Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2729784 C 2016/02/23

(11)(21) 2 729 784

(12) BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT

(13) C

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2009/07/13
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2010/01/21
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2016/02/23
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2010/12/30
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2009/051395
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2010/007306
(30) Priorité/Priority: 2008/07/15 (FR08 54798)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F03B 11/06* (2006.01), *F03B 3/02* (2006.01), *F04D 29/047* (2006.01)

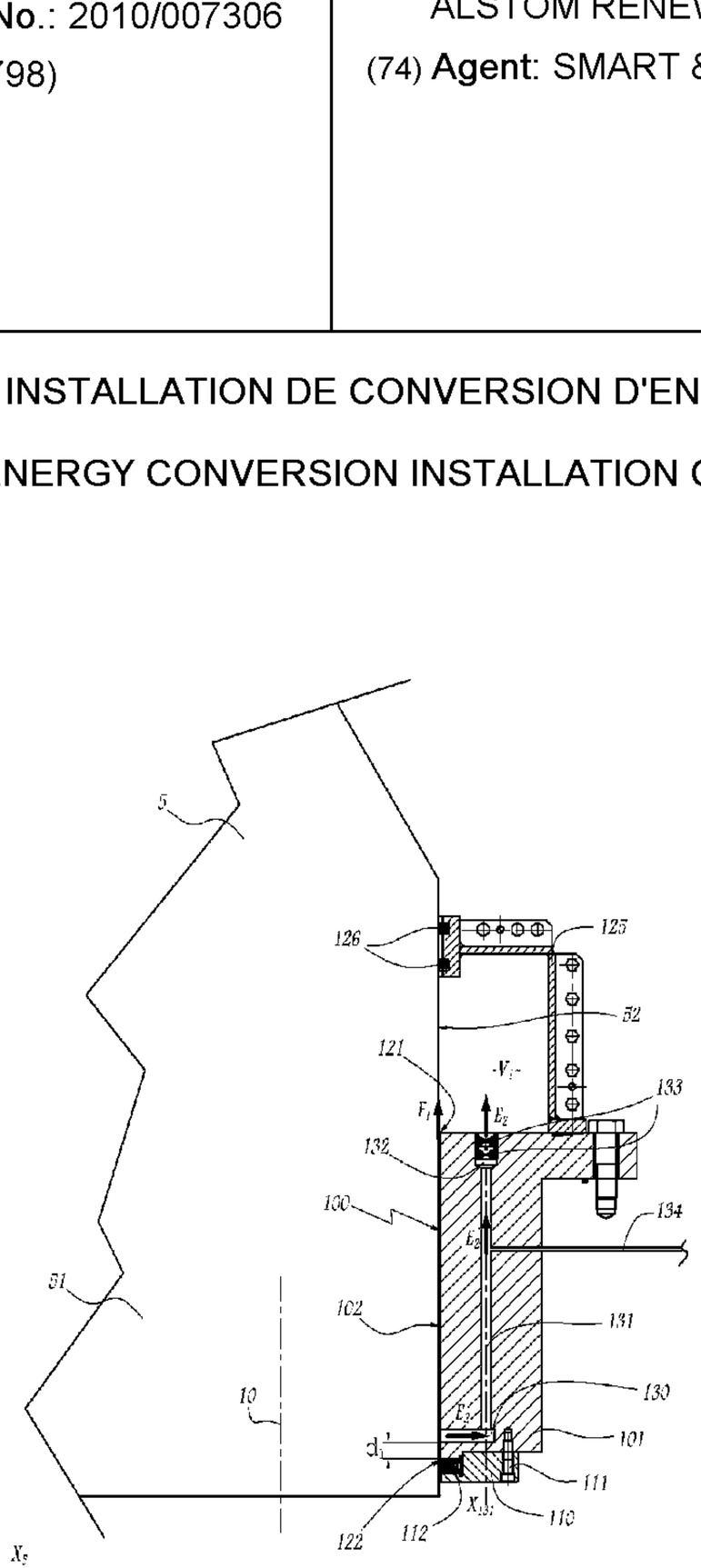
(72) Inventeurs/Inventors:
BERTEA, JEAN-FRANCOIS, FR;
VUILLEROD, GERARD, FR

(73) Propriétaire/Owner:
ALSTOM RENEWABLE TECHNOLOGIES, FR

(74) Agent: SMART & BIGGAR

(54) Titre : MACHINE HYDRAULIQUE ET INSTALLATION DE CONVERSION D'ENERGIE COMPRENANT UNE TELLE MACHINE

(54) Title: HYDRAULIC MACHINE AND ENERGY CONVERSION INSTALLATION COMPRISING SUCH A MACHINE



(57) Abrégé/Abstract:
Cette machine hydraulique comprend une roue supportée par un arbre (5), la roue et l'arbre étant mobiles en rotation autour d'un axe vertical (X5), alors qu'un palier hydrostatique ou hydrodynamique radial (100) est formé entre, d'une part, une surface périphérique radiale (52) de l'arbre et, d'autre part, une surface radiale interne (102) d'un organe (101) fixe par rapport à l'axe vertical. Le palier (100) s'étend entre deux bords (121, 122) qui constituent, en fonctionnement normal, des zones d'évacuation d'un film d'eau formé dans le palier. Au moins une cavité (130) est ménagée dans l'organe fixe (101) et débouche sur sa surface radiale interne (102) au voisinage d'un premier bord (122) du palier. La machine comprend des moyens (131, 132, 133) de mise en communication fluidique de la cavité (130) avec un volume (V_1) situé à l'extérieur du palier au voisinage du second bord (121) du palier (100). Ceci permet d'évacuer vers le second bord (121) une partie (E_2) du film d'eau du palier (100) en cas d'obstruction du palier au voisinage du premier bord (122).

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
21 janvier 2010 (21.01.2010)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/007306 A3

(51) Classification internationale des brevets :
F03B 11/06 (2006.01) *F04D 29/047* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2009/051395

(22) Date de dépôt international :
13 juillet 2009 (13.07.2009)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
08 54798 15 juillet 2008 (15.07.2008) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **ALSTOM Hydro France** [FR/FR]; 3 Avenue André Malraux, F-92300 Levallois Perret (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **BERTEA, Jean-François** [FR/FR]; 12, rue du Vigneau, F-07300 Saint Jean De Muzols (FR). **VUILLEROD, Gérard** [FR/FR]; 145, avenue Jean Perrot, F-38100 Grenoble (FR).

