



(11) **EP 1 908 085 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
10.08.2011 Bulletin 2011/32

(21) Numéro de dépôt: **06764812.1**

(22) Date de dépôt: **22.06.2006**

(51) Int Cl.:
H01F 27/40 ^(2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2006/001419

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2007/003736 (11.01.2007 Gazette 2007/02)

(54) **DISPOSITIF DE PREVENTION CONTRE L'EXPLOSION D'UN TRANSFORMATEUR ELECTRIQUE**

EINRICHTUNG ZUR VERHINDERUNG DER EXPLOSION EINES ELEKTRISCHEN
TRANSFORMATORS

DEVICE FOR PREVENTING THE EXPLOSION OF AN ELECTRICAL TRANSFORMER

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorité: **29.06.2005 FR 0506661**

(43) Date de publication de la demande:
09.04.2008 Bulletin 2008/15

(60) Demande divisionnaire:
10011581.5 / 2 287 865

(73) Titulaire: **Magnier, Philippe
78260 Achères (FR)**

(72) Inventeur: **Magnier, Philippe
78260 Achères (FR)**

(74) Mandataire: **de Kernier, Gabriel
Cabinet Netter
Conseils en Propriété Industrielle
36, avenue Hoche
75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
**WO-A-00/57438 WO-A-97/12379
JP-A- 5 029 155**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 017, no. 310
(E-1380), 14 juin 1993 (1993-06-14) & JP 05 029155
A (HITACHI LTD), 5 février 1993 (1993-02-05)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 006, no. 067
(E-104), 28 avril 1982 (1982-04-28) & JP 57 007909
A (TOSHIBA CORP), 16 janvier 1982 (1982-01-16)

EP 1 908 085 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine de la prévention contre l'explosion des transformateurs électriques refroidis par un volume de fluide combustible.

[0002] Les transformateurs électriques subissent des pertes tant dans les enroulements que dans la partie fer, qui nécessitent la dissipation de la chaleur produite. Ainsi, les transformateurs de grande puissance sont généralement refroidis par un fluide tel que de l'huile. Les huiles utilisées sont diélectriques et sont susceptibles de prendre feu au-delà d'une température de l'ordre de 140°C. Les transformateurs étant des éléments très onéreux, leur protection nécessite une attention particulière.

[0003] Un défaut d'isolement engendre, dans un premier temps, un arc électrique important qui provoque une action des systèmes de protection électriques qui déclenchent la cellule d'alimentation du transformateur (disjoncteur). L'arc électrique provoque, également, une diffusion consécutive d'énergie qui engendre un dégagement de gaz par décomposition de l'huile diélectrique, notamment d'hydrogène et d'acétylène.

[0004] Suite au dégagement de gaz, la pression à l'intérieur de la cuve du transformateur augmente très rapidement, d'où une déflagration souvent très violente. De la déflagration résulte une importante déchirure des liaisons mécaniques de la cuve (boulons, soudures) du transformateur qui met lesdits gaz en contact avec l'oxygène de l'air ambiant. L'acétylène étant auto-inflammable en présence d'oxygène, un incendie démarre immédiatement et propage le feu aux autres équipements du site qui sont susceptibles de contenir également de grandes quantités de produits combustibles.

[0005] Les explosions sont dues à des ruptures d'isolement dues aux courts-circuits provoqués par des surcharges, des surtensions, une détérioration progressive de l'isolation, un niveau d'huile insuffisant, l'apparition d'eau ou de moisissure ou une panne d'un composant isolant.

[0006] On connaît, dans l'art antérieur, des systèmes d'extinction d'incendie pour transformateurs électriques qui sont actionnés par des détecteurs d'incendie ou de feu. Mais ces systèmes se mettent en oeuvre avec une inertie importante, lorsque l'huile du transformateur est déjà en flammes. On se contentait donc de limiter l'incendie à l'équipement concerné pour ne pas propager le feu aux installations voisines.

[0007] Pour ralentir la décomposition du fluide diélectrique due à un arc électrique, on peut utiliser des huiles silicones à la place des huiles minérales conventionnelles. Toutefois, l'explosion de la cuve du transformateur due à l'augmentation de la pression interne n'est retardée que d'une durée extrêmement faible, de l'ordre de quelques millisecondes. Cette durée ne permet pas de mettre en oeuvre des moyens propres à éviter l'explosion.

