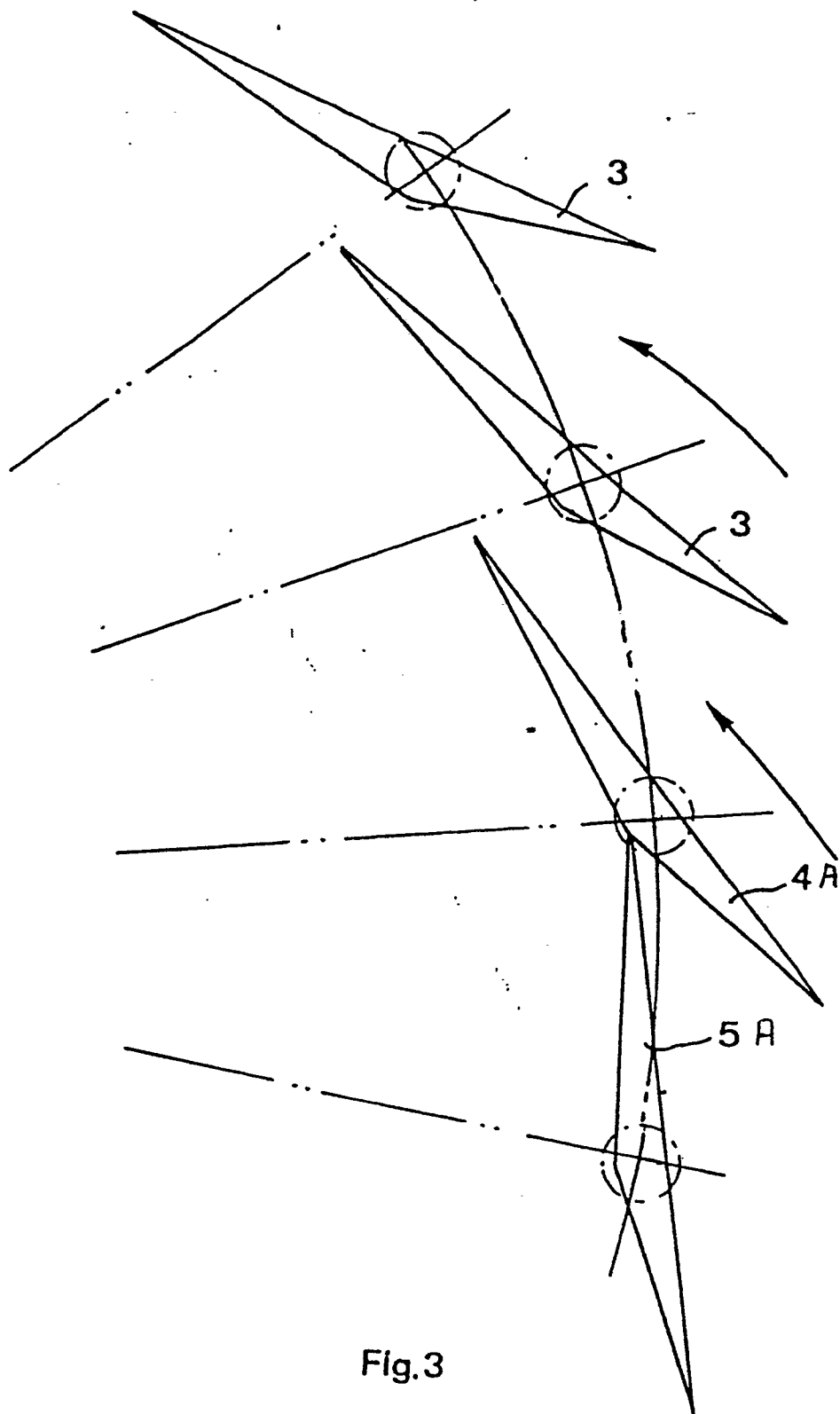


Fig.3