(74) Mandataires : **MYON, Gérard** et al.; Lavoix, 62 rue de Bonnel, F-69448 Lyon Cedex 03 (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, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : HYDRAULIC MACHINE AND ENERGY CONVERSION INSTALLATION COMPRISING SUCH A MACHINE

(54) Titre : MACHINE HYDRAULIQUE ET INSTALLATION DE CONVERSION D'ÉNERGIE COMPRENANT UNE TELLE MACHINE

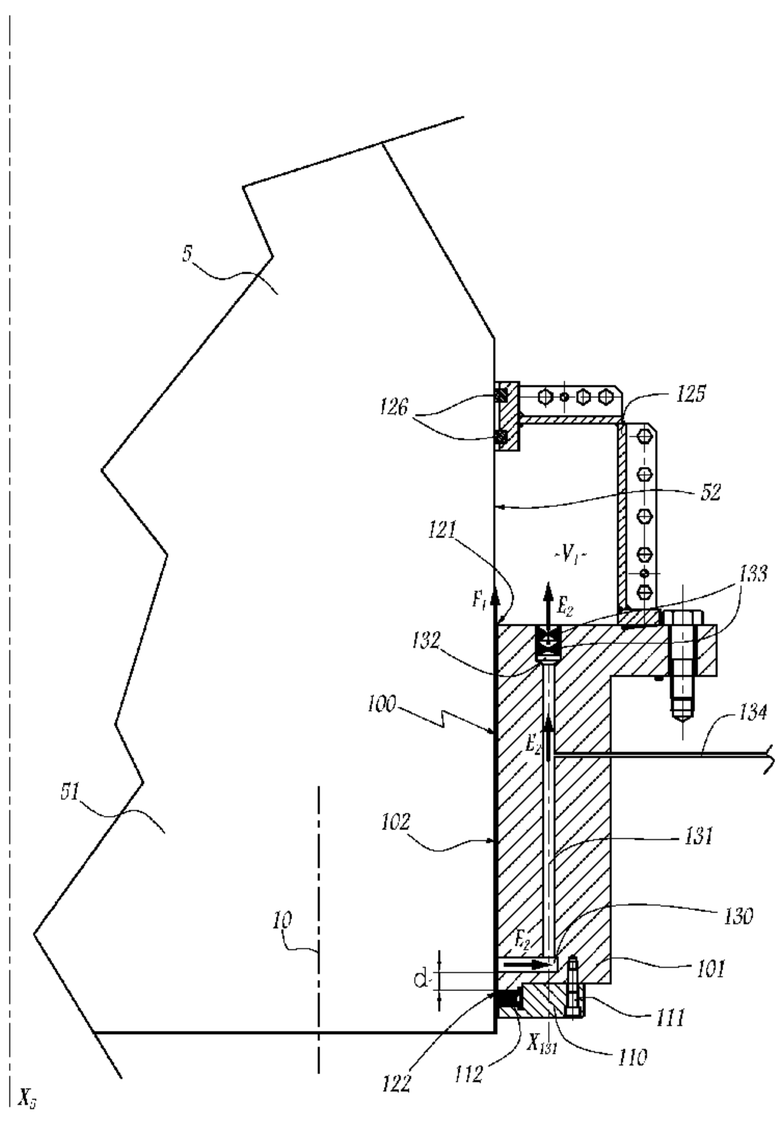


Fig.3

(57) Abstract : This hydraulic machine comprises a wheel supported by a shaft (5), the wheel and the shaft being able to rotate about a vertical axis (X_5) while a radial hydrostatic or hydrodynamic bearing (100) is formed between, on the one hand, a radial peripheral surface (52) of the shaft and, on the other hand, an internal radial surface (102) of a member (101) that is fixed relative to the vertical axis. The bearing (100) extends between two edges (121, 122) which, in normal operation, constitute regions for the removal of a film of water formed in the bearing. At least one cavity (130) is created in the fixed member (101) and opens onto its internal radial surface (102) near a first edge (122) of the bearing. The machine comprises means (131, 132, 133) for placing the cavity (130) in fluidic communication with a volume (V_1) situated outside the bearing near the second edge (121) of the bearing (100). That allows some (E_2) of the film of water from the bearing (100) to be removed towards the second edge (121) if the bearing becomes obstructed near the first edge (122).

(57) Abrégé : Cette machine hydraulique comprend une roue supportée par un arbre (5), la roue et l'arbre étant mobiles en rotation autour d'un axe vertical (X_5), alors qu'un palier

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/007306 A3

WO 2010/007306 A3

Publiée :

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

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))*

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale :

11 mars 2010

hydrostatique ou hydrodynamique radial (100) est formé entre, d'une part, une surface périphérique radiale (52) de l'arbre et, d'autre part, une surface radiale interne (102) d'un organe (101) fixe par rapport à l'axe vertical. Le palier (100) s'étend entre deux bords (121, 122) qui constituent, en fonctionnement normal, des zones d'évacuation d'un film d'eau formé dans le palier. Au moins une cavité (130) est ménagée dans l'organe fixe (101) et débouche sur sa surface radiale interne (102) au voisinage d'un premier bord (122) du palier. La machine comprend des moyens (131, 132, 133) de mise en communication fluidique de la cavité (130) avec un volume (V_1) situé à l'extérieur du palier au voisinage du second bord (121) du palier (100). Ceci permet d'évacuer vers le second bord (121) une partie (E_2) du film d'eau du palier (100) en cas d'obstruction du palier au voisinage du premier bord (122).

MACHINE HYDRAULIQUE ET INSTALLATION DE CONVERSION D'ENERGIE COMPRENANT UNE TELLE MACHINE

La présente invention concerne une machine hydraulique qui comprend une roue supportée par un arbre, cette roue et cet arbre étant mobiles en rotation autour d'un axe. La roue d'une telle machine est destinée à être traversée par un écoulement forcé, lequel est moteur lorsque la machine fonctionne en turbine et entraînée lorsque la machine fonctionne en pompe.

Dans de telle machine, un palier hydrostatique radial peut être prévu autour de l'arbre, avec une fonction de reprise des efforts radiaux subits par cet arbre. Un tel palier peut être ménagé autour d'une partie haute, d'une partie basse ou d'une partie intermédiaire de l'arbre. Il est connu d'équiper un palier hydrostatique d'un joint batardeau, par exemple un joint gonflable, qui permet de protéger le palier, des remontées d'eau polluée lorsque la machine et le système d'alimentation en eau du palier sont à l'arrêt. Un tel joint gonflable est dilaté lors des arrêts de la machine, afin d'isoler le palier de son environnement. En fonctionnement normal, le débit d'eau amené au palier est évacué par le haut et par le bas du palier, ce qui permet d'assurer à la fois la portance du palier et l'évacuation de l'énergie dissipée par les frottements fluides, grâce à la création d'un film d'eau continu. En cas de blocage d'un joint gonflable en configuration dilatée, l'eau du palier ne peut plus être évacuée vers le bas du palier, ce qui perturbe la circulation de l'eau et le fonctionnement du palier. En effet, la portance du palier est réduite et l'eau prisonnière en partie basse du palier a tendance à s'échauffer, avec un risque de transformation totale ou partielle du film d'eau en vapeur et de contact entre l'arbre et le coussinet fixe du palier.

Ces problèmes peuvent également se poser avec un palier dépourvu de joint gonflable et dans lequel l'évacuation de l'eau du palier est obstruée, vers le haut ou vers le bas, par tout autre obstacle.

Des problèmes analogues peuvent se poser avec des machines à axe horizontal, lesquelles peuvent également être équipées de joints hydrostatiques ou hydrodynamiques.

Il est par ailleurs connu de US-A-4 071 303 de ménager, sur la surface externe d'un rotor de pompe, des alvéoles d'alimentation d'un palier à eau. Ces

alvéoles sont reliées aux bord supérieur et inférieur du rotor pas des canaux d'évacuation de corps solides qui pourraient pénétrer dans les alvéoles. En cas d'obstruction du palier, en partie basse ou haute, le film d'eau qui le compose ne peut pas être évacué et risque d'être vaporisé, ce qui limite ou annule la portance du palier.

C'est à ces inconvénients qu'entend plus particulièrement remédier l'invention en proposant une machine hydraulique équipée d'un palier hydrostatique radial dont le fonctionnement est fiabilisé.