[0008] On connaît par le document WO-A-97/12379 un procédé de prévention contre l'explosion et l'incendie dans un transformateur électrique muni d'une cuve rem-

plie de fluide de refroidissement combustible, par détection d'une rupture de l'isolement électrique du transformateur par un capteur de pression, dépressurisation du fluide de refroidissement contenu dans la cuve, au moyen d'une vanne, et refroidissement des parties chaudes du fluide de refroidissement par injection d'un gaz inerte sous pression dans le bas de la cuve afin de brasser ledit fluide et d'empêcher l'oxygène de pénétrer dans la cuve du transformateur. Ce procédé donne satisfaction et permet d'éviter l'explosion de la cuve du transformateur.

[0009] Le document WO-A-00/57438 décrit un élément de rupture à ouverture rapide pour un dispositif de prévention contre l'explosion d'un transformateur électrique. Le document JP 05 029 255, qui décrit le préambule de la revendication 1. concerne un transformateur à double enveloppe dont l'enveloppe intérieure est munie d'éléments de relâchement de pression.

[0010] L'objet de la présente invention est de fournir un dispositif amélioré permettant une décompression extrêmement rapide de la cuve pour augmenter encore la probabilité de sauvegarde de l'intégrité du transformateur, des changeurs de prises en charge et des traversées tout en mettant en oeuvre des pièces de forme simple.

[0011] Le dispositif de prévention contre l'explosion d'un transformateur électrique pourvu d'une cuve remplie de fluide de refroidissement combustible, comprend un élément de relâchement de pression disposé sur une sortie de la cuve pour réaliser une décompression de la cuve, un réservoir disposé en aval de l'élément de relâchement de pression, au moins une vanne à déclenchement manuel montée en sortie du réservoir de façon que le réservoir soit hermétique pour recueillir un fluide passé par l'élément de relâchement de pression et une conduite montée entre l'élément de relâchement de pression et le réservoir. On évite ainsi une dispersion du fluide dans un endroit où cela n'est pas souhaitable pour des raisons de sécurité, de pollution ou autres. En effet, le fluide qui peut être un mélange de liquide et de gaz présente un risque d'inflammation lorsque l'apport d'oxygène est suffisant pour remplir les conditions d'inflammation et d'explosion. Par ailleurs, certains composants de ce fluide peuvent s'avérer néfastes pour l'homme et/ou pour l'environnement, notamment en atmosphère confinée.

[0012] Avantagusement, un élément de relâchement de pression automatique est monté en sortie du réservoir. L'élément de relâchement de pression peut comprendre une soupape susceptible de s'ouvrir lorsqu'un plafond de pression est dépassé afin d'éviter une explosion du réservoir. Le relâchement par la soupape est alors limité à la quantité nécessaire de fluide pour retrouver une pression inférieure au plafond de déclenchement de ladite soupape. Une conduite supplémentaire peut être disposée en aval de l'élément de relâchement de pression. La conduite supplémentaire permet de diriger le fluide vers l'endroit le plus approprié. La conduite supplémentaire peut être équipée d'un moyen de refroidis-

sement. La température du fluide peut ainsi être diminuée avant son échappement, d'où une réduction du risque d'inflammation. Le réservoir peut être équipé d'un moyen de refroidissement, par exemple sous la forme d'un détendeur de gaz.

[0013] Avantageusement, un élément d'arrêt de flamme est monté sur la conduite supplémentaire. L'élément d'arrêt de flamme peut se présenter sous la forme d'un clapet à fluide interdisant une entrée d'oxygène dans la conduite. L'élément d'arrêt de flamme peut également comprendre une pièce susceptible d'obturer ladite conduite lors de la présence d'une flamme. L'élément de relâchement de pression peut également comprendre une électrovanne commandée par une unité de commande extérieure ou un détecteur de température voisin de ladite vanne, capable de commander la fermeture de ladite électrovanne lors de la présence d'une combustion.

[0014] Le réservoir peut être équipé d'un moyen de refroidissement.

