



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication :

**0 167 417
B1**

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet :
20.01.88

(51) Int. Cl.⁴ : **F 22 B 1/06**

(21) Numéro de dépôt : **85400849.7**

(22) Date de dépôt : **30.04.85**

(54) **Perfectionnement aux générateurs de vapeur à corps central du type sodium-eau.**

(30) Priorité : **04.05.84 FR 8406942**

(43) Date de publication de la demande :
08.01.86 Bulletin 86/02

(45) Mention de la délivrance du brevet :
20.01.88 Bulletin 88/03

(84) Etats contractants désignés :
BE CH DE GB IT LI LU NL

(56) Documents cités :
**EP-A- 0 070 775
EP-A- 0 089 869
EP-A- 0 105 781
FR-A- 2 295 388
FR-A- 2 363 772
US-A- 3 279 439
US-A- 3 924 675**

(73) Titulaire : **NOVATOME**
La Boursidière R.N. 186
F-92357 Le Plessis Robinson (FR)

(72) Inventeur : **Baudouin, André**
8 Grande Rue
F-78160 Marly Le Roi (FR)
Inventeur : **Traiteur, René**
19 rue des Capucines
F-91130 Ris Orangis (FR)

(74) Mandataire : **Moncheny, Michel et al**
c/o Cabinet Lavoix 2 Place d'Estienne d'Orves
F-75441 Paris Cedex 09 (FR)

EP 0 167 417 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

La présente invention a pour objet un générateur de vapeur du type sodium-eau utilisé notamment dans les centrales nucléaires.

Dans les centrales électriques, une chaudière apporte de la chaleur au fluide d'un circuit en boucle fermée, ce fluide échauffé circulant alors dans un générateur de vapeur afin de céder sa chaleur à de l'eau qui est transformée en vapeur, cette vapeur étant ensuite envoyée dans les turbines de la centrale.

Certaines centrales nucléaires, notamment du type à neutrons rapides, utilisent comme fluide servant au transport des calories depuis la chaudière vers le générateur de vapeur, du sodium liquide. Dans ce cas le générateur de vapeur est constitué d'un échangeur de chaleur dont le circuit primaire renferme du sodium liquide et dont le circuit secondaire renferme de l'eau transformée en vapeur.

Ces générateurs de vapeur comportent une enveloppe cylindrique à axe vertical fermée par des fonds bombés à l'intérieur de laquelle est disposé le faisceau tubulaire. Ce faisceau, lorsqu'il est constitué par des tubes enroulés en hélice, occupe une partie seulement de la section transversale du volume interne de l'enveloppe et ne s'étend que sur une partie de la hauteur de l'enveloppe. Au-dessus du faisceau, est ménagée une zone dans laquelle débouche au moins une conduite d'arrivée de sodium liquide échauffé, alors qu'à la partie inférieure du générateur de vapeur est prévue une conduite de sortie du sodium liquide refroidi.

Le sodium liquide circule, entre son entrée et sa sortie de l'enveloppe du générateur de vapeur, en contact avec la surface externe des tubes du faisceau tubulaire à l'intérieur desquels circule de l'eau qui se vaporise par échange de chaleur avec le sodium liquide.

La partie centrale du volume interne de l'enveloppe est occupée par un corps central cylindrique fermé à sa partie supérieure, coaxial à l'enveloppe du générateur de vapeur, depuis la partie inférieure dudit générateur jusqu'à la zone supérieure dans laquelle arrive le sodium liquide. Le faisceau tubulaire occupe la partie périphérique du volume interne de l'enveloppe, autour du corps central, sur toute la hauteur de celui-ci, à l'exception de sa partie inférieure dans laquelle des ouvertures permettent la sortie du sodium liquide après sa traversée du faisceau sans créer de perturbation d'écoulement au niveau des lyres de sortie des tubes du faisceau.

L'alimentation en sodium et la circulation de celui-ci dans le générateur de vapeur sont réglées de façon que le niveau supérieur de ce sodium dans l'enveloppe du générateur se situe un peu au-dessus de l'arrivée de sodium, dans la partie supérieure de l'enveloppe. L'espace compris entre le niveau supérieur du sodium et le fond supérieur du générateur est rempli par un gaz neutre tel que l'argon.

Dans de tels générateurs de vapeur, des précautions doivent être prises pour éviter tout contact entre le sodium liquide du circuit primaire et l'eau du circuit secondaire. En effet, on sait que le mélange de sodium et d'eau à haute température provoque des réactions chimiques très violentes, avec dégagement de gaz et augmentation brutale de la pression régnant dans le sodium liquide. Ces réactions brutales accidentelles qui peuvent s'apparenter à une explosion à l'intérieur du générateur, peuvent provoquer la détérioration partielle de certains organes, mais aussi, du fait de la propagation de l'onde de pression dans les canalisations du circuit secondaire, l'endommagement des échangeurs intermédiaires, ou l'endommagement des pompes de circulation ou toute autre installation située sur ce circuit secondaire. Il est donc nécessaire de favoriser la propagation des ondes de pression vers un niveau libre du sodium liquide où ces ondes sont amorties.

Jusqu'à présent, en cas de réaction sodium-eau, l'onde de pression qui se dirige vers le haut reçoit un amortissement important sur la surface libre supérieure du sodium, par contre celle qui se dirige vers le bas ne rencontre pas une telle surface libre.

La présente invention vise à pallier principalement ces différents inconvénients tout en permettant la sortie du sodium liquide qui a traversé le faisceau tubulaire sans entraîner d'écoulements tourbillonnaires au niveau des lyres de sortie des tubes.

Suivant l'invention le corps central rempli de sodium liquide dans sa partie supérieure et moyenne comporte à sa partie inférieure — d'une part un fond bombé sous lequel est injecté un gaz inerte pour constituer une poche qui définit une surface de séparation gaz-liquide servant à la réflexion et à l'atténuation d'une onde de pression en cas de réaction sodium-eau, et — d'autre part une pièce en étoile qui relie l'extrémité inférieure du corps central à une pièce terminale munie d'une partie tronconique s'emboîtant avec un jeu annulaire dans une tubulure pour la partie du sodium liquide qui a traversé le faisceau tubulaire.

On décrira à présent, à titre d'exemple non limitatif, une forme de réalisation préférée de l'invention en référence aux dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 représente une vue en coupe par un plan vertical de symétrie du générateur de vapeur.

La figure 2 représente une vue en coupe à plus grande échelle de la partie inférieure du générateur de vapeur.

La figure 3 représente une demi-vue en coupe selon AA de la figure 2.

Le générateur de vapeur comporte une enveloppe cylindrique 1 de grande longueur par rapport à son diamètre et disposée verticalement, remplie de sodium liquide en circulation constituant le circuit primaire. Cette enveloppe 1 est fermée par deux fonds bombés 2 et 3 à son

extrémité supérieure et à son extrémité inférieure, respectivement.

Le fond inférieur 3 est muni d'un prolongement 4 légèrement conique pour former une tubulure 5 de sortie du sodium. Le sodium liquide arrivant au générateur de vapeur, est introduit dans la chambre d'entrée par des orifices 6 radiaux à l'enveloppe 1, puis circule de haut en bas à l'intérieur de ladite enveloppe, et parvient à la zone de sortie située à la partie inférieure du générateur de vapeur d'où il est évacué par la tubulure 5.

A l'intérieur de l'enveloppe 1 est fixé un corps cylindrique creux 10, coaxialement à ladite enveloppe. Le générateur de vapeur comporte un circuit secondaire constitué par un faisceau tubulaire 7 enroulé en hélice dans l'espace annulaire existant entre le corps central 10 et l'enveloppe 1. Ce faisceau hélicoïdal se termine par des lyres de dilatation 8, chaque tube 9 traversant ensuite radialement l'enveloppe externe 1. L'eau est introduite par la partie inférieure des tubes 9 et ressort par la partie supérieure sous forme de vapeur.

En se reportant plus particulièrement aux figures 2 et 3, on voit qu'une pièce en étoile 11 formée par huit ailettes radiales 12 portant un petit tube central 13 est soudée sur la partie inférieure du corps central 10 par l'intermédiaire d'une collerette supérieure 14. Cette pièce en étoile 11 comporte également une collerette inférieure 15 sur laquelle est soudée une pièce terminale 16 qui s'achève par une partie tronconique 17 s'emboîtant avec un jeu assez important dans la tubulure conique 5. Ce jeu permet un certain débit de sodium, environ 10 %, entre l'enveloppe 1 et la fin du corps cylindrique de manière à balayer les lyres de dilatation 8, évitant tout sodium stagnant nuisible. Les ailettes 12 forment donc huit secteurs 18 qui, au niveau de la fin du faisceau hélicoïdal 7 et du début des lyres 8, communiquent chacun par une ouverture 19 avec l'espace périphérique du générateur de vapeur disposé autour du corps central 10. La pièce en étoile 11 réalisée par exemple en fonderie comporte également au milieu de chaque ailette 12, un bras 20 destiné à centrer le corps central 10 par rapport à l'enveloppe extérieure et maintenir ce corps en cas de sollicitations radiales par exemple lors de séisme ; il y a donc autant de bras que d'ailettes. Une sonde de niveau 21 maintenue par le petit tube central 13 est montée dans l'axe du corps cylindrique 10.

Légèrement au-dessus de la collerette supérieure 14 de la pièce en étoile 11, le corps cylindrique 10 est fermé par un fond bombé 23 de manière à constituer une poche 24 contenant un petit volume de gaz inerte par exemple de l'argon et définissant une surface de séparation 25 gaz-liquide ; la partie supérieure du corps cylindrique 10 située au-dessus de ce fond bombé étant remplie de sodium liquide. La partie centrale du fond bombé 23 est traversée par la sonde de niveau 21. Un petit conduit 26 amène dans la poche 24 le volume de gaz nécessaire, et un tube

27 s'étend entre la surface de séparation 25 et le niveau libre 30 supérieur de sodium. Ce tube 27 permet de conserver un niveau de sodium constant dans la poche 24 remplie de gaz, tout surplus s'échappant vers le niveau libre supérieur 30 du générateur de vapeur. Le fond bombé 23 comporte également un tube 22 pour la vidange du corps central 10, notamment en cas de vidange rapide du générateur de vapeur.

Avant la mise en service du générateur de vapeur, l'enveloppe 1 de celui-ci est remplie de sodium liquide jusqu'au niveau 30. On envoie alors l'argon à l'intérieur de la poche 24 par le petit conduit 26. Le niveau de sodium dans la poche 24 s'établit au niveau de la partie inférieure du tube 27.

Si dans le générateur de vapeur tel que décrit précédemment une fuite se produit dans le faisceau tubulaire transportant l'eau, l'onde de pression consécutive à la réaction violente sodium-eau rencontre très rapidement un niveau libre sodium argon si bien qu'elle est considérablement amortie à l'intérieur même du générateur de vapeur. En effet, l'onde de pression, qui se dirige vers le haut, rencontre le niveau libre supérieur 30 où elle est considérablement amortie. Il en est de même pour l'onde de pression qui se dirige vers le bas, car elle rencontre très rapidement la surface de séparation 25 gaz-liquide où elle est également amortie, du fait de l'élasticité de la poche de gaz 24, évitant ainsi que cette onde de pression ne se propage dans des proportions importantes par la canalisation de sortie du sodium, en direction des autres appareils situés dans ce circuit, c'est-à-dire principalement les pompes de circulation et surtout les échangeurs intermédiaires.

D'autre part, en cas de fuite d'un tube du faisceau, la sonde de niveau permet, avec d'autres appareillages spécialisés, de détecter le niveau où se situe la fuite par abaissement successif du niveau de sodium du générateur de vapeur.

On voit que le principal avantage du dispositif selon l'invention est de permettre un amortissement rapide des ondes de pression, après l'apparition de celles-ci, et quel que soit leur sens de propagation. Ce résultat est obtenu par une conception simple des dispositifs de réalisation d'un niveau libre à la base du générateur de vapeur.

Revendications

1. Générateur de vapeur du type sodium-eau notamment pour centrales nucléaires comprenant :

- une enveloppe cylindrique (1) à axe vertical remplie de sodium liquide et fermée par deux fonds bombés (2, 3) à son extrémité supérieure et à son extrémité inférieure, ledit fond inférieur (3) étant muni d'un prolongement légèrement conique pour former une tubulure (5) de sortie du sodium,

- un corps central creux (10), ouvert à sa partie

supérieure, disposé à l'intérieur et coaxialement à l'enveloppe cylindrique (1),

- et un circuit secondaire constitué par un faisceau tubulaire (7) de circulation d'eau s'étendant dans l'espace annulaire entre le corps central (10) et l'enveloppe cylindrique (1), caractérisé par le fait que le corps central (10) rempli de sodium liquide dans sa partie supérieure et moyenne comporte à sa partie inférieure d'une part un fond bombé (23) sous lequel est injecté un gaz inerte pour constituer une poche (24) qui définit une surface de séparation (25) gaz-liquide servant à la réflexion et à l'atténuation d'une onde de pression en cas de réaction sodium-eau, et d'autre part une pièce en étoile (11) qui relie l'extrémité inférieure du corps central (10) à une pièce terminale (16) munie d'une partie tronconique (17) s'emboîtant avec un jeu annulaire dans la tubulure (5) pour la sortie du sodium liquide qui a traversé le faisceau tubulaire (7).