A cet effet, l'invention concerne une machine hydraulique comprenant une roue supportée par un arbre, la roue et l'arbre étant mobiles en rotation autour d'un axe, alors qu'un palier hydrostatique ou hydrodynamique radial est formé entre, d'une part, une surface périphérique radiale de l'arbre et, d'autre part, une surface radiale interne d'un organe fixe par rapport à l'axe, ce palier s'étendant entre deux bords constituant, en fonctionnement normal du palier, des zones d'évacuation d'un film d'eau formé dans le palier. Cette machine est caractérisée en ce qu'au moins une cavité est ménagée dans l'organe fixe et débouche sur sa surface radiale interne au voisinage d'un premier bord du palier, parmi ses deux bords, et en ce que l'organe fixe comprend des moyens de mise en communication fluidique de cette cavité avec un volume situé à l'extérieur du palier, au voisinage du second bord, parmi les deux bords précités, la cavité et les moyens de mise en communication étant aptes à évacuer une partie d'un écoulement formant le film d'eau, en cas d'impossibilité d'évacuation de ce film d'eau au niveau du premier bord.

Grâce à l'invention, en cas de blocage de l'évacuation de l'eau du palier hydrostatique ou hydrodynamique radial au voisinage d'un premier bord, supérieur, inférieur, avant ou arrière, suivant que la machine est à axe vertical ou horizontal, la cavité et les moyens de mise en communication ménagés dans l'organe fixe permettent d'évacuer l'eau du palier vers son autre bord, ce qui évite la création d'une zone d'eau morte dans le palier. La circulation d'eau dans le palier peut ainsi être maintenue, y compris en cas d'obstruction au niveau d'un des bords du palier, ce qui permet de maintenir la portance du palier.

Selon des aspects avantageux mais non obligatoires de l'invention, une telle machine peut incorporer une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- Un joint batardeau est disposé au voisinage du bord du palier tourné vers la roue. Dans ce cas, lorsque la machine est à axe vertical, la cavité est avantageusement ménagée au-dessus du joint batardeau, au voisinage du bord inférieur du palier tournée vers la roue, alors que les moyens de mise en communication relient cette cavité avec un volume de la machine situé au-dessus du bord supérieur par rapport au palier. Lorsque la machine est axe vertical, la cavité peut être ménagée au voisinage du bord supérieur du palier, alors que les moyens de mise en communication relient la cavité avec une partie inférieure du palier, au-dessus du joint batardeau qui est disposé en-dessous du bord inférieur du palier.

- La cavité est une gorge annulaire ménagée dans l'organe fixe. En variante, la cavité est formée par la réunion de plusieurs cavités non jointives qui débouchent sur la surface radiale interne de l'organe fixe et sont chacune reliées à un conduit de l'organe fixe appartenant aux moyens de mise en communication.

- Les moyens de mise en communication comprennent des moyens de réduction de pression.

- Les moyens de mise en communication comprennent au moins un conduit reliant la cavité au volume situé au voisinage du second bord du palier

- Il est prévu des moyens de détermination de la pression d'eau dans un conduit appartenant aux moyens de mise en communication. Dans ce cas, ces moyens de détermination de pression sont avantageusement aptes à fournir à une unité de contrôle de la machine un signal représentatif de la pression d'eau dans le conduit précité.

- La cavité s'étend à une distance axiale du premier bord qui a une valeur inférieure à 10%, de préférence inférieure à 5%, de la dimension axiale du palier.

- La cavité a une dimension axiale dont la valeur est comprise entre 2,5 et 5% de la dimension axiale du palier.

- La cavité a une profondeur radiale sont la valeur est au moins vingt-cinq fois supérieure, de préférence cinquante fois supérieure, à l'épaisseur radiale du palier.

L'invention concerne également une installation de conversion d'énergie hydraulique et énergie électrique ou mécanique ou inversement, qui comprend une machine hydraulique telle que mentionnée ci-dessus. Une telle installation est

plus fiable que celles de l'état de la technique dans la mesure où elle permet de s'accommoder de l'éventuelle obstruction d'un palier hydrostatique radial, au voisinage d'un de ses bords supérieur ou inférieur.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui va suivre de deux modes de réalisation d'une machine et d'une installation conformes à son principe, donné uniquement à titre d'exemple et fait en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une coupe axiale de principe d'une machine et d'une installation conformes à un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue à plus grande échelle du détail II à la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue à plus grande échelle du détail III à la figure 1 lorsqu'un joint gonflable de l'installation est bloqué ; et
- la figure 4 est une vue analogue à la figure 3 pour une machine à une installation conformes à un deuxième mode de réalisation de l'invention.

L'installation I représentée à la figure 1 comprend une turbine Francis 1 dont la roue 2 est alimentée à partir d'une bâche 3 dans laquelle débouche une conduite forcée 4. La turbine 1 comprend également un arbre 5 sur lequel est montée la roue 2 et qui tourne avec celle-ci autour d'un axe vertical X_5 qui est également un axe longitudinal de l'arbre 5. L'arbre 5 entraîne en rotation la partie tournante d'un alternateur 6.

Entre la bâche 3 et la roue 2 est disposée une série d'avant-directrices 71 et de directrices 72 dont la fonction est de guider et de réguler un écoulement E provenant de la conduite 4 et de la bâche 3 et destiné à traverser la roue 2, en direction d'un conduit d'aspiration 8.

La roue 2 comprend des aubes 21 qui s'étendent entre un plafond 22 et une ceinture 23.

Les éléments 3 et 4, ainsi que la structure de génie civile qui supportent la turbine 1 appartiennent à une structure fixe 9 par rapport à laquelle la roue 2 tourne autour de l'axe X_5.

La roue 2 est fixée sur l'extrémité inférieure 51 de l'arbre 5, couramment dénommée « pied d'arbre », au moyen de vis 10 représentées par leurs traits

d'axe. Le pied d'arbre peut être monobloc avec le reste de l'arbre ou rapporté sur celui-ci.

Afin de résister aux efforts radiaux auxquels est soumis le pied d'arbre 51, un palier hydrostatique 100 est formé entre une surface radiale externe 52 du pied d'arbre 51 et une surface radiale interne 102 d'un coussinet 101 de forme annulaire qui est disposé autour du pied d'arbre 51. Sur les figures 2 à 4, l'épaisseur radiale e_{100} du palier 100 est exagérée, pour la clarté du dessin.

Un écoulement E_1 d'eau claire est fourni au palier 100, à partir de la conduite forcée 4, grâce à une conduite 103 raccordée sur un piquage 104 ménagé dans le coussinet 101. Pour la clarté du dessin, le raccordement entre les conduites 4 et 103 n'est pas montré sur les figures. Le piquage 104 est équipé d'une série de diaphragmes 105 qui permettent de limiter la pression de l'écoulement E_1 en aval. Le piquage 104 débouche dans un canal 106 qui alimente une dépression 107 ménagée dans la surface 102 et qui permet de répartir l'écoulement E_1. Ceci permet de gaver le palier 100 en eau, afin d'assurer la continuité d'un film d'eau autour de la surface 52.

