

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑰ Numéro de dépôt: **79400033.1**

⑤ Int. Cl. **F 01 D 17/08, F 01 D 21/14,**
G 08 B 21/00

⑱ Date de dépôt: **16.01.79**

③① Priorité: **17.03.78 FR 7807732**

⑦① Demandeur: **CREUSOT-LOIRE, 42 rue d'Anjou, F-75008 Paris (FR)**

④③ Date de publication de la demande: **03.10.79**
Bulletin 79/20

⑦② Inventeur: **Pugnet, Jean-Marc, 12 avenue Charles de Gaulle, F-71200 Le Creusot (FR)**

④④ Etats contractants désignés: **CH DE GB IT**

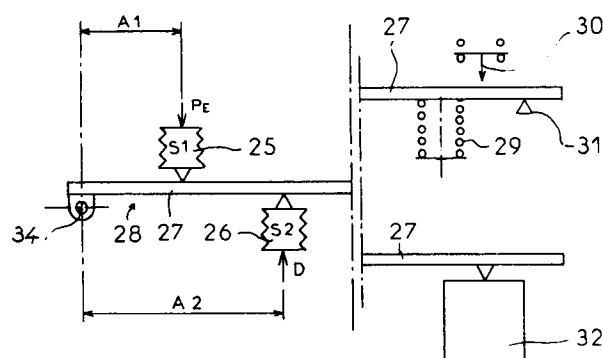
⑦④ Mandataire: **Dupuy, Louis et al, CREUSOT-LOIRE 15 rue Pasquier, F-75383 Paris Cedex 8 (FR)**

⑤④ **Dispositif de protection des aubages d'une turbine à vapeur.**

⑤⑦ Dispositif de protection des aubages mobiles d'une turbine à vapeur.

Conformément à l'invention, on effectue une prise de pression (P_E) à l'échappement, et une prise de pression (D) dans l'étage à protéger. (P_E et D) sont envoyés, par l'intermédiaire de soufflets (25 et 26), sur le bras (27) d'une balance à équilibre de couples (28), suivant des directions et en des points tels que la pente de la droite obtenue en écrivant l'équation de la balance corresponde à celle de la droite définissant la protection désirée. La balance (28) comporte en outre soit un ressort (29) définissant une consigne correspondant à l'ordonnée à l'origine de la droite de protection, ainsi qu'une butée (31) et un contacteur (30) relié à un dispositif d'alarme ou de sécurité, soit un transmetteur de force (32) permettant un traitement analogique de l'information obtenue.

L'invention trouve son application dans le domaine de la production d'énergie par turbines à vapeur.



"Dispositif de protection des aubages
d'une turbine à vapeur"

La présente invention concerne un dispositif de protection des aubages mobiles des turbines à vapeur.

5 Les aubes mobiles des turbines à vapeur sont soumises à diverses sollicitations provenant de la force centrifuge due à la rotation du rotor, de l'effort moteur de la vapeur déviée par les aubages, et des variations de la poussée de la vapeur sur ces aubages. Ces sollicitations créent un état de contrainte dans le matériau constitutif des ailettes
10 qui doit être limité compte tenu des caractéristiques mécaniques de ce matériau dans ses conditions d'utilisation.

Par ailleurs, les performances maximales d'un aubage sont fonction du débit de vapeur passant dans l'étage correspondant et de la chute enthalpique dans cet étage, c'est à dire de l'énergie récupérable dans
15 celui-ci.

Des limites d'utilisation du matériau constitutif des ailettes, dans leurs conditions de sollicitation, on déduit des plages limites de fonctionnement de l'ensemble de la turbine.

De manière connue en soi, on trouve que la plage d'utilisation
20 d'une turbine s'arrête :

- soit à la limite d'utilisation des aubages du premier étage de la turbine pour les marches à faible puissance de la machine,
- soit à la limite d'utilisation des aubages du dernier étage de la turbine pour les marches à puissance importante de celle-ci,
- 25 - Soit à une combinaison de ces deux limites dans le cas où la machine est amenée à fonctionner aussi bien à des puissances faibles qu'à des puissances élevées.

Par ailleurs, il peut s'avérer indispensable de protéger la machine dans tous les cas où les conditions de pression (ou de vide) à
30 l'échappement risquent de s'éloigner des conditions normales de fonction-

nement dans le sens de la baisse.

Le dispositif de protection le plus simple utilisé habituellement comporte un contacteur de pression (ou de vide) installé à l'échappement, à un ou plusieurs seuils bas, qui avertit alors les opérateurs, en cas
5 de baisse prohibitive de pression ou de vide à l'échappement, par le déclenchement d'alarmes et éventuellement de sécurités. Un tel dispositif ne permet toutefois pas d'utiliser la turbine dans toutes ses possibilités, du fait que le seuil bas ci-dessus défini est fixe quel que soit le débit de vapeur, et n'est donc pas adapté à la marche de la machine.

10 L'invention se rapporte à un dispositif de protection qui permet d'adapter le seuil d'intervention à la marche de la machine, créant ainsi une souplesse d'exploitation beaucoup plus grande.

Le dispositif de protection de l'invention est caractérisé en ce qu'il comporte :

- 15 - au moins une prise de pression P_E effectuée à l'échappement de la turbine,
- au moins une prise de pression D effectuée dans un étage qui n'est pas le dernier et qui passe le débit traversant les aubages à protéger,
- au moins un premier dispositif, relié à la prise de pression d'échappement P_E permettant de transformer ladite pression d'échappement P_E en une
20 force,
- au moins un second dispositif, relié à la prise de pression d'étage D, et permettant également de transformer ladite pression d'étage D en une force,
- 25 - au moins une balance à équilibre de couples sur laquelle viennent agir lesdites forces respectivement en des points et suivant des directions telles que la pente de la droite obtenue en écrivant l'équation de ladite balance corresponde à celle de la droite définissant la protection désirée, ladite balance comportant en outre soit un dispositif de transmission analogique, relié à un ou plusieurs systèmes d'asservissement, d'alar-
30 me, ou de sécurité, soit une consigne correspondant à l'ordonnée à l'origine de ladite droite, ainsi qu'une butée et un ou plusieurs contacteurs tout-ou-rien reliés chacune à au moins un dispositif d'alarme ou de sécurité.

35 L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante de quelques exemples de réalisation, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente la courbe donnant la limite d'utilisation de la turbine, pour les marches à faible puissance de celle-ci, en fonction du
40 débit de vapeur qui la traverse et de la pression à l'échappement,

- la figure 2 est de même la courbe donnant la limite d'utilisation de la turbine, pour les marches à forte puissance de celle-ci, en fonction du débit de vapeur qui la traverse et de la pression à l'échappement,
 - la figure 3, qui est une combinaison des deux figures précédentes, re-
5 présente la courbe donnant la limite d'utilisation de la turbine, pour les marches à faible et forte puissances de celle-ci, en fonction du débit de vapeur qui la traverse et de la pression à l'échappement,
 - la figure 4 représente, dans le cas d'une turbine fonctionnant à forte puissance, la courbe limite de sécurité de la figure 2, sur laquelle on
10 a également représenté le niveau de protection simple réalisé à l'aide des dispositifs à seuil simple connus actuellement, et le niveau de protection réalisé par l'invention,
 - la figure 5 représente schématiquement, à titre d'exemple, une turbine à contre-pression équipée de prises de pression à l'échappement et au pre-
15 mier étage conformément à l'invention,
 - la figure 6 montre une réalisation de la protection selon l'invention à l'aide d'un dispositif par tout-ou-rien et à l'aide d'un dispositif de transmission analogique,
 - la figure 7 est la courbe de protection réalisée à l'aide du disposi-
20 tif de la figure 6,
 - la figure 8 représente schématiquement une protection combinée selon l'invention permettant de réaliser, sur une turbine à contre-pression, la protection du dernier et premier étage, conformément à la courbe de la figure 3.
- 25 Sur la figure 1, on a porté en abscisses le débit de vapeur passant dans une turbine fonctionnant à faible puissance, et en ordonnées la pression à l'échappement (ou pression résiduelle dans le cas d'une turbine à contre-pression). La courbe représentée est la courbe qui donne la limite inférieure admissible sans risque pour les aubages de pres-
30 sion d'échappement ou de pression résiduelle pour les différents débits de vapeur susceptibles de traverser la turbine. Cette courbe est tracée point par point, en procédant de la façon suivante :
- en admettant un certain niveau de contrainte dans les aubages, on calcule, à partir de celui-ci, la pression limite à l'échappement en fonc-
35 tion des différents débits qui peuvent passer dans la machine et en re-
liant les différents points, on obtient la courbe représentée qui délimite, en-
dessous d'elle, une zone de fonctionnement interdit, hachurée sur la figure.

De même la figure 2 représente un diagramme identique, mais re-
40 latif aux marches à forte puissance de la machine, le trait vertical à

droite de la courbe correspondant au débit de vapeur maximal qui peut passer dans la turbine.

La figure 3 enfin est un autre diagramme de même type, mais relatif à une turbine pouvant fonctionner aussi bien pour des débits faibles que pour des débits élevés. Dans ce cas, on remarquera que la portion située à gauche correspond à la protection des premiers aubages, et la portion située à droite à la protection des derniers aubages de la turbine.

Sur la figure 4, représentant également un réseau de courbes ayant en abscisses le débit et en ordonnées la pression d'échappement, la droite verticale 1 représente à nouveau le débit maximal admissible dans la turbine, la courbe 2 la limite de protection des aubages, très proche d'une droite en réalité, délimitant avec la droite 1 une zone 3 de fonctionnement interdit. A titre indicatif, on a en outre tracé la caractéristique 4 de marche normale de la machine qui serait dans ce cas à condensation et à débit constant d'eau de refroidissement.

La courbe 5 représente la protection simple réalisée par les dispositifs à seuil fixe de l'art antérieur, et la courbe 6 le niveau de protection réalisé par la présente invention : la zone 7 délimitée par les droites 5 et 6 correspond par suite au gain de possibilité de fonctionnement sans danger obtenu grâce à l'invention.

Sur la figure 5, on reconnaît une turbine à contre-pression classique, munie, entre autres, d'une admission de vapeur 8, d'une soupape de réglage 9, de secteurs d'injection 10, de distributeurs 11, d'un rotor 12 garnis de roues 13 munies d'aubages 14.

Les références 15 et 16 désignent respectivement les paliers arrière et avant, munis de leurs coussinets 17 et 18. On distingue par ailleurs la butée 19 et la bride d'échappement 20. La référence 21 désigne en outre les organes d'instrumentation utilisés pour la régulation de vitesse de la machine, la référence 22 un organe de sécurité, et la référence 33 l'accouplement à la machine entraînée, tel qu'un alternateur par exemple.

Conformément à l'invention, la turbine est en outre munie d'une prise de pression à l'échappement 23 et d'une prise de pression sur le premier étage 24. L'invention se base en effet sur le fait que la pression à l'étage est sensiblement proportionnelle au débit de vapeur qui traverse cet étage. De la prise 23, on obtient donc la pression à l'échappement P_E et de la prise 24 on obtient une pression pratiquement proportionnelle au débit, que l'on désignera par D .

En se reportant maintenant à la figure 6, on voit que les sorties

de pression P_E et D de la figure 5 sont envoyées, par l'intermédiaire de soufflets 25 et 26 de sections efficaces S_1 et S_2 , ou par tout autre dispositif permettant de transformer lesdites pressions en forces, tels que diaphragmes, pistons, tubes de Bourdon, spirales, etc ..., sur le levier 27 d'une balance à équilibre de couples 28, articulée autour d'un axe 34, en des points distants de cet axe de quantités A_1 et A_2 . Sur la figure 7, on a figuré à nouveau, dans le système de coordonnées (P_E ; D), la droite 6 représentant la protection à réaliser. Le couple transmis au levier 27 par les pressions P_E et D est égal à :

$$10 \quad P_E \cdot S_1 \cdot A_1 - D \cdot S_2 \cdot A_2$$

Sur la partie supérieure droite de la figure 6, qui représente le cas de la détection par tout-ou-rien, un ressort de consigne 29 permet d'exercer sur le levier 27 un couple supplémentaire.

Conformément à l'invention, les sections efficaces S_1 et S_2 des soufflets 25 et 26, et les bras de levier A_1 et A_2 sont choisis de façon à ce que le rapport : $\frac{S_2 \cdot A_2}{S_1 \cdot A_1}$ soit égal à la pente de la droite 6 de la

figure 7 représentant la protection pour laquelle le système est conçu, après transposition dans le système de coordonnées P_E et D avec les unités correspondantes.

Si C (figure 7) représente la valeur arithmétique de l'ordonnée à l'origine de la droite 6, en choisissant le ressort 29 et la position de celui-ci de façon à ce qu'il transmette au levier 27 un couple égal à C, on voit que l'équation de l'équilibre de la balance 28 : $P_E \cdot S_1 \cdot A_1 - D \cdot S_2 \cdot A_2 - C = 0$ correspond à l'équation de la droite 6 de la figure 7. Par suite si, pour une certaine valeur du débit, la pression à l'échappement P_E descend au-dessous de la valeur correspondant à l'équilibre de la balance, c'est à dire au point correspondant de la droite 6 sur la figure 7, le bras 27, jusqu'alors en appui sur une butée 31, bascule et vient actionner le commutateur 30 qui peut déclencher selon le cas une alarme, une pré-alarme, une sécurité, etc ...

Lorsque, au contraire, on est dans la zone permise, située au-dessus de la courbe 6, le bras 27 reste en appui sur la butée 31.

De la même façon, il est possible d'effectuer une transmission analogique, tel que figuré sur la partie inférieure droite de la figure 6, où le bras 27 est relié à un transmetteur de force 32. Un tel dispositif permet de donner en continu la position relative du point de fonctionnement par rapport à la courbe de protection. Il permet d'exercer une action automatique sur des dispositifs de sécurité ayant une action tout-ou-rien, ou régulée, sur la pression (ou vide) à l'échappement de la

turbine. Dans le cas où le transmetteur de force transmet son signal à un régulateur permettant de limiter le débit de vapeur à la valeur correspondante de la courbe de protection pour les conditions de fonctionnement, le dispositif de l'invention permet d'exercer une action automatique sur la régulation de la machine, et il s'intègre alors au système général de régulation de cette dernière.

Par ailleurs, dans le cas de vides condenseurs, il est possible, tel que connu en soi dans la technique des pressostats et des transmetteurs de pression différentielle, de se rendre indépendant des variations de pression atmosphérique en introduisant, face au soufflet 25, un autre soufflet de même efficacité dans lequel le vide absolu aura été réalisé en laboratoire. La pression P_E intervient dans ce cas par sa valeur absolue et non pas par sa différence par rapport à la pression atmosphérique.

Pour réaliser la protection combinée correspondant au cas de la figure 3, il est nécessaire d'installer deux dispositifs, l'un pour le premier étage de la turbine, l'autre pour le dernier étage, et de faire ensuite éventuellement une combinaison logique ou analogique des signaux obtenus. La figure 8 représente un tel élément capteur double, tel qu'installable sur la turbine à contre-pression de la figure 5, la partie gauche de la figure réalisant la protection du dernier étage, et la partie droite de celle-ci la protection du premier étage de celle-ci.

L'invention trouve son utilisation principale dans le domaine de la production d'énergie par turbines à vapeur.

Revendications

1.-Dispositif de protection des aubages mobiles des turbines à vapeur, en particulier des turbines à condensation ou à contre-pression, caractérisé en ce qu'il comporte :

- 5 - au moins une prise 23 de pression P_E effectuée à l'échappement de la turbine,
- au moins une prise 24 de pression D effectuée dans un étage qui n'est pas le dernier et qui passe le débit traversant les aubages à protéger,
- au moins un premier dispositif 25, relié à la prise de pression d'échap-
- 10 pement P_E permettant de transformer ladite pression d'échappement P_E en une force,
- au moins un second dispositif 26, relié à la prise de pression d'étage D, et permettant de transformer ladite pression d'étage D en une force,
- au moins une balance à équilibre de couples 28 sur laquelle viennent
- 15 agir lesdites forces respectivement en des points et suivant des directions telles que la pente de la droite obtenue en écrivant l'équation de ladite balance corresponde à celle de la droite définissant la protection désirée, ladite balance comportant en outre soit un dispositif 32 de trans-
- mission analogique, relié à un ou plusieurs systèmes d'asservissement,
- 20 d'alarme, ou de sécurité, soit une consigne correspondant à l'ordonnée à l'origine de ladite droite, ainsi qu'une butée 31 et un ou plusieurs contacteurs tout-ou-rien chacun à au moins un dispositif d'alarme ou de sécurité 30.

2.- Dispositif de protection selon la revendication 1, appliqué

25 au cas des turbines à condensation, caractérisé, en ce que ledit premier dispositif 25 permet de transformer la pression d'échappement P_E en une force indépendante de la pression atmosphérique.

3.- Dispositif de protection selon la revendication 2, caracté-

risé en ce que les dispositifs 25-26 permettant de transformer en forces

30 lesdites pressions sont constitués par des soufflets et en ce que, face

au soufflet 25 relié à la prise d'échappement P_E se trouve un autre soufflet de même efficacité que celui-ci, mais dans lequel a été réalisé le vide absolu.

- 5 4.- Dispositif de protection selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, du type selon lequel on désire protéger la turbine aussi bien pour les marches à faibles puissances qu'à fortes puissances de celle-ci, caractérisé en ce qu'il comporte une première balance assurant la protection du premier étage de ladite turbine, et une seconde balance assurant la protection du dernier étage de celle-ci.

Fig. 1

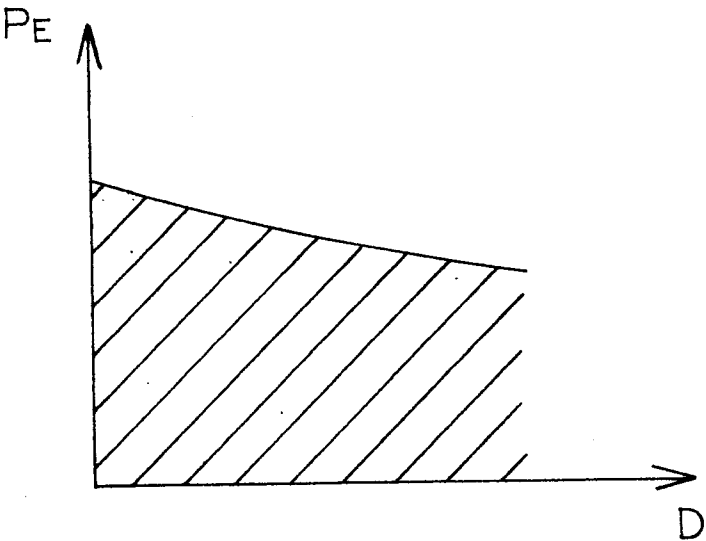


Fig. 2

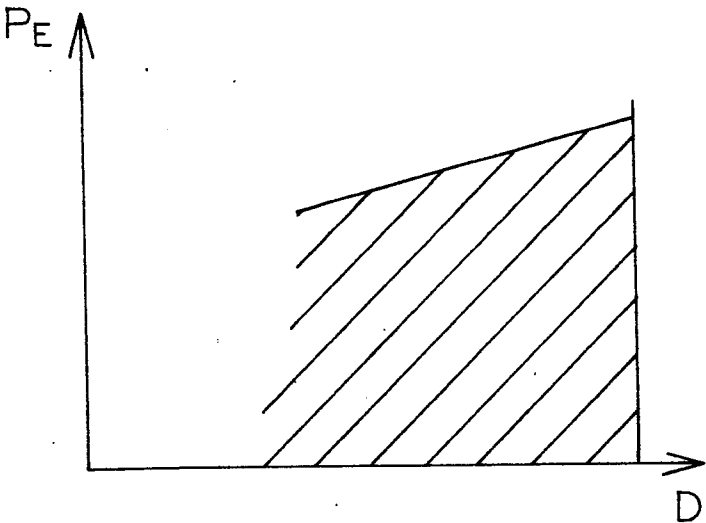
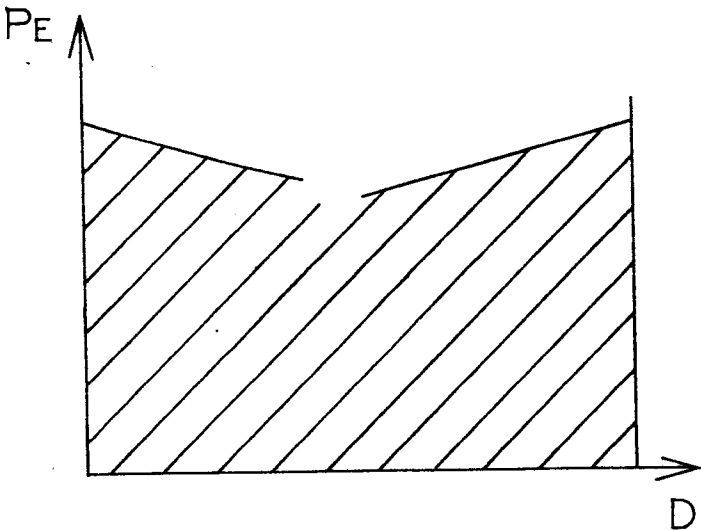


Fig. 3



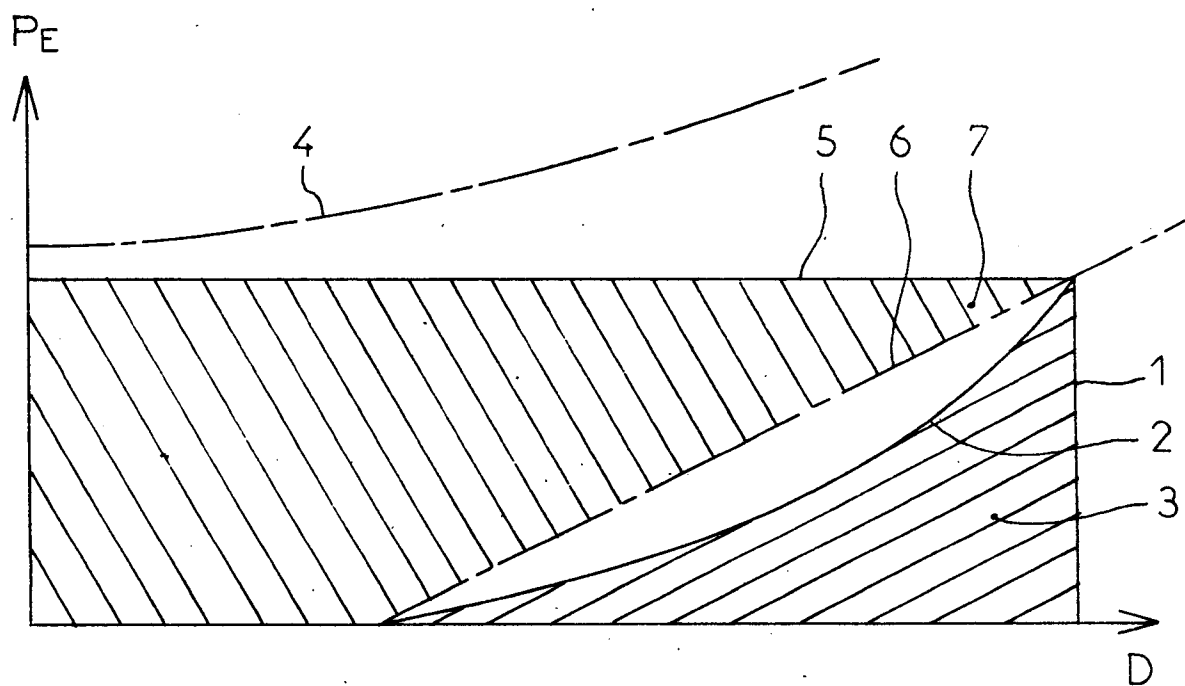


Fig. 4

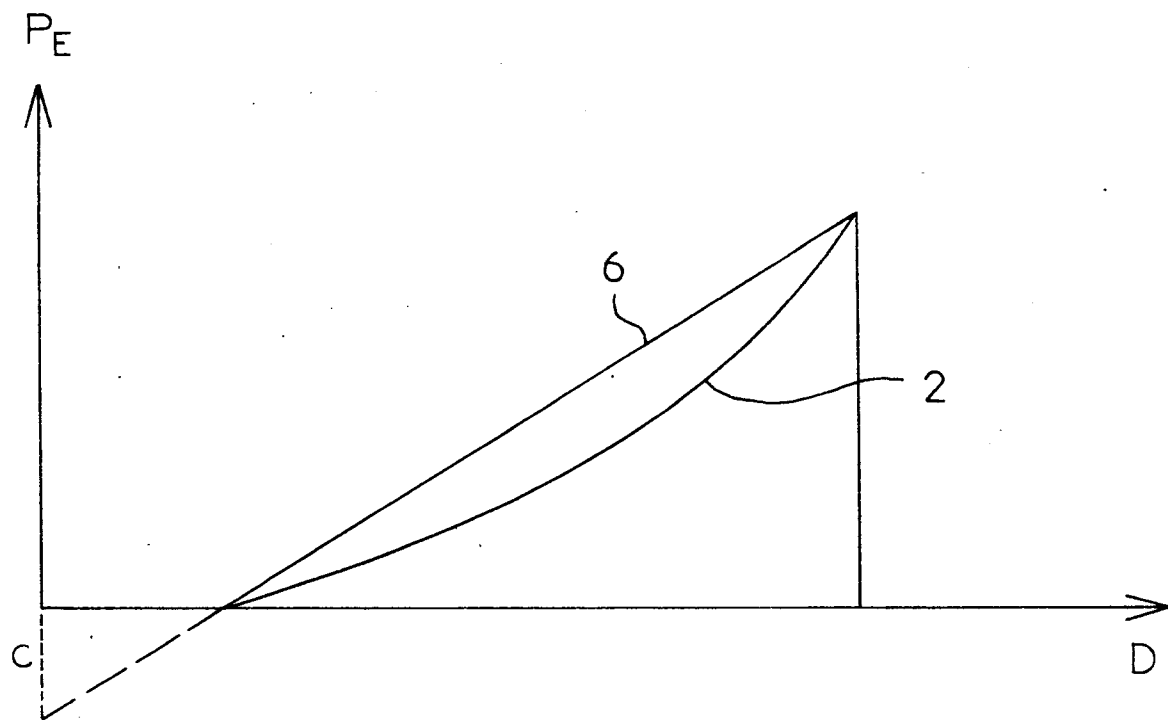


Fig. 7

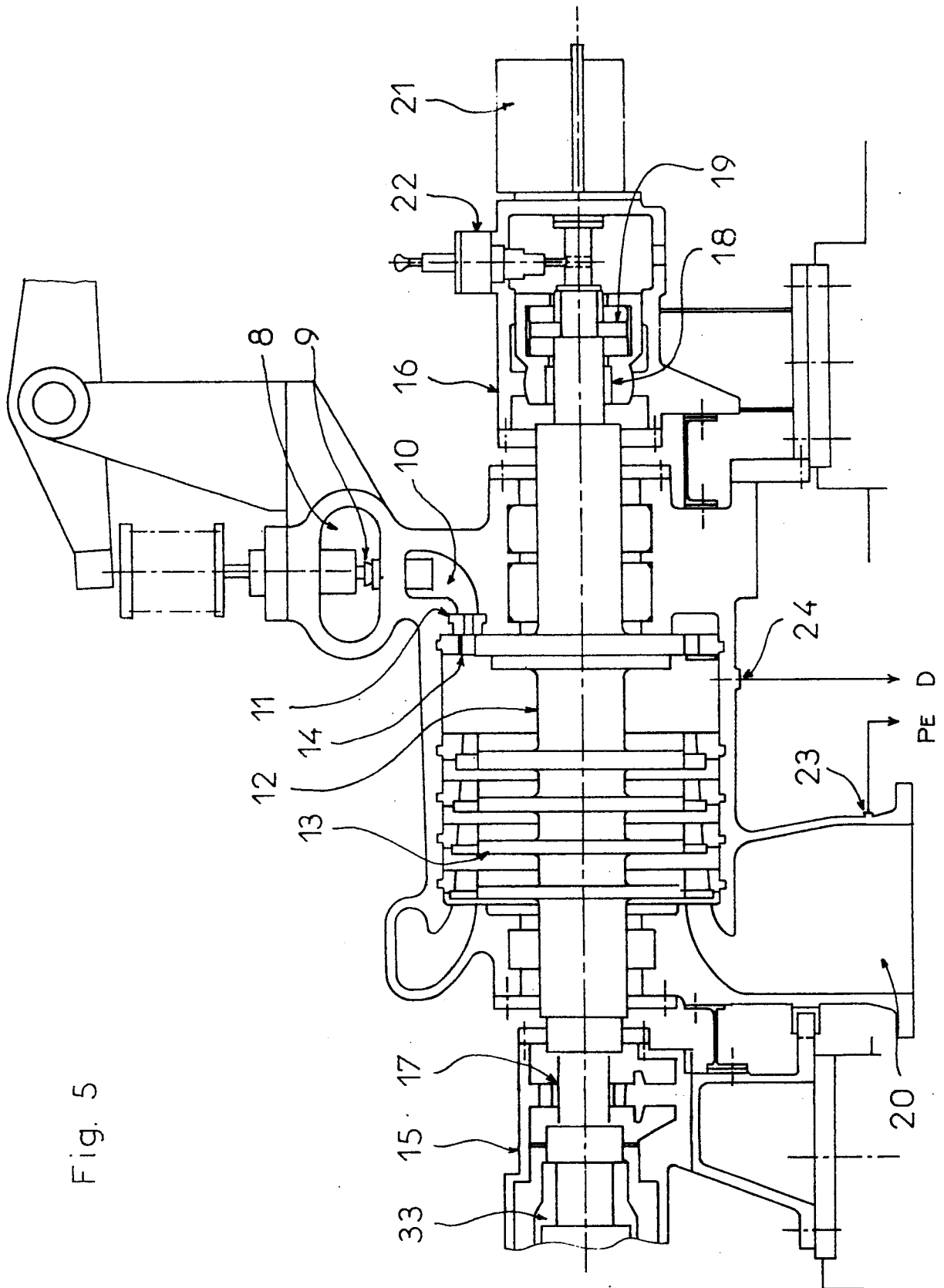


Fig. 5

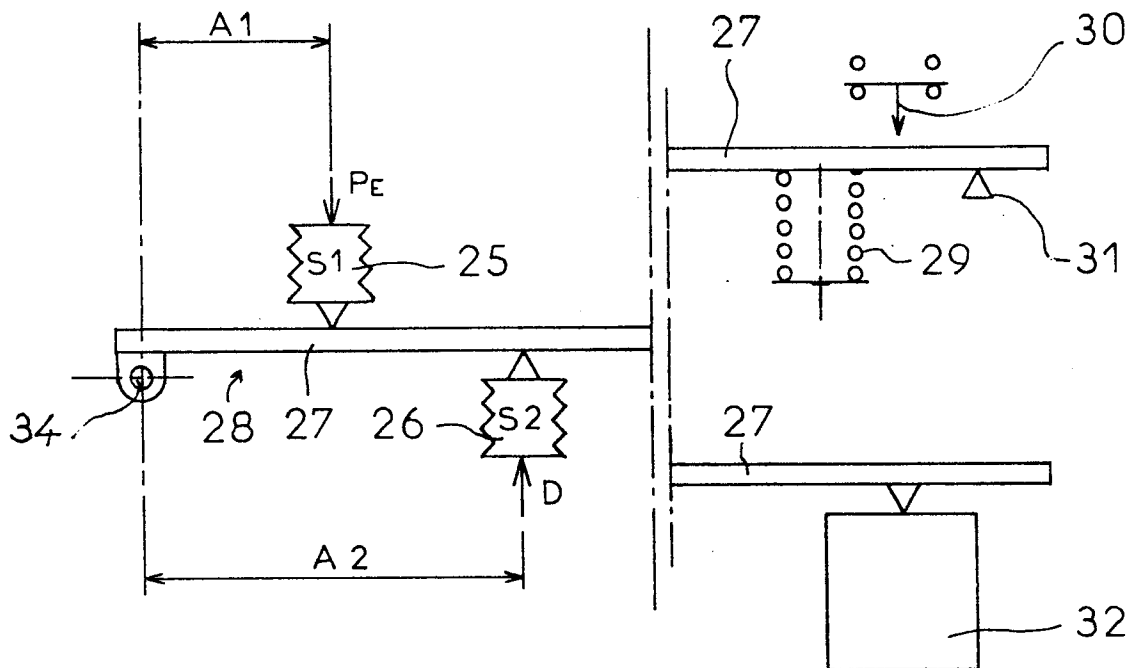


Fig. 6

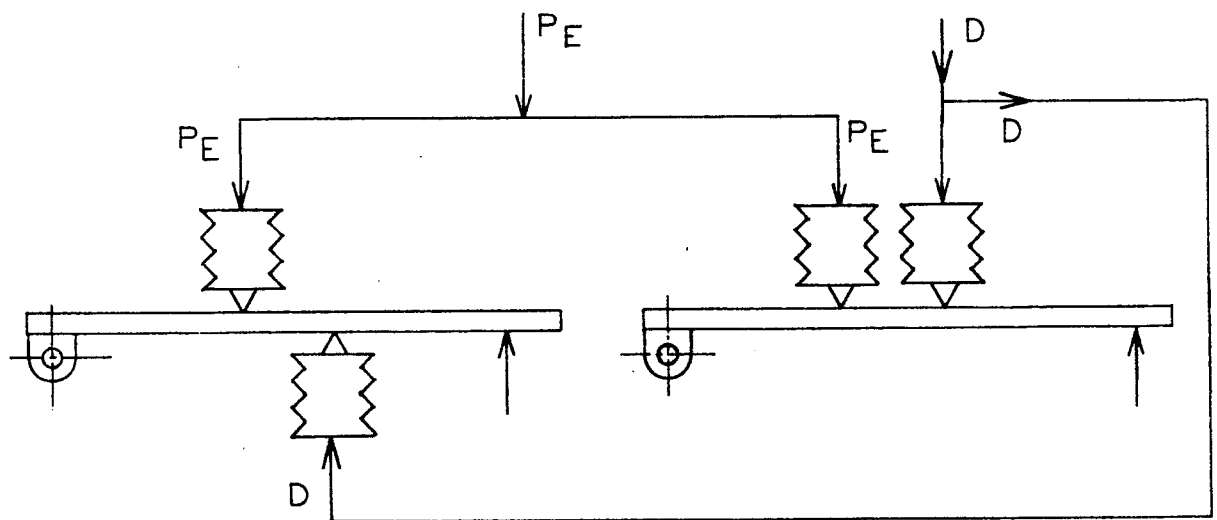


Fig. 8