2. Générateur de vapeur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la poche (24) comporte un conduit (26) d'alimentation en gaz et un tube vertical (27) reliant ladite poche à la partie supérieure du générateur de vapeur pour permettre d'évacuer le gaz en excès et maintenir le niveau gaz-sodium constant.

3. Générateur de vapeur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la pièce en étoile (11), réalisée en fonderie, est formée par des ailettes radiales (12) portant un tube central (13) pour le maintien d'une sonde de niveau (21) et comporte une collerette supérieure (14) et une collerette inférieure (15) qui sont respectivement soudées sur le corps central (10) et sur la pièce terminale (16).

4. Générateur de vapeur selon la revendication 3, caractérisé par le fait que les ailettes radiales (12) déterminent dans la pièce en étoile (11) des secteurs (18) communiquant chacun par une ouverture (19) avec l'espace annulaire compris entre le corps central (10) et l'enveloppe (1).

5. Générateur de vapeur selon la revendication 4, caractérisé par le fait que chaque ailette radiale (12) se prolonge sur une partie de sa hauteur par des bras (20) sensiblement jusqu'à l'enveloppe (1) pour le centrage et le maintien radial du corps central (10) par rapport à l'enveloppe (1).

Claims

A steam generator of the sodium-water type for nuclear power stations comprising :

- a cylindrical shell (1) having a vertical axis filled with liquid sodium and closed by two crowned end walls (2, 3) at its upper end and its lower end, said lower end wall (3) being provided with a slightly conical extension (4) for forming a sodium outlet pipe (5),

- a hollow central body (10) open in its upper part and disposed inside and coaxially with the cylindrical shell (1),

- and a secondary circuit constituted by a tube

bundle (7) for circulation of water and extending in the annular space between the central body (10) and the cylindrical shell (1),

characterised in that the central body (10) filled with liquid sodium in its upper and middle part includes in its lower part, on one hand, a crowned end wall (23) under which an inert gas is injected so as to constitute a pocket (24) which defines a gas liquid-separation surface (25) for the reflection and the attenuation of a pressure wave in the event of a sodium-water reaction, and, on the other hand, a spider element (11) which connects the lower end of the central body (10) to an end element (16) provided with a frustoconical part (17) which extends with an annular clearance into the outlet pipe (5) for the liquid sodium which has travelled through the tube bundle (7).

2. A steam generator according to claim 1, characterised in that the pocket (24) includes a gas supply conduit (26) and a vertical tube (27) connecting said pocket to the upper part of the steam generator for discharging the excess gas and maintaining the gas-sodium level constant.

3. A steam generator according to claim 1, characterised in that the spider element (11), which is made in the foundry, is formed by radial fins (12) carrying a central tube (13) for maintaining a level probe (21) and includes an upper flange (14) and a lower flange (15) which are respectively welded to the central body (10) and to the end element (16).

4. A steam generator according to claim 3, characterised in that the radial fins (12) define in the spider element (11) sectors (18) each communicating through an opening (19) with the annular space between the central body (10) and the shell (1).

5. A steam generator according to claim 4, characterised in that each radial fin (12) is extended in a part of its height by arms (20) substantially to the shell (1) for the centering and radial maintenance of the central body (10) relative to the shell (1).

Patentansprüche

1. Dampferzeuger vom Natrium-Wasser-Typ, insbesondere für Kernkraftwerke, umfassend :

- einen zylindrischen Mantel (1) mit vertikaler Achse, der mit flüssigem Natrium gefüllt und durch zwei gewölbte Böden (2, 3) an seinem oberen Ende und an seinem unteren Ende verschlossen ist, wobei der untere Boden (3) mit einer leicht konischen Verlängerung (4) versehen ist, um einen Auslaßstutzen (5) für das Natrium zu bilden,

- einen hohlen zentralen Körper (10), der an seinem oberen Teil offen ist, im Inneren und coaxial zum zylindrischen Mantel (1) angeordnet ist,

- und einen Sekundärkreislauf, der durch ein Rohrbündel (7) zur Zirkulation von Wasser gebildet ist, das sich im Ringraum zwischen dem zentralen Körper (10) und dem zylindrischen Man-

tel (1) erstreckt,

dadurch gekennzeichnet, daß der in seinem oberen und mittleren Teil mit flüssigem Natrium gefüllte zentrale Körper (10) an seinem unteren Teil zum einen einen gewölbten Boden (23), unterhalb von dem ein inertes Gas zugeführt wird, zur Bildung einer Tasche (24), die eine Gas-Flüssigkeitstrennfläche (25) begrenzt, die zur Reflexion und zur Dämpfung einer Druckwelle im Fall einer Natrium-Wasser-Reaktion dient, und zum anderen ein Sternteil (11) aufweist, das das untere Ende des zentralen Körpers (10) mit einem Anschlußteil (16) verbindet, das mit einem kegelförmigen Teil (17) versehen ist, der mit einem Ringspiel im Stutzen (5) für den Auslaß des flüssigen Natriums hineinpaßt, das das Rohrbündel (7) durchströmt hat.

2. Dampferzeuger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Tasche (24) eine Leitung (26) zur Gasversorgung und ein vertikales Rohr (27) aufweist, das die Tasche mit dem oberen Teil des Dampferzeugers verbindet, um die Abführung

des überschüssigen Gases zu gestatten und den Gas-Natrium-Pegel konstant zu halten.

3. Dampferzeuger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Sternteil (11) als Gußteil ausgeführt, durch radiale Flügel (12) gebildet ist, die ein zentrales Rohr (13) zum Halten einer Niveausonde (21) tragen, und einen oberen Flansch (14) und einen unteren Flansch (15) aufweist, die jeweils am zentralen Körper (10) und am Anschlußteil (16) angeschweißt sind.

4. Dampferzeuger nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die radialen Flügel (12) im Sternteil (11) Sektoren (18) bestimmen, die jeweils durch eine Öffnung (19) mit dem zwischen dem zentralen Körper (10) und dem Mantel (1) eingeschlossenen Ringraum in Verbindung stehen.

5. Dampferzeuger nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich jeder radiale Flügel (12) auf einem Teil seiner Höhe durch Arme (20) im wesentlichen bis zum Mantel (1) für die Zentrierung und das radiale Halten des zentralen Körpers (10) in bezug auf den Mantel (1) verlängert.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

0 167 417

FIG:1

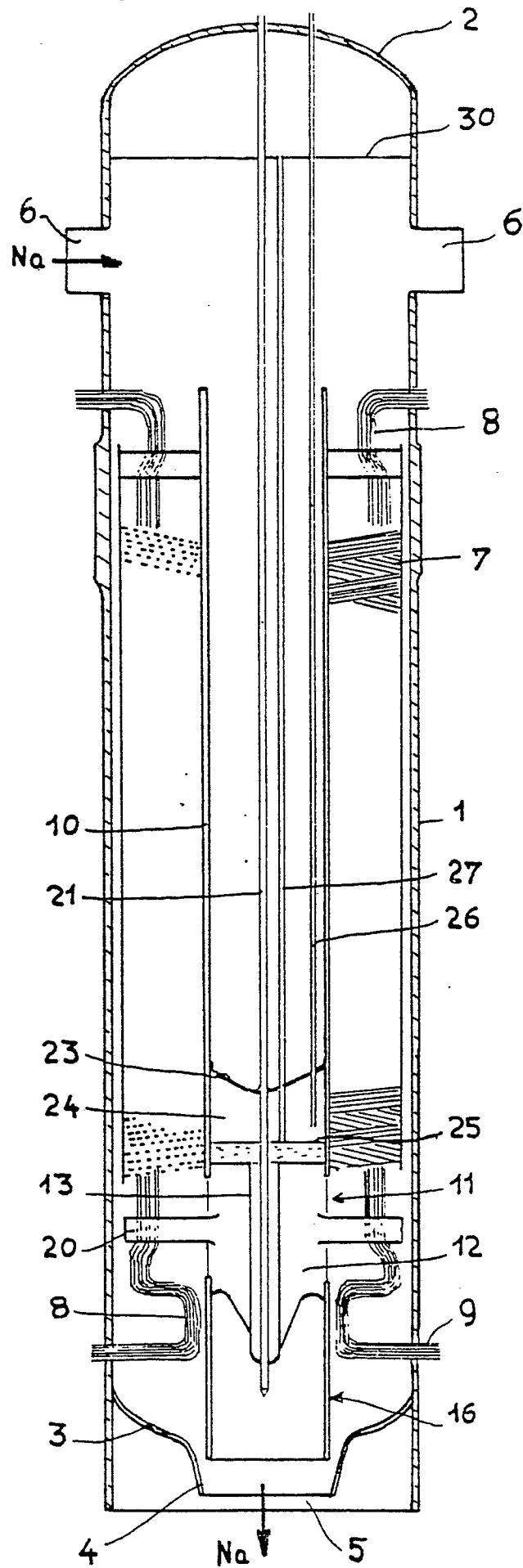


FIG:2

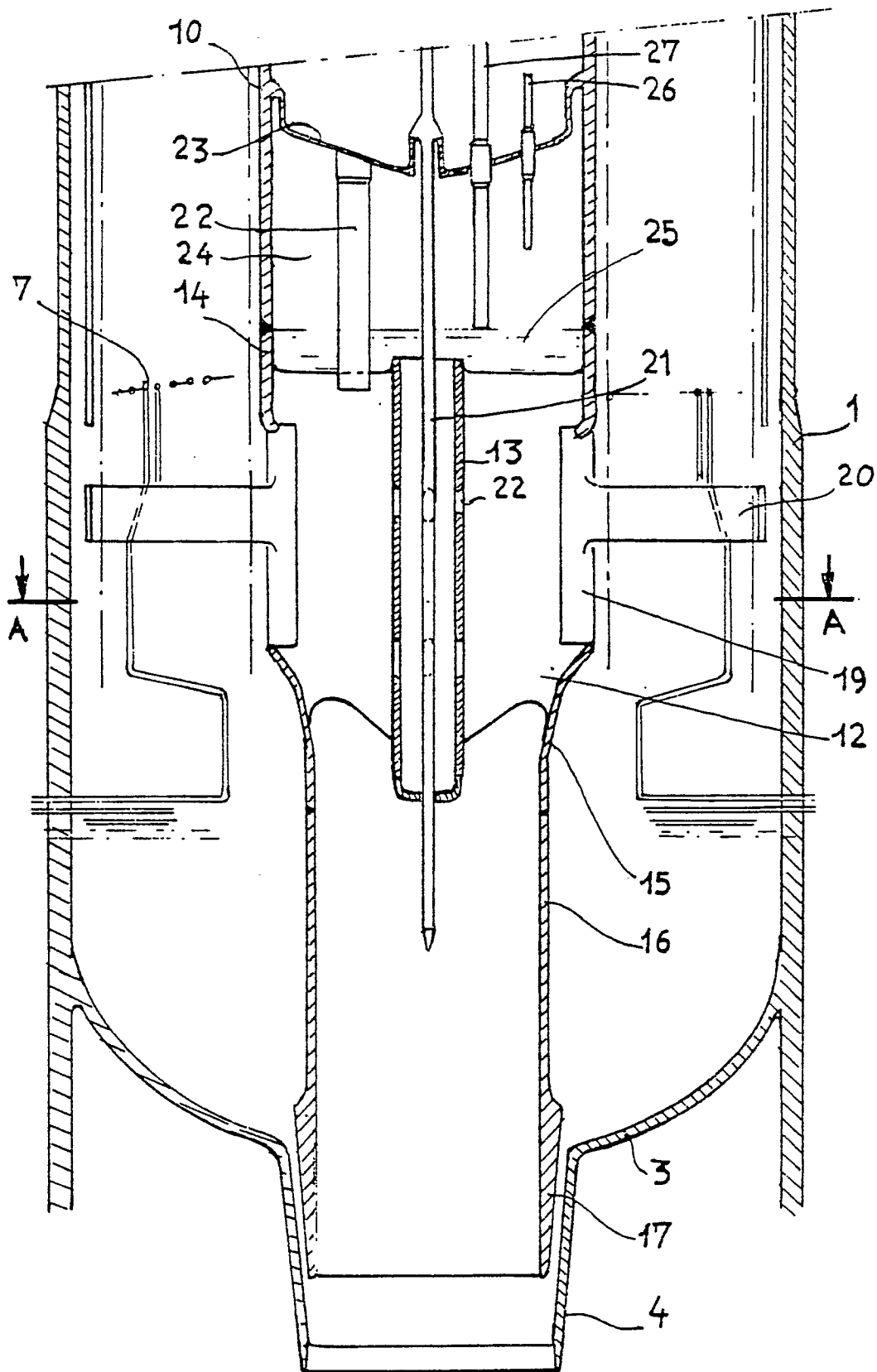


FIG: 3