Dans la présente description, les mots « haut », « bas », « supérieur » et « inférieur » correspondent à une disposition de l'installation I en configuration de fonctionnement dans laquelle l'axe X_5 est vertical et le haut d'un organe est dirigé vers le haut à la figure 1, alors que le bas d'un organe est dirigé vers le bas sur cette figure. L'adjectif « supérieur » qualifie une partie d'un organe dirigée vers le haut, à l'inverse d'une partie « inférieure » qui est dirigée vers le bas.

Une bride 110 est montée en partie basse du coussinet 101, grâce à des vis de fixation 111. Cette bride définit avec le coussinet 101 un logement de réception d'un joint gonflable 112 susceptible de venir en appui contre la surface 52 selon qu'il est ou non alimenté en fluide sous pression, en l'espèce en eau sous pression. Le joint gonflable 112 est un type de joint batardeau qui permet de protéger le palier 100 contre les remontées d'eau depuis la roue 2. D'autres types de joints batardeaux peuvent être utilisés avec l'invention, par exemple un joint axial.

On note 121 le bord supérieur du palier 100, c'est-à-dire la limite supérieure de l'interstice de faible épaisseur e_{100} délimité entre les surfaces 52 et 102 et dans lequel est formé un film d'eau à partir de l'écoulement E_1. En pratique, le bord 121

est situé à la hauteur de l'arête supérieure de la surface 102. De la même manière, on note 122 le bord inférieur du palier 100 qui est délimité par l'arête inférieure de la surface 102, au dessus du logement du joint 112.

Une cuve supérieure 125 est montée sur le coussinet 101 et définit un volume annulaire V_1 au-dessus du bord 121 et radialement autour de la partie de la surface 52 qui n'est pas en regard de la surface 102. La cuve 125 porte deux joints 126 qui viennent en appui contre la surface 52, afin d'éviter les fuites d'eau vers le haut. Le volume V_1 est relié par un trop plein non représenté au puits d'exhaure de l'installation I, c'est-à-dire à la partie de l'installation dans laquelle sont collectées les fuites, avant d'être évacuées vers l'aval.

En fonctionnement normal du palier 100, c'est-à-dire lorsque l'arbre 5 tourne autour de l'axe X_5, l'écoulement E_1 forme un film d'eau à l'intérieur du palier 100, entre les bords 121 et 122, puis est évacué vers le haut et vers le bas, comme représenté respectivement par les flèches F_1 et F_2 à la figure 2. Cette évacuation continue de l'écoulement E_1 à partir du palier 100 garantit la portance de ce palier.

En cas d'arrêt de la turbine 1, et afin d'éviter que de l'eau potentiellement polluée remonte vers l'intérieur du palier 100, le joint gonflable 112 est mis sous pression, de telle sorte qu'il se contracte radialement en direction de l'axe X_5 et vient en appui contre la surface 52, en formant ainsi une barrière étanche.

Lors d'un nouveau démarrage de la turbine 1 et avant mise en rotation de l'arbre 5, le joint 112 reprend normalement sa configuration représentée à la figure 2, dans laquelle il est éloigné de la surface 52. Il peut toutefois arriver que ce joint soit détérioré et qu'il reste en configuration d'appui contre la surface 52, alors même que l'arbre 5 tourne, comme représenté à la figure 3. Dans ce cas, la portion de l'écoulement E_1 qui est normalement évacuée du palier 100 au niveau du bord inférieur 122, comme représenté par la flèche F_2, pourrait rester prisonnière du palier 100, ce qui serait préjudiciable pour son fonctionnement, notamment car la portance serait réduite et car cela induirait à un échauffement localisé du film d'eau, voire sa vaporisation.

Une gorge annulaire 130 est ménagée dans le coussinet 101 et débouche sur la surface 102 tout autour de l'axe X_5. On note d_1 la distance axiale entre la gorge 130 et le bord 102. La distance d_1 est la distance entre le bord inférieur de

la gorge 130 et le bord 122. On note h_{100} la hauteur ou longueur axiale du palier 100, cette distance et cette hauteur étant mesurées parallèlement à l'axe X_5. La distance d_1 est choisie inférieure à 10% de la hauteur h_{100}, de préférence inférieure à 5% de cette hauteur.

On note h_{130} la hauteur ou longueur axiale de la gorge 130, mesurée parallèlement à l'axe X_5. La hauteur h_{130} est très inférieure à la hauteur h_{100}, de sorte que la présence de la gorge 130 ne perturbe pas l'épaisseur e_{100} sur la majeure partie du palier 100 qui est située au-dessus de la gorge 130. Par exemple, pour un palier 100 de hauteur h_{100} comprise entre 300 et 400 mm, la gorge 130 a une hauteur axiale h_{130} comprise entre 10 et 15 mm. En pratique, la valeur de la hauteur axiale h_{130} représente entre 2,5 et 5% de la hauteur axiale h_{100}.

On note p_{130} la profondeur radiale de la gorge 130, c'est-à-dire la profondeur sur laquelle elle s'étend dans le coussinet 101 à partir de la surface 102. Cette profondeur est au moins vingt-cinq fois supérieure à l'épaisseur e_{100}, de préférence supérieure à cinquante fois cette épaisseur.

La gorge 130 est en communication avec quatre conduits 131, dont un seul est visible à la figure 3, et qui sont régulièrement répartis dans le coussinet 101, autour de l'axe X_5. Chaque conduit 131 s'étend le long d'un axe X_{131} parallèle à l'axe X_5 et relie la gorge 130 à un logement 132 dans lequel sont disposés plusieurs diaphragmes 133 et qui débouche dans le volume V_1. Les conduits 131 sont séparés du palier 100 par la matière du coussinet 101, grâce à la valeur de la profondeur p_{130}.

Ainsi, en cas de blocage du joint 112 en configuration dilatée ayant pour effet d'empêcher l'évacuation de l'écoulement E_1 vers le bas, la portion correspondante E_2 de l'écoulement E_1 peut s'écouler dans la gorge 130 et dans les conduits 131 puis, à travers les diaphragmes 133, avant de rejoindre le volume V_1 à partir duquel elle peut être évacuée vers le puits d'exhaure. Ceci permet donc d'assurer une circulation continue d'eau dans le palier 100 jusque dans sa portion inférieure, y compris en cas de dysfonctionnement du joint gonflable 112.

Une partie de l'écoulement E_1 continue à être évacuée du palier 100 au niveau du bord 121, comme représenté par la flèche F_1. Cette partie rejoint l'écoulement E_2 dans le volume V_1.

Les diaphragmes 133 assurent une perte de charge au niveau du logement 132, de telle sorte que, lorsque le joint gonflable 112 fonctionne correctement, la perte de charge totale à travers les parties 130, 131 et 132 est supérieure à la perte de charge au niveau du bord 122, de telle sorte que l'écoulement dans le sens de la flèche F_2 à la figure 2 est privilégié.

Les éléments 130 à 133 permettent également d'évacuer directement vers le volume V_1 un éventuel écoulement pollué remontant depuis la roue 2 en cas d'inefficacité du joint gonflable 112 à l'arrêt. En effet, cette eau polluée peut être drainée à travers la gorge 130, les conduits 131 et les logements 132, ce qui permet de protéger le palier 100 contre la pollution.