[0015] Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend une pompe à vide reliée au réservoir. On peut ainsi mettre le réservoir en dépression forte par rapport à l'atmosphère ambiante et à la pression normale régnant dans la cuve du transformateur, ce qui facilite la décompression de la cuve et réduit la quantité d'oxygène présente dans la cuve.

[0016] Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend une pompe à gaz et un réservoir auxiliaire. La pompe à gaz est disposée entre le réservoir et le réservoir auxiliaire et permet de transférer, par exemple avec une chasse à l'azote simultanément à un pompage, des gaz combustibles et/ou toxiques du réservoir vers le réservoir auxiliaire qui peut ensuite être isolé du réservoir et de la pompe à gaz. La pompe à gaz peut comprendre un compresseur et le réservoir auxiliaire peut comprendre une enceinte sous pression. Les gaz combustibles toxiques peuvent ainsi être stockés dans un volume réduit.

[0017] Avantageusement, le dispositif comprend une chambre de dépressurisation disposée entre l'élément de relâchement de pression et le réservoir. La chambre de dépressurisation présente une perte de charge extrêmement faible et peut être disposée immédiatement en aval de l'élément de relâchement de pression de façon à permettre une décompression rapide de la cuve du transformateur. Le réservoir peut être situé à une distance de la chambre de dépressurisation beaucoup plus élevée que la distance entre la cuve du transformateur et la chambre de dépressurisation. La chambre de dépressurisation peut se présenter sous la forme d'une portion de tube de diamètre nettement plus élevé que le diamètre de la conduite. La chambre de dépressurisation peut avantageusement être prévue pour résister à des pressions et à des efforts mécaniques élevés supérieurs à ceux pour lesquels le réservoir est dimensionné.

[0018] Dans un mode de réalisation, l'élément de relâchement de pression comprend un disque rigide perforé et une membrane d'étanchéité. L'élément de relâchement de pression peut également comprendre un dis-

que fendu. Les disques peuvent être bombés dans le sens de l'écoulement du fluide. Le disque fendu peut comprendre une pluralité de pétales séparés les uns des autres par des fentes sensiblement radiales. Les pétales se raccordent à une partie annulaire du disque et sont susceptibles de s'appuyer les uns sur les autres par l'intermédiaire de pattes d'accrochage pour résister à une pression extérieure à la cuve du transformateur supérieure à la pression intérieure. Le disque rigide perforé peut être pourvu d'une pluralité de trous traversants disposés près du centre dudit disque et à partir duquel s'étendent des fentes radiales. La membrane d'étanchéité peut consister en une mince couche à base de polytétrafluoroéthylène.

[0019] Le disque fendu peut comprendre une pluralité de portions capables de s'appuyer les unes sur les autres lors d'une poussée dans une direction axiale.

[0020] Dans un mode de réalisation, l'élément de relâchement de pression comprend en outre un disque de protection de la membrane d'étanchéité, le disque de protection comprenant une feuille mince prédécoupée. Le disque de protection peut être réalisé à partir d'une feuille de polytétrafluoroéthylène d'épaisseur supérieure à la membrane d'étanchéité. La prédécoupe peut être en forme de portion de cercle. Le disque rigide perforé peut comprendre une pluralité de fentes radiales, distinctes les unes des autres.

[0021] Avantageusement, le dispositif comprend une pluralité d'éléments de relâchement de pression prévus pour être reliés à une pluralité de transformateurs. Un seul réservoir peut ainsi servir à la prévention contre l'explosion d'une pluralité de transformateurs, chaque transformateur étant associé à au moins un élément de relâchement de pression.

[0022] Le dispositif peut comprendre un moyen de détection de rupture intégré à l'élément de relâchement de pression d'où une détection de la pression de la cuve par rapport à un plafond prédéterminé de relâchement de pression. Le moyen de détection de rupture peut comprendre un fil électrique apte à se rompre en même temps que l'élément de relâchement de pression. Le fil électrique peut être collé sur l'élément de relâchement de pression de préférence du côté opposé au fluide. Le fil électrique peut être recouvert d'un film de protection.

[0023] Le dispositif peut comprendre une pluralité d'éléments de relâchement de pression prévus pour être reliés à une pluralité de capacités d'huile d'au moins un transformateur.

[0024] Le procédé de prévention contre l'explosion d'un transformateur électrique pourvu d'une cuve remplie de fluide de refroidissement combustible, comprend une décompression de la cuve réalisée par un élément de relâchement de pression, un recueil de fluide passé par l'élément de relâchement de pression et une conduite réalisée par un réservoir hermétique, et un retrait des gaz effectué par au moins une vanne à déclenchement manuel.

[0025] Le dispositif de prévention contre l'explosion

est adapté pour la cuve principale d'un transformateur, pour la cuve du ou des changeurs de prise en charge, et pour la cuve des traversées électriques, cette dernière cuve étant aussi appelée « boîte à huile ». Les traversées électriques ont pour rôle d'isoler la cuve principale d'un transformateur des lignes haute et basse tension auxquelles sont reliés des enroulements du transformateur par l'intermédiaire de conducteurs de sortie. Chaque conducteur de sortie est entourée par une boîte à huile contenant une certaine quantité de fluide d'isolement. Le fluide d'isolement des traversées et/ou boîtes à huile est une huile différente de celle du transformateur. On peut prévoir un moyen d'injection d'azote relié à la cuve du transformateur et apte à se déclencher après la détection d'un défaut de façon manuelle ou automatique. L'injection d'azote peut favoriser l'évacuation des gaz combustibles de la cuve du transformateur vers le réservoir et éventuellement vers le réservoir auxiliaire.

[0026] Le dispositif de prévention contre l'explosion peut être muni d'un moyen de détection du déclenchement de la cellule d'alimentation du transformateur et d'un boîtier de commande qui reçoit les signaux émis par les moyens capteurs du transformateur et qui est capable d'émettre les signaux de commande.

[0027] Grâce à l'invention, on réduit très fortement la probabilité d'échappement de fluide combustible et/ou toxique en dehors du dispositif, ce qui permet de réduire les risques d'inflammation desdits gaz ou encore d'intoxication d'un opérateur qui se trouve au voisinage.

[0028] Le dispositif de prévention contre l'explosion est particulièrement bien adapté pour des transformateurs électriques se trouvant dans des endroits confinés, par exemple des tunnels, des mines ou encore en sous-sol de zone urbanisée.

[0029] La présente invention sera mieux comprise à l'étude de la description détaillée de quelques modes de réalisation pris à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés, sur lesquels:

- la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif de prévention contre l'incendie;
- la figure 2 est une vue de détail de la figure 1;
- la figure 3 est une vue schématique d'un dispositif de prévention contre l'incendie associé à plusieurs transformateurs;
- la figure 4 montre une variante de la figure 1;
- la figure 5 montre une variante de la figure 1;
- la figure 6 est une vue en coupe transversale d'un élément de rupture;
- la figure 7 est une vue partielle agrandie de la figure 6;
- la figure 8 est une vue de dessus correspondant à la figure 6; et
- la figure 9 est une vue de dessous correspondant à la figure 6;
- la figure 10 est une vue schématique d'un dispositif de prévention contre l'incendie à chambre de dépressurisation verticale;

- la figure 11 est une vue générale correspondant à la figure 10
- les figures 12 et 13 montrent des variantes de la figure 1.

[0030] Comme illustré sur les figures, le transformateur 1 comprend une cuve 2 reposant sur la sol 3 au moyen de pieds 4 et est alimenté en énergie électrique par des lignes électriques 5 entourés par des isolateurs 6. La cuve 2 comprend un corps 2a et un couvercle 2b.

[0031] La cuve 2 est remplie de fluide de refroidissement 7, par exemple, de l'huile diélectrique. Afin de garantir un niveau constant de fluide de refroidissement 7 dans la cuve 2, le transformateur 1 est muni d'un réservoir d'appoint 8 en communication avec la cuve 2 par une conduite 9.

[0032] La conduite 9 est pourvue d'un clapet automatique 10 qui obture la conduite 9 dès qu'il détecte un mouvement rapide du fluide 7. Ainsi, lors d'une dépressurisation de la cuve 2, la pression dans la conduite 9 chute brusquement ce qui provoque un début d'écoulement de fluide 7 qui est rapidement arrêté par l'obturation du clapet automatique 10. On évite ainsi que le fluide 7 contenu dans le réservoir d'appoint 8 vienne se vidanger.

[0033] La cuve 2 est également munie d'un ou plusieurs câbles 11 de détection d'incendie. Dans le mode de réalisation représenté, un câble 11 de détection d'incendie est monté au-dessus de la cuve 2 et est supporté par des plots 12 reposant sur le couvercle 2b. Une distance de quelques centimètres sépare le câble 11 du couvercle 2b. Le câble 11 peut comprendre deux fils séparés par une membrane synthétique à bas point de fusion, les deux fils entrant en contact après la fusion de la membrane. Le câble 11 peut être disposé selon un parcours en rectangle à proximité des bords de la cuve 2.

[0034] La cuve 2 peut comprendre un capteur de la présence de vapeur du fluide de refroidissement également appelé buchholz monté en un point haut de la cuve 2, en général sur la conduite 9. Une rupture d'isolement électrique provoque le dégagement de vapeur du fluide 7 dans la cuve 2. Un capteur de vapeur peut servir à détecter une rupture de l'isolation électrique avec un certain retard.

[0035] Le transformateur 1 est alimenté par l'intermédiaire d'une cellule d'alimentation, non représentée, qui comprend des moyens de coupure d'alimentation tels que des disjoncteurs et qui est munie de capteurs de déclenchement.

[0036] Le dispositif de prévention comprend une vanne 13 montée sur une sortie de la cuve 2 disposée en un point haut du corps 2a, un élément de rupture 15 dont l'éclatement permet de détecter sans retard la variation de pression due à la rupture de l'isolation électrique du transformateur, et deux manchons élastiques 14 absorbant les vibrations, l'un étant disposé entre la vanne 13 et l'élément de rupture 15. Le dispositif de prévention comprend également une chambre de dépressurisation 16 de diamètre supérieur à celui de l'élément de rupture

15, montée en aval de l'élément de rupture 15 et une conduite 17 de vidange supportée par un réservoir 18 destiné à recueillir les fluides provenant de la cuve 2 après éclatement de l'élément de rupture 15 et séparer la fraction liquide de la fraction gazeuse. La conduite 17 est montée entre la chambre de dépressurisation 16 et le réservoir 18. L'autre manchon élastique 14 est monté entre la chambre de dépressurisation 16 et la conduite 17.

[0037] Le réservoir 18 peut être équipé d'ailettes de refroidissement 18a. Le réservoir 18 est équipé d'une tuyauterie 19 d'évacuation des gaz issus de l'huile. La tuyauterie 19 peut être reliée de façon temporaire à une citerne mobile pour vidanger le réservoir 18. La cuve 2 est ainsi dépressurisée immédiatement et ultérieurement partiellement vidée dans le réservoir 18. L'élément de rupture 15 pourra être prévu pour s'ouvrir à une pression déterminée inférieure à 1. bar, par exemple comprise entre 0,6 et 1,6 bar, de préférence entre 0,8 et 1,4 bar.

[0038] Une vanne 20 est disposée dans la tuyauterie 19 pour empêcher l'entrée d'oxygène de l'air qui pourrait alimenter la combustion des gaz et celle de l'huile dans le réservoir 18 et dans la cuve 2, et pour empêcher la sortie incontrôlée de gaz ou de liquide. La vanne 20 peut être manuelle ou motorisée à commande manuelle. La vanne 20 est constamment fermée pour maintenir le réservoir hermétique, sauf lorsque l'on vide le réservoir 18 des gaz qui s'y trouvent, ou que l'on effectue une purge des gaz.

[0039] La cuve 2 comprend un moyen de refroidissement du fluide 7 par injection d'un gaz inerte tel que de l'azote dans le bas de la cuve 2. Le gaz inerte est stocké dans un réservoir sous pression muni d'une vanne, d'un détendeur ou d'un réducteur de pression et d'un tuyau 21 amenant le gaz jusqu'à la cuve 2. Le réservoir sous pression est logé dans une armoire 22.

[0040] Le câble 11, l'élément de rupture 15, le capteur de vapeur, les capteurs de déclenchement, la vanne 13 et l'obturateur 20 sont reliés à un boîtier de commande 23 destiné à contrôler le fonctionnement du dispositif. Le boîtier de commande 23 est muni de moyens de traitement d'information recevant les signaux des différents capteurs et capables d'émettre des signaux de commande notamment de la vanne 20.

[0041] En fonctionnement normal, la vanne 13 est ouverte et l'élément de rupture 15 intact, c'est-à-dire fermé. La vanne 20 est également fermée. La vanne 13 peut être fermée pour des opérations de maintenance, le transformateur 1 étant à l'arrêt. Le manchon élastique 14 est capable d'absorber les vibrations du transformateur 1 qui se produisent lors de son fonctionnement et lors d'un court-circuit, pour éviter de transmettre les vibrations à d'autres éléments, notamment à l'élément de rupture 15. La chambre de dépressurisation 16 permet une forte chute de pression lors de l'éclatement de l'élément de rupture 15 grâce à des pertes de charge extrêmement réduites.

[0042] Lors de l'éclatement de l'élément de rupture 15

suite à un défaut électrique dans le transformateur 1, la pression dans la cuve 2 diminue. Un jet de gaz et/ou de liquide traverse l'élément de rupture 15 et se répand dans la chambre de dépressurisation 16, puis s'écoule dans la conduite 17 vers le réservoir 18. Le rôle de la chambre de dépressurisation 16 peut s'avérer particulièrement important dans les premières millisecondes suivant l'éclatement de l'élément de rupture 15.

[0043] Ultérieurement, une injection de gaz inerte, par exemple de l'azote, peut être effectuée dans le bas de la cuve 2 pour chasser les gaz combustibles susceptibles de rester dans la cuve 2 et refroidir les parties chaudes du transformateur pour arrêter la production de gaz. L'injection de gaz inerte peut être déclenchée de quelques minutes à quelques heures après l'éclatement de l'élément de rupture 15, de préférence une durée de décantation suffisante pour que les gaz et les liquides se séparent convenablement est prévue. En outre, il est possible d'attendre le refroidissement du réservoir 18 et de son contenu. Lesdits gaz combustibles s'évacuent vers le réservoir 18. Une citerne mobile peut être amenée en connexion avec la tuyauterie 19 pour recevoir les fluides présents dans le réservoir 18 après ouverture de la vanne 20. Le réservoir 18 peut être purgé avec un gaz inerte. L'élément de rupture 15 peut alors être remplacé. Pour des raisons de sécurité, le réservoir du gaz inerte est prévu pour pouvoir injecter du gaz inerte pendant une durée de l'ordre de 45 minutes, ce qui peut s'avérer utile pour refroidir l'huile et les parties chaudes par brassage de l'huile, et donc stopper la production des gaz par décomposition de l'huile.

[0044] Le transformateur 1 peut être équipé d'un ou plusieurs changeurs de prise en charge 25 servant d'interfaces entre ledit transformateur 1 et le réseau électrique auquel il est relié pour assurer une tension constante malgré des variations du courant fourni au réseau. Le changeur de prise en charge 25 est relié par une conduite de vidange 26 à la conduite 17 destinée à la vidange. En effet, le changeur de prise en charge 25 est également refroidi par un fluide de refroidissement inflammable. En raison de sa forte résistance mécanique, l'explosion d'un changeur de prise en charge est extrêmement violente et peut s'accompagner de projection de jets de fluide de refroidissement enflammé. La conduite 26 est pourvue d'un élément de relâchement de pression 27 capable de se déchirer en cas de court-circuit et donc de surpression à l'intérieur du changeur de prise en charge 25. On évite ainsi l'explosion de la cuve dudit changeur de prise en charge 25.

[0045] Grâce à l'invention, on dispose ainsi d'un dispositif de prévention contre l'explosion de transformateur qui détecte les ruptures d'isolation de façon extrêmement rapide et agit simultanément de façon à limiter les conséquences qui en résultent. Cela permet de sauver le transformateur ainsi que le changeur de prise en charge et les traversées et de minimiser les dégâts liés au défaut d'isolement.

[0046] Comme on peut le voir sur la figure 2, la cham-

bre de dépressurisation 16 repose sur quatre amortisseurs 28 supportés par une console 29 fixée au corps 2a de la cuve 2. Une isolation mécanique est ainsi créée entre les vibrations issues du transformateur 1 lors du fonctionnement normal et la chambre de dépressurisation 16, d'une part, et entre la déformation du transformateur 1 lors d'une rupture de l'isolement, d'autre part.

[0047] Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 3, plusieurs transformateurs 1 voisins sont reliés à un réservoir 18. En d'autres termes, plusieurs dispositifs de prévention de plusieurs transformateurs différents peuvent comprendre un réservoir 18 commun. Ceci s'avère particulièrement avantageux dans les lieux confinés où l'espace disponible est restreint.

[0048] Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 4, le dispositif de prévention comprend, en outre, une pompe à vide 30 relié au réservoir 18 par une conduite. Le réservoir 18 peut être muni d'un système de refroidissement 18b, par exemple par détente d'azote. Lors de la mise en fonctionnement du dispositif de prévention, la pompe à vide 30 est actionnée et réalise un vide partiel du réservoir 18, puis est arrêtée. La masse de gaz issue de la cuve 2 après l'éclatement de l'élément de rupture 15 qui est susceptible d'être stockée dans le réservoir 18 est accrue à pression maximale égale. La dépressurisation peut s'en trouver facilitée. Le réservoir peut être de volume réduit d'où un gain de place.

[0049] Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 5, le dispositif de prévention comprend, en outre, une pompe à gaz 31 reliée à la conduite 17 ou au réservoir 18 et débouchant dans une bouteille 32 résistante à la pression. Après l'éclatement de l'élément de rupture 15, et l'écoulement d'une durée suffisante pour le refroidissement des gaz, la pompe à gaz 31 est mise en fonctionnement et réalise un pompage des gaz présents dans le réservoir 18. Le réservoir 18 peut ainsi être vidé du gaz qu'il contient, ledit gaz pouvant être un mélange de gaz inerte et de gaz combustible. Après l'arrêt de la pompe à gaz 31, la bouteille 32 peut facilement être retirée et transportée à distance. Ce mode de réalisation convient particulièrement à des transformateurs installés dans des mines ou des tunnels.

[0050] Comme on peut le voir sur les figures 6 à 9, l'élément de rupture 15 est de forme circulaire bombée convexe et est prévu pour être monté sur un orifice de sortie, non représenté, d'une cuve 2 maintenue serrée entre deux brides 33, 34 en forme de disques. L'élément de relâchement 15 comprend une partie de retenue 35 sous la forme d'un voile métallique de faible épaisseur, par exemple en acier inoxydable, en aluminium, ou en alliage d'aluminium. L'épaisseur de la partie de retenue 35 peut être comprise entre 0,05 et 0,25 mm.

[0051] La partie de retenue 35 est pourvue de stries radiales 36 la divisant en plusieurs portions. Les stries radiales 36 sont formées en creux dans l'épaisseur de la partie de retenue 35 de façon qu'une rupture se fasse par déchirement de la partie de retenue 35 en son centre et ce sans fragmentation pour éviter que des fragments

de l'élément de relâchement 15 ne soient arrachés et déplacés par le fluide traversant l'élément de relâchement 15 et risquent de détériorer une conduite située à l'aval.

[0052] La partie de retenue 35 est pourvue de trous traversants 37 de très faible diamètre répartis un par strie 36 à proximité du centre. Autrement dit, plusieurs trous 37 sont disposés en hexagone. Les trous 37 forment des amorces de déchirure de résistance faible et garantissent que la déchirure commence au centre de la partie de retenue 35. La formation d'au moins un trou 37 par strie 36 assure que les stries 36 se sépareront simultanément en offrant la section de passage la plus forte possible. En variante, on pourrait envisager un nombre de stries 36 différent de six, et/ou plusieurs trous 37 par strie 36. Le revêtement d'étanchéité 50 est capable d'obturer les trous 37.

[0053] La pression d'éclatement de l'élément de relâchement 15 est déterminée, notamment, par le diamètre et la position des trous 37, la profondeur des stries 36, l'épaisseur et la composition du matériau formant la partie de retenue 35. De préférence, les stries 36 sont formées sur toute l'épaisseur de la partie de retenue 35. Le reste de la partie de retenue 35 peut présenter une épaisseur constante.

[0054] Deux stries 36 adjacentes forment un triangle 39 qui lors de la rupture va se séparer des triangles voisins par déchirure de la matière entre les trous 37 et se déformer vers l'aval par pliage. Les triangles 39 se plient sans déchirure pour éviter l'arrachement des dits triangles 39 susceptibