

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 80 18961

⑤④ Procédé pour assurer le fonctionnement d'une turbine-pompe entre la charge partielle et le pompage en marche arrière.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). F 03 B 15/04, 3/06.

②② Date de dépôt..... 29 août 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : RFA, 1^{re} septembre 1979, n° P 29 35 480.1.

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 10 du 6-3-1981.

⑦① Déposant : Société dite : J. M. VOITH GMBH, résidant en RFA.

⑦② Invention de : Dieter Klemm et Peter Ulith.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Jean Maisonnier, ingénieur-conseil,
28, rue Servient, 69003 Lyon.

L'invention a trait à un procédé destiné à permettre le fonctionnement d'une turbine-pompe dans la zone des courbes caractéristiques située entre le fonctionnement sous charge partielle et le fonctionnement en pompe et en marche arrière, afin que les différentes conditions de marche s'obtiennent par la modification de l'ouverture des aubes directrices.

Il est connu de faire démarrer des turbines-pompes, en vue de les faire fonctionner en tant que turbines, comme n'importe quelle autre turbine à réaction, par une ouverture uniforme des aubes directrices. On obtient ainsi l'accélération du rotor entre l'arrêt et la vitesse nominale. Lorsqu'on fait fonctionner la machine à vide par l'ouverture correspondante des aubes directrices, on peut synchroniser le **générateur moteur**, et le commuter sur le réseau de distribution du courant. En ouvrant davantage les aubes directrices, la machine fonctionne en tant que turbine et débite de la puissance. Les courbes caractéristiques de turbines-pompes, par exemple lorsqu'elles sont représentées par un diagramme $n_1 - Q_1$ (vitesse spécifique par rapport au débit d'eau), sont de plus en plus verticales à mesure que croît la valeur de n_1 . Elles peuvent même devenir verticales ou prendre une inclinaison négative. Cela signifie que la caractéristique de la machine, dans cette zone, peut devenir instable.

On a représenté sur la Figure 1 du dessin annexé une partie d'un diagramme de courbes caractéristiques sur quatre quarts de cercles, concernant une turbine-pompe de type connu. On y voit les courbes caractéristiques obtenues pour plusieurs valeurs d'ouvertures du distributeur, désignées de a_1 à a_5 , la plus grande ouverture, désignée ici en a_5 , étant encore utilisée pour la synchronisation. On a indiqué en L la courbe de marche à vide pour le fonctionnement de la turbine pour un moment de force $M = 0$. Dans la zone B, au-dessous de la courbe de marche à vide L, les courbes d'ouverture a se prolongent tout d'abord dans le sens dit du freinage, ce qui absorbe de la puissance au rotor et freine davantage le courant d'eau dans le sens de l'écoulement de la turbine, jusqu'à ce que l'eau cesse totalement de circuler à travers la turbine. Ensuite, la machine passe au-dessous de l'axe des abscisses pour passer dans la zone R, pour fonctionner en tant que pompe dans le sens de rotation de la turbine, c'est-à-dire en adoptant le mode de fonctionnement dit de marche arrière de la pompe, de

façon que l'eau, malgré que le rotor tourne dans le sens de la turbine, soit refoulée dans le sens de circulation de la pompe (cf. également Fuji-Electric-Review, Vol. 24, n° 2, page 42, Figure 8, et page 44, Figure 12).

5 Comme il ressort du diagramme de la Figure 1, les courbes caractéristiques pourraient présenter partiellement une allure en "S" pendant le fonctionnement en freinage et en marche arrière; cela conduit de même à un comportement indésirable et instable de la turbine-pompe. La conséquence d'un tel comportement indésirable et instable pendant le fonc-
10 tionnement est qu'il rend plus difficile, voire impossible, la synchronisation lors du démarrage pour assurer le fonctionnement en turbine, et qu'il n'est pas possible de fonctionner plus longtemps à vide, car, par exemple, les plus faibles et inévitables variations de pression risquent de produire un brusque "saut" ou déclenchement en un point déterminé du
15 fonctionnement dynamique, avec absorption de puissance. De même, lors du passage entre le fonctionnement ^{dans le} en compensateur synchrone/sens de rotation de la turbine, alors que le rotor tourne dans l'air, et le fonctionnement en turbine, quand celle-ci se remplit de nouveau, et si l'on ouvre alors la vanne spérique, l'ouverture du distributeur produit un accrois-
20 sement temporaire et inévitable de l'absorption de puissance qui atteint une valeur indésirable pour ensuite faire de nouveau un brusque bond, si on augmente cette ouverture, pour produire une fourniture de puissance relativement élevé.

L'invention vise à résoudre le problème qui consiste à trouver
25 un procédé et à proposer une turbine-pompe pour la mise en oeuvre de ce procédé, grâce auxquels on parvient à modifier les courbes de caractéristiques de démarrage afin de leur conférer une allure stable, c'est-à-dire une allure dans laquelle il n'est attribué qu'une valeur unique de Q_1' à chaque valeur de n_1' d'une courbe caractéristique d'un diagramme
30 $n_1' - Q_1'$.

Ce problème est résolu par le procédé suivant la présente invention, qui consiste à isoler au moins temporairement, au moins une aube directrice du système de ~~distributi~~ synchrone pour en effectuer l'ouverture préalable. On choisit donc une ou plusieurs aubes directrices
35 actionnées en synchronisme soit rigidement par l'intermédiaire d'un cercle de vannage, soit par des servo-moteurs individuels, à l'aide d'une commande synchrone correspondante, ces aubes sélectionnées étant

préalablement ouvertes, à la différence des aubes directrices restantes, afin d'exercer une influence sur les courbes caractéristiques précitées. Autrement dit, lorsque ces aubes sélectionnées et individuelles sont réglées de manière à former une ouverture plus grande que celle des aubes

5 qui restent dans la série, il suffit pour ces aubes directrices synchrones d'une faible ouverture pour obtenir le même écoulement d'eau et la même vitesse de rotation que dans le cas d'ouverture synchrone de la totalité des aubes directrices. Attendu que de faibles ouvertures se traduisent toujours par des lignes caractéristiques stables, ce pro-

10 cédé permet de faire en sorte qu'une ligne caractéristique instable, dans le cas d'aubes directrices synchrones, se stabilise grâce à des aubes directrices individuelles à ouverture préalable.

Suivant une variante préférée de réalisation du procédé de l'invention, lorsqu'on sélectionne plusieurs aubes directrices parmi la

15 série d'aubes synchrones, on dispose ces aubes directrices sélectionnées dans cette série de manière à respecter une symétrie polaire. De préférence également, on choisit dans ce cas deux aubes directrices diamétralement opposées dans la série des aubes directrices synchrones.

En se basant sur le procédé de l'invention, il est parfaitement

20 possible, dans un temps de démarrage suffisamment court, de synchroniser la machine et de la faire fonctionner, lorsqu'elle est reliée au réseau électrique, d'une manière totalement stable tant à vide que sous charge partielle. On supprime ainsi le risque de faire fonctionner la machine en pompe et en marche arrière. Un autre avantage qui découle de cette

25 invention est qu'au cours du passage entre le fonctionnement ~~en compensateur synchrone~~ et celui en turbine, il est possible de réduire sensiblement l'absorption de puissance qui se produit pendant un temps relativement court, cette absorption pouvant même être totalement éliminée par l'adoption d'une commande appropriée.

30 Une turbine-pompe à aubes directrices commandées par une ~~aercle de vannage~~ commune, qui convient pour la mise en oeuvre du procédé suivant la présente invention, est caractérisée en ce que l'on utilise pour l'ouverture préalable des aubes directrices sélectionnées dans la série synchrone un servo-moteur hydraulique disposé entre ce ~~cercle de vannage~~ **cercle de vannage** ; et les aubes, afin de modifier à volonté la ~~conjugaison~~ qui existe entre la position du ~~cercle de vannage~~ **cercle de vannage**, et celle des aubes directrices. Dans une variante préférée de réalisation de la turbine-pompe sui-

vant l'invention, la bielle de l'aube sélectionnée parmi la série d'aubes synchrones est réalisée sous forme d'un dispositif à longueur variable.

Conformément à une autre possibilité préférée de réalisation de l'invention, le **cercle de vannage** agit sur un levier qui s'articule librement sur l'axe de l'aube concernée et qui, par l'intermédiaire d'un servo-moteur hydraulique commandé d'une manière particulière, oscille solidairement avec l'axe de cette aube directrice.

Dans le cas d'une turbine-pompe équipée d'un dispositif de réglage à servo-moteur unique, il est prévu de préférence un dispositif pour ajouter une valeur supplémentaire de pré-ouverture à la valeur théorique d'ouverture prévue pour le réglage de l'ouverture des aubes directrices synchrones.

On décrira maintenant plus en détail l'invention en se rapportant à des exemples de réalisation que montre le dessin annexé, sur lequel :

La FIGURE 1, ainsi qu'on l'a indiqué, représente une partie d'un diagramme de courbes caractéristiques réparties sur quatre quarts de cercle, ce diagramme étant relatif à une turbine-pompe suivant l'état actuel de la technique;

La FIGURE 2 est une vue analogue à la Figure 1 montrant les courbes caractéristiques obtenues avec une turbine-pompe fonctionnant conformément à l'invention;

La FIGURE 3 est une vue schématique montrant un dispositif à aubes commandées par le **cercle de vannage** commune dans une turbine-pompe avec un dispositif de réglage réalisé conformément à la présente invention;

La FIGURE 4 représente schématiquement une variante de réalisation d'un dispositif de commande du **cercle de vannage**, et

La FIGURE 5 montre un schéma synoptique d'un dispositif suivant l'invention pour une machine à aubes directrices commandées par servo-moteurs individuels.

Contrairement aux courbes caractéristiques de la Figure 1, qui, comme on l'a vu plus haut, ont trait à un **distributeur** dans lequel la totalité des aubes directrices sont commandées en synchronisme, la Figure 2 montre des courbes caractéristiques obtenues au cours d'un essai-type d'un **distributeur** correspondant mais dans lequel certaines aubes directrices ont été préalablement ouvertes par rapport aux aubes restantes. Cette Figure 2 montre également des courbes caracté-

ristiques a_{11} à a_{14} . On constate aisément que ces courbes caractéristiques présentent un caractère d'absolue stabilité. Chaque valeur n_1' d'une courbe caractéristique n'est affectée qu'à une seule valeur Q_1' .

Sur la Figure 3 on a représenté schématiquement deux aubes directrices 6 et 12 commandées par une **cercle** commune de **vannage**, l'aube 6 faisant partie de la série normale d'aubes qui sont synchrones avec le **cercle de vannage** 7. Cette aube 6 s'ouvre dans le sens de la flèche 10 grâce à la rotation du **cercle de vannage** 7, par l'intermédiaire de la biellette 8 et du levier 9 de cette aube, alors que la fermeture de celle-ci s'effectue lorsque le **cercle de vannage** se déplace dans le sens de la flèche 11. En revanche, l'aube directrice 12 peut être neutralisée par rapport à cette série d'aubes synchrones. La biellette 13 associée à cette aube 12 s'articule librement sur un bras d'un levier double 15 qui pivote sur un axe d'aube directrice 14, l'autre bras de ce levier double étant relié par son extrémité libre et par l'intermédiaire d'un moteur hydraulique de réglage 16 à un levier d'aube directrice 17 distinct qui est solidaire de l'axe 14 de l'aube concernée. Grâce à une conduite sous pression 18, une vanne à solénoïde 19 et un distributeur-amplificateur 20, il est possible d'appliquer un signal superposé au signal de valeur instantanée attribué par l'intermédiaire du **cercle de vannage** 7. Cela permet d'effectuer l'ouverture préalable de l'aube directrice 12 et d'autres aubes directrices reliées à la conduite sous pression 21 et pourvues d'un mécanisme de commande correspondant.

Une autre valve-pilote 23 sert de dispositif de réglage de fin de course, afin d'empêcher un sur-réglage de l'aube directrice 12 à ouverture préalable, au-delà de l'ouverture maximale prévue, lorsqu'en position d'ouverture maximale il se produit une ouverture supplémentaire de la série d'aubes normales sous l'impulsion du **cercle de vannage** 7. En plus des butées normales 24 qui limitent l'angle maximal d'ouverture de toutes les aubes directrices, il est prévu, sur les aubes directrices à ouverture préalable, une autre butée 25 contre laquelle la tige de commande du distributeur à tiroir 20 vient buter lorsque, au cours de l'ouverture préalable des aubes directrices 12, l'effet de commande transmis par le **cercle de vannage** 7 dépasse la valeur maximale d'ouverture prévue. Cette butée 25 rétablit alors le distributeur 20 dans sa position de fermeture.

Une autre possibilité de sélection d'une aube directrice dans la série des aubes directrices commandées par l'e **cercle de vannage** 7 fait l'objet d'une représentation schématique sur la Figure 4, où les mêmes éléments que ceux correspondants représentés Figure 3 sont désignés par les mêmes chiffres de référence. La bielle 27 qui attaque le levier 26 associé à l'aube directrice 12 sélectionnée parmi les aubes de la série synchrone est constituée par un vérin hydraulique à longueur variable. La commande de ce vérin hydraulique peut être assurée de la même façon que celle adoptée pour le mode de réalisation de l'invention que montre la Figure 3.

Enfin, la Figure 5 montre un autre mode de commande des aubes à ouverture préalable dans un tel **distributeur** ou stator, le réglage des aubes directrices individuelles s'effectuant ici à l'aide d'un dispositif électrique principal ou primaire de réglage, par exemple conformément à la demande de brevet DE-PS n° 22 04 804 de la Demanderesse. La valeur prescrite d'ouverture des aubes que contient l'élément 28 sera appliquée par l'entremise de la conduite 29 aux aubes directrices qui sont solidaires de la série normale précitée. La valeur de l'ouverture préalable des aubes à ouverture préalable sera appliquée par l'entremise de l'élément de circuit 30, et l'on y ajoute dans l'élément d'addition 31 la valeur que contient l'élément 28, le total étant transmis, en tant que valeur nominale, par l'élément 32 aux aubes directrices à ouverture préalable.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour faire fonctionner une turbine-pompe dans la zone des courbes caractéristiques qui se situe entre le fonctionnement sous charge partielle et le fonctionnement en pompe en marche arrière, de manière que les différentes conditions de fonctionnement s'obtiennent par modification de l'ouverture des aubes **directrices**, caractérisé en ce que l'on effectue l'ouverture préalable ou anticipée, au moins temporaire, d'au moins une aube directrice (12) choisie parmi la série d'aubes synchrones (6).
2. Procédé selon la Revendication 1, dans lequel plusieurs aubes directrices (12) sont choisies parmi la série d'aubes synchrones, caractérisé en ce que l'on choisit des aubes directrices (12) disposées suivant une symétrie polaire parmi la série d'aubes directrices (6) de l'appareil.
3. Procédé selon la Revendication 2, caractérisé en ce que l'on sélectionne dans la série deux aubes directrices (12) disposées en des points diamétralement opposés.
4. Turbine-pompe pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des Revendications 1 à 3, avec des aubes directrices dont le réglage de l'ouverture s'effectue par l'intermédiaire d'une **cercle de commune de vannage**, caractérisée en ce que l'on prévoit, pour l'ouverture préalable, des aubes directrices (12) sélectionnées parmi celles (6) formant la série synchrone, un servo-moteur hydraulique (16, 27) disposé entre le **cercle de vannage** (7) et les aubes directrices sélectionnées (12), et destiné à modifier la ~~conjugaison~~ entre la position de 1 **cercle de vannage** et celle des aubes directrices.
5. Turbine-pompe selon la Revendication 4, caractérisée en ce que la biellette (27) de l'aube directrice (12) sélectionnée parmi la série d'aubes synchrones (6) est réalisée sous forme d'un dispositif à longueur variable.
6. Turbine-pompe selon la Revendication 4, caractérisée en ce que l'e **cercle de vannage** (7) agit sur un levier double pivotant li-

brement autour de l'axe (14) de l'aube directrice (12), ce levier double agissant, par l'intermédiaire d'un servo-moteur hydraulique (16) soumis à une commande particulière, sur un levier (17) rigidement solidaire de l'axe (14) de l'aube directrice (12).

- 5 7. Turbine-pompe pour la mise en œuvre du procédé suivant l'une quelconque des Revendications 1 à 3, comportant un réglage par servomoteur individuel pour chacune des aubes directrices à ouverture préalable, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif (31) pour additionner une valeur de consigne complémentaire d'ouverture (30) à la
- 10 valeur de consigne d'ouverture (28) pour la totalité des dispositifs de réglage d'ouverture des aubes directrices individuelles.

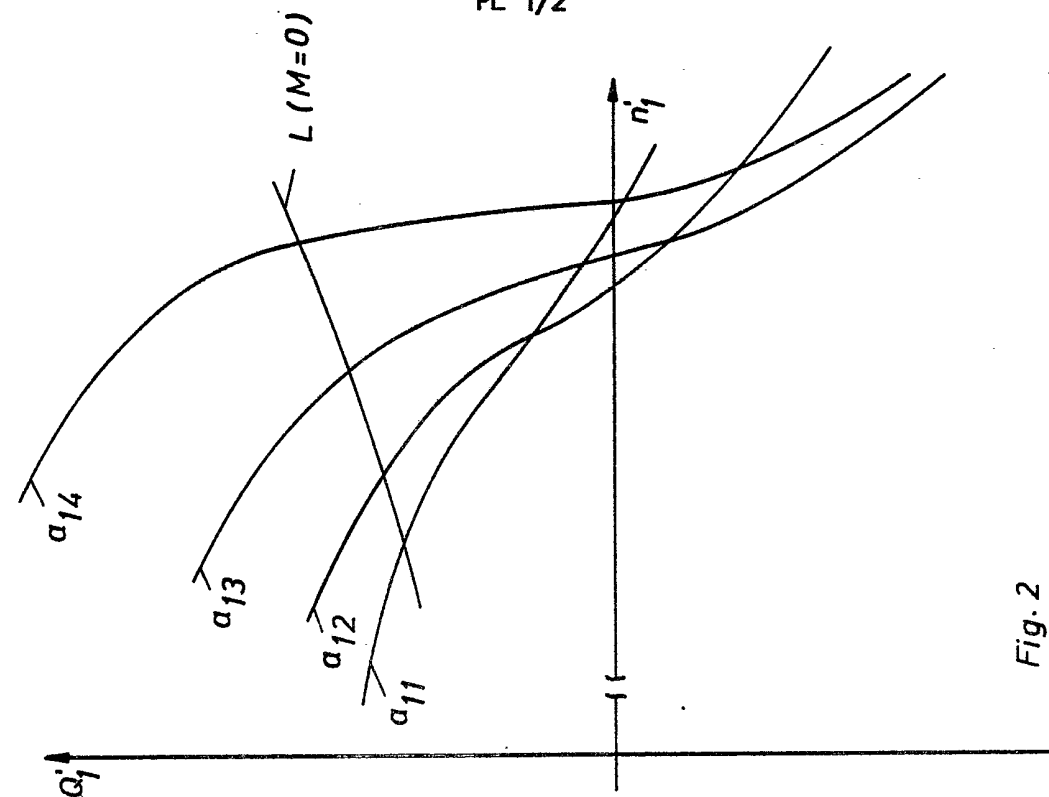


Fig. 2

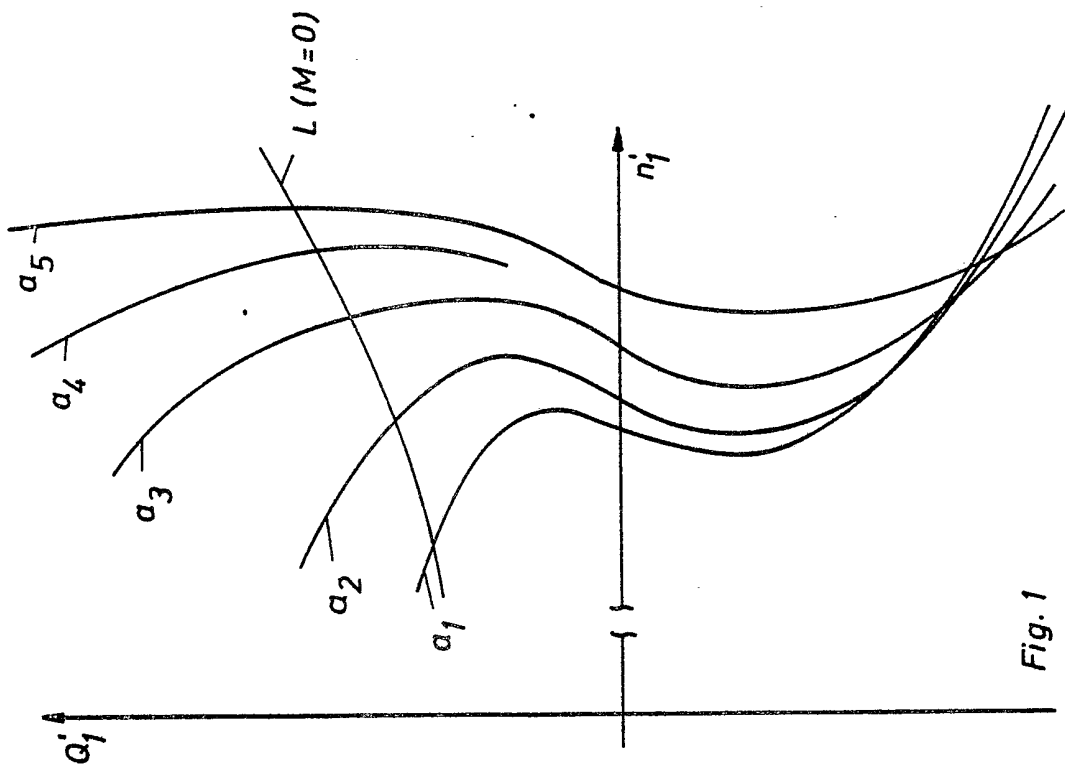


Fig. 1