Un piquage 134 débouchant dans l'un des conduits 131 est relié à un manomètre 135, ce qui permet de connaître la pression d'eau à l'intérieur de l'un au moins des conduits 131. Le manomètre 135 peut délivrer à une unité de commande 200 un signal S_{135} représentatif de la pression dans le ou les conduits 131. Ce signal permet à l'unité 200 de détecter un défaut de fonctionnement, dans la mesure où une variation de pression dans l'un des conduits 131 correspond à une obstruction de la sortie basse du palier 100, au niveau de son bord 122 ou, à l'arrêt, à une fuite du joint 112. L'unité 200 peut ainsi modifier les conditions de fonctionnement de la turbine 1 en tenant compte d'une telle anomalie, par exemple en adressant aux directrices 72 un signal S_{200} visant à réduire progressivement le débit de l'écoulement E. En fonction du signal S_{135}, l'unité 200 peut également actionner une alarme 136 sonore ou visuelle.

Le mode de réalisation des figures 1 à 3 permet de tenir compte d'une obstruction en partie basse du palier 100, indépendamment de l'utilisation du joint gonflable 112. En effet, si le palier 100 est obstrué au voisinage du bord 122 par autre chose que le joint 112, la circulation de l'écoulement E_2 peut avoir lieu à travers les volumes 130 à 132.

Dans le second mode de réalisation de l'invention représenté à la figure 4, les éléments analogues à ceux du premier mode de réalisation portent les mêmes références. Un palier hydrostatique radial 100 est défini entre la surface radiale externe 52 du pied 51 d'un arbre 5 et la surface radiale interne 102 d'un coussinet fixe 101. Un joint gonflable 112 est rapporté sur le coussinet 101 au moyen d'une bride annulaire 110.

Une gorge annulaire 130 est ménagée à proximité du bord supérieur 121 du palier 100 et reliée à quatre conduits 131 qui s'étendent chacun parallèlement à un axe X_{131} parallèle à l'axe de rotation X_5 de l'arbre 5. Chaque conduit 131 débouche, à l'opposé de la gorge 130, dans un logement 132 qui débouche lui-même sur la surface 102, au-dessus du bord inférieur 122 du palier 100. Des diaphragmes 133 sont disposés dans le logement 132, avec la même fonction que les diaphragmes du premier mode de réalisation.

On note respectivement d_1 la distance axiale entre le bord 121 et la gorge 130, h_{100} la hauteur axiale du palier 100, e_{100} son épaisseur radiale, h_{130} la hauteur axiale de la gorge 130 et p_{130} sa profondeur radiale. d_1 est inférieure à 10% de h_{100}, de préférence inférieure à 5% de cette hauteur. h_{130} est comprise entre 2,5 et 5% de h_{100}. p_{130} est supérieure à vingt-cinq fois e_{100}, de préférence supérieure à cinquante fois e_{100}.

En cas d'obstruction de la partie supérieure du palier 100, par exemple par des déchets s'écoulant à partir du volume V_1, une portion E_3 de l'écoulement d'alimentation du palier 100 s'engage dans la gorge 130 et dans les conduits 131 puis ressort en partie basse du pallier 100, c'est-à-dire au voisinage de son bord inférieur 122, à travers les logements 132. A partir de là, l'eau provenant de la partie supérieure du palier 100, à travers les éléments 130 à 132, peut être évacuée vers le bas en direction d'un volume V_2 situé sous le palier, avec l'eau provenant directement de la partie inférieure du palier 100, ce que représente la flèche F_2 à la figure 4.

Les caractéristiques techniques des deux modes de réalisation décrits ci-dessus peuvent être combinées entre elles. En particulier, une machine conforme à l'invention peut comprendre à la fois une gorge 130 en partie basse reliée par des conduits 131 au volume V_1 et une gorge 130 en partie haute reliée par des conduits 131 à la partie basse du palier 100.

Le nombre de conduits 131 n'est pas forcément à égal à quatre et peut être adapté en fonction du débit prévisible des écoulements E_2 et/ou E_3 à évacuer en cas d'obstruction localisée du palier.

Bien que cela soit avantageux pour répartir circonférentiellement les écoulements E_2 et E_3, il n'est pas obligatoire d'utiliser une gorge 130 périphérique. En effet, plusieurs cavités non jointives s'étendant chacune sur un secteur

angulaire prédéterminé peuvent être prévues débouchantes dans la surface 102, chaque cavité étant reliée à un conduit du type des conduits 131 mentionnés ci-dessus.

Enfin, la surface tournante qui définie le palier hydrostatique radial peut appartenir à une partie de l'arbre monobloc avec sa partie principale, comme mentionné ci-dessus au sujet du pied d'arbre 51, ou à une partie rapportée sur cette partie principale.

Dans les deux modes de réalisation décrits ci-dessus, la gorge 130 et les moyens de communication 131, 132 et 133 sont actifs pour évacuer une partie E_2 ou E_3 du film d'eau, uniquement en cas d'obstruction du bord 122 ou 121 du palier 100 à proximité duquel se trouve la gorge 130. En effet, en fonctionnement normal du palier 100, la perte de charge induite par les diaphragmes 133 est telle que le film d'eau s'écoule prioritairement par les bords 121 et 122.

L'invention a été décrite et représentée avec un palier 100 de type hydrostatique, c'est-à-dire un palier dont la portance dépend essentiellement de la pression d'alimentation du palier en eau. L'invention peut également être mise en œuvre avec un palier hydrodynamique où la portance est obtenue par la vitesse de rotation de l'arbre. L'invention a été décrite et représentée ci-dessus en référence à une machine à axe vertical. L'invention est toutefois applicable aux machines à axe horizontal, voire à axe oblique, qui peuvent également être équipées de paliers hydrostatiques ou hydrodynamique.

REVENDICATIONS

1- Machine hydraulique comprenant une roue supportée par un arbre, la roue et l'arbre étant mobiles en rotation autour d'un axe, alors qu'un palier hydrostatique ou hydrodynamique radial à eau est formé entre, d'une part, une surface périphérique de l'arbre et, d'autre part, une surface radiale interne d'un organe fixe par rapport à l'axe, le palier s'étendant entre deux bords constituant, en fonctionnement normal du palier des zones d'évacuation d'un film d'eau formé dans le palier, au moins une cavité étant ménagée dans l'organe fixe et débouchant sur sa surface radiale interne au voisinage d'un premier bord du palier, parmi les deux bords et l'organe fixe comprenant des moyens de mise en communication fluidique de la cavité avec un volume situé à l'extérieur du palier, au voisinage du second bord, parmi les deux bords, la cavité et les moyens de mise en communication étant aptes à évacuer une partie d'un écoulement formant le film d'eau, en cas d'impossibilité d'évacuation du film au niveau du premier bord.

2- Machine selon la revendication 1, selon laquelle un joint batardeau est disposé au voisinage du bord du palier tourné vers la roue.

3- Machine selon la revendication 2, étant à axe vertical et la cavité est ménagée au-dessus du joint batardeau, au voisinage du bord inférieur du palier tourné vers la roue, et les moyens de mise en communication reliant la cavité avec un volume de la machine située au-dessus du bord supérieur par rapport au palier.

4- Machine selon la revendication 2, la machine étant à axe vertical, la cavité étant ménagée au voisinage du bord supérieur du palier et les moyens de mise en communication reliant la cavité avec une partie inférieure du palier, au-dessus du joint batardeau qui est disposé en dessous du bord inférieur du palier, cette partie inférieure du palier étant en communication avec un volume situé sous le palier, au voisinage de son bord inférieur.

5- Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, selon laquelle la cavité est une gorge annulaire ménagée dans l'organe fixe.

6- Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, selon laquelle la cavité est formée par la réunion de plusieurs cavités non jointives qui débouchent sur la surface radiale interne de l'organe fixe et sont chacune reliées à un conduit ménagé dans l'organe fixe et appartenant aux moyens de mise en communication.

7- Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, selon laquelle les moyens de mise en communication comprennent des moyens de réduction de pression.

8- Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, selon laquelle les moyens de mise en communication comprennent au moins un conduit reliant la cavité au volume situé au voisinage du second bord du palier.

9- Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant des moyens de détermination de la pression d'eau dans un conduit appartenant aux moyens de mise en communication.

10- Machine selon la revendication 9, selon laquelle les moyens de détermination de pression sont aptes à fournir à une unité de contrôle de la machine un signal représentatif de la pression d'eau dans le conduit.

11- Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, selon laquelle la cavité s'étend à une distance axiale du premier bord qui a une valeur inférieure à 10% de la dimension axiale du palier.

12- Machine selon la revendication 11, selon laquelle la cavité s'étend à une distance axiale du premier bord qui a une valeur inférieure à 5% de la dimension axiale du palier.

13- Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, selon laquelle la cavité a une dimension axiale dont la valeur est comprise entre 2,5 et 5% de la dimension axiale du palier.

14- Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, selon laquelle la cavité a une profondeur radiale dont la valeur est au moins vingt-cinq fois supérieure à l'épaisseur radiale du palier.

15- Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, selon laquelle la cavité a une profondeur radiale dont la valeur est au moins cinquante fois supérieure à l'épaisseur radiale du palier.

16- Installation de conversion d'énergie hydraulique en énergie électrique ou mécanique, ou inversement, comprenant une machine hydraulique selon l'une quelconque des revendications 1 à 15.

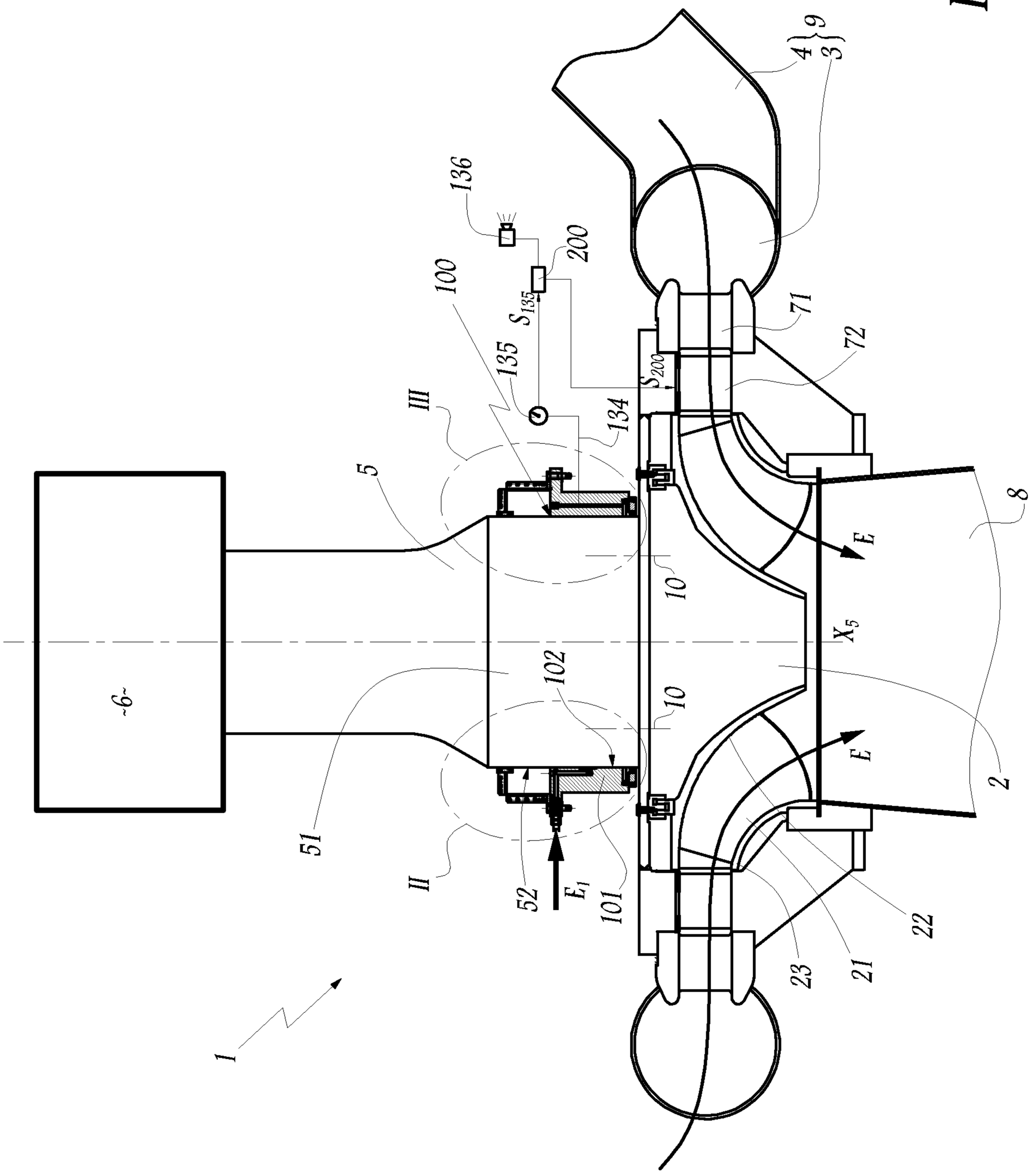

9
4
3
136
200
100
S_{135}
135
III
71
72
S_{200}
134
5
8
E
10
X_5
102
10
E
2
-6-
51
II
52
E_1
101
22
23
21
1
i

Fig. 1

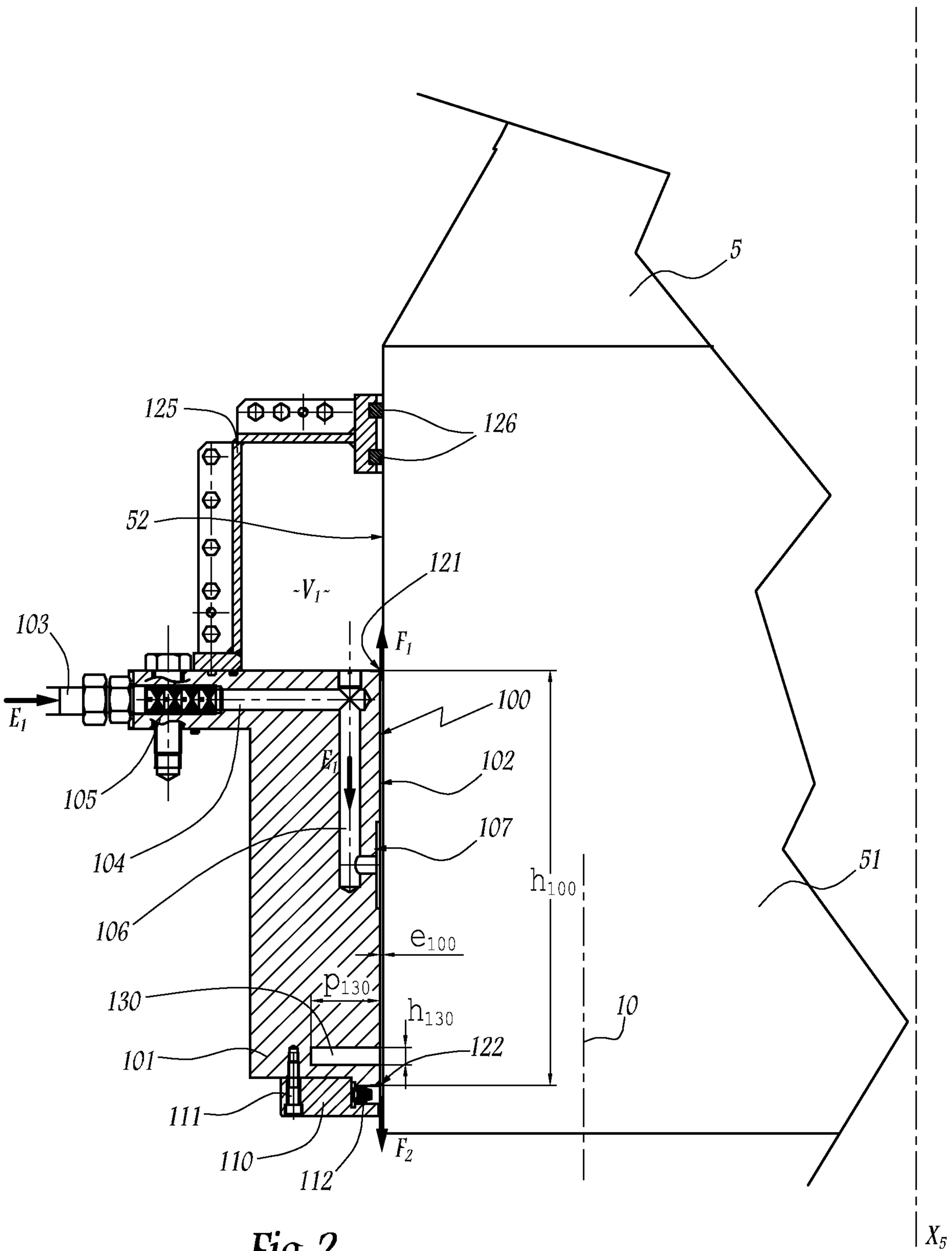

5
125
126
52
121
$-V_1-$
103
F_1
E_1
100
102
105
E_1
107
104
106
51
h_{100}
e_{100}
p_{130}
130
h_{130}
10
101
122
111
110
112
F_2
X_5

Fig.2

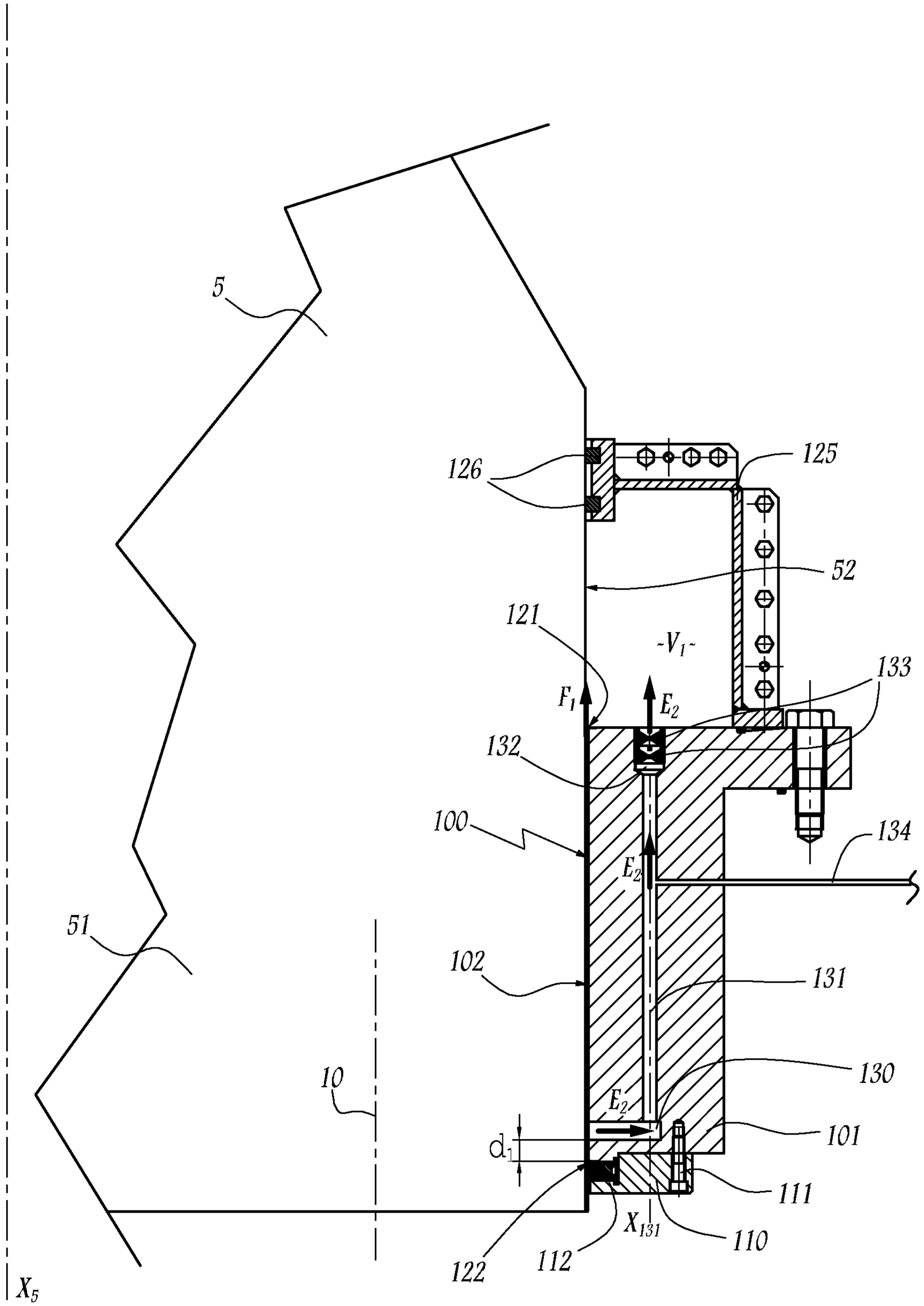

5
126
125
52
121
$-V_1-$
133
F_1
E_2
132
100
134
E_2
51
102
131
10
130
E_2
101
d_1
111
X_{131}
110
122
112
X_5

Fig.3

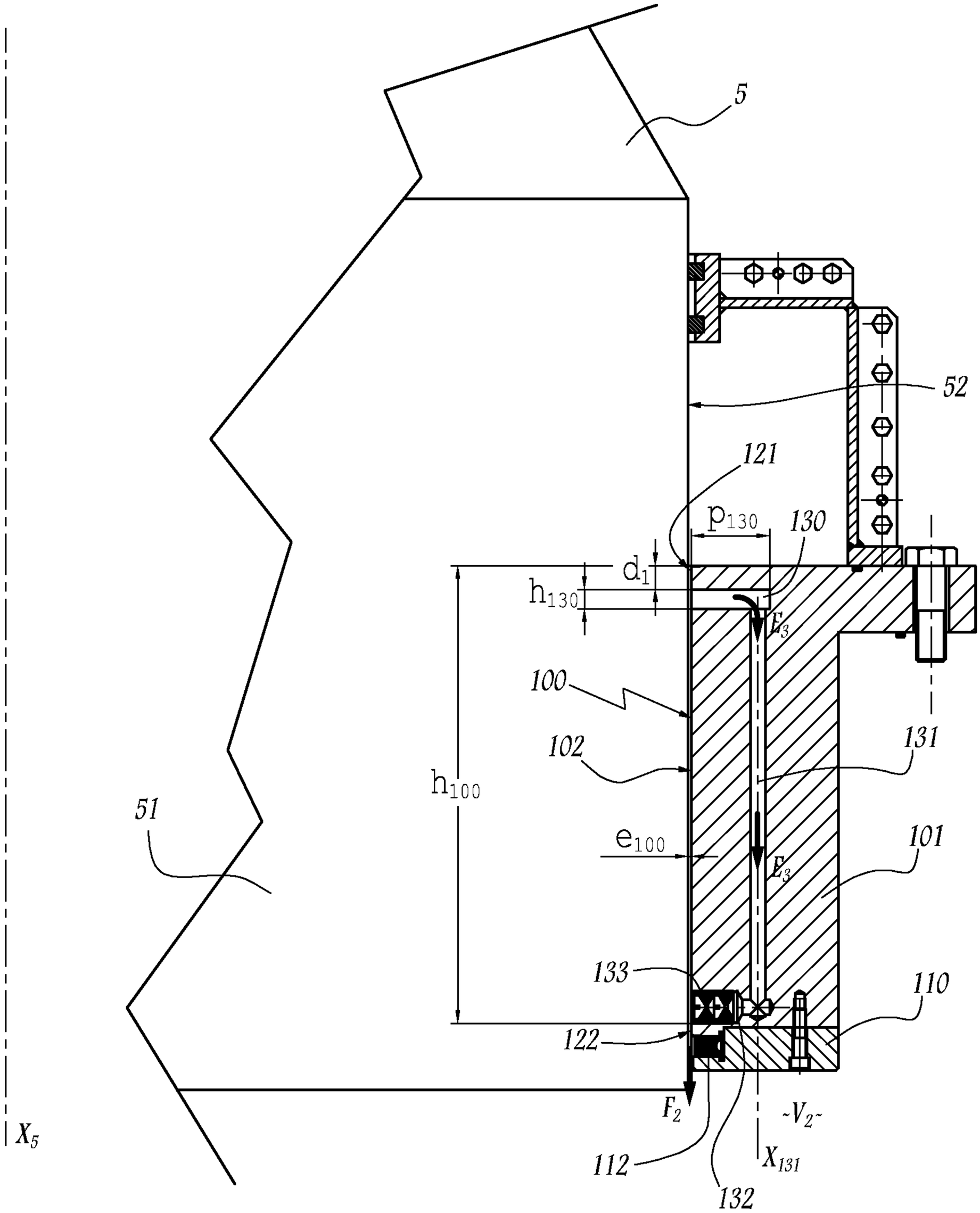
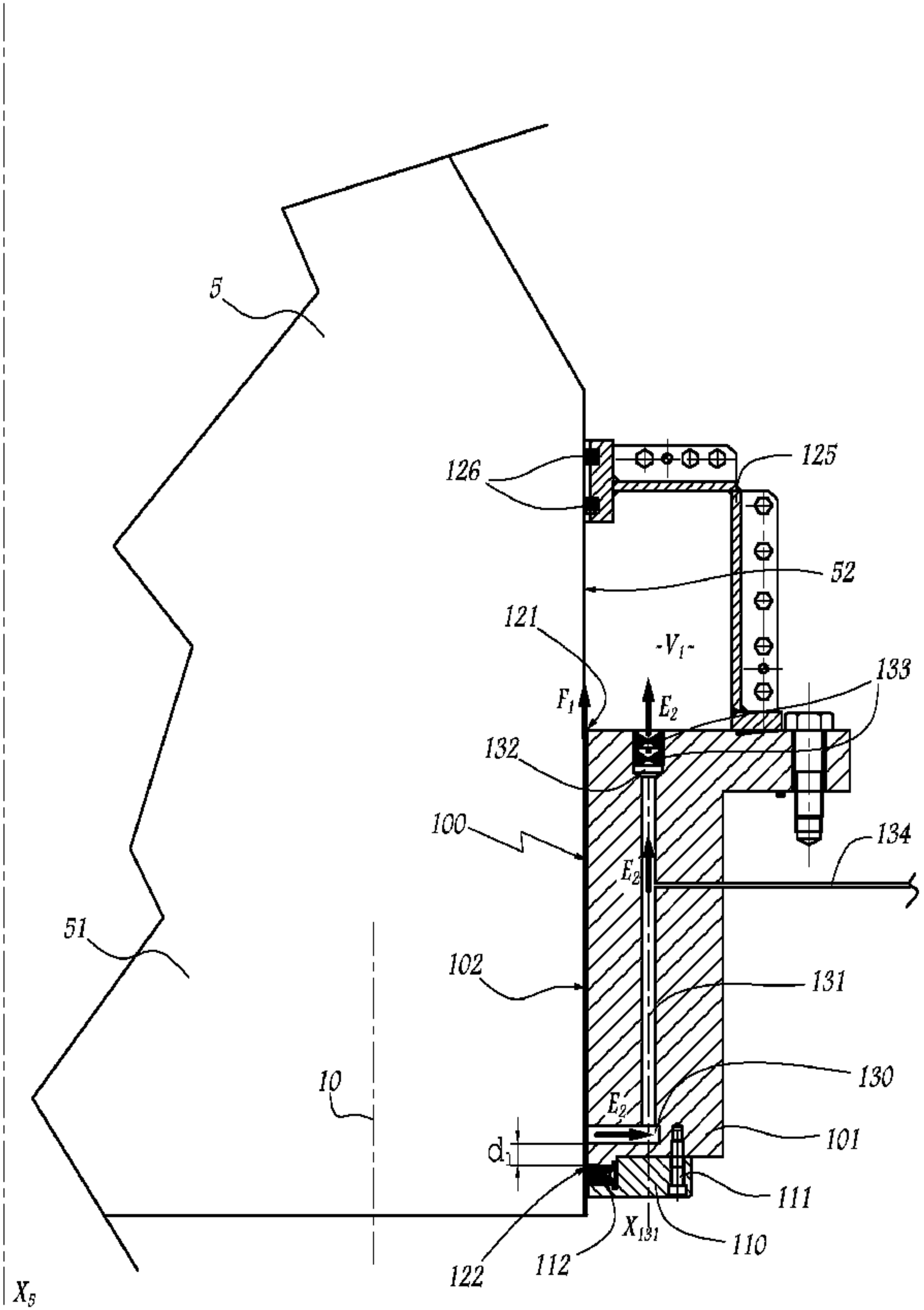

5
52
121
p_{130}
130
d_1
h_{130}
F_3
100
102
131
h_{100}
51
e_{100}
101
F_3
133
110
122
F_2
$-V_2-$
X_5
112
132
X_{131}

Fig.4


5
51
10
X_5
126
125
52
121
$-V_1-$
133
F_1
E_2
132
100
134
102
131
130
101
111
110
112
122
X_{131}
d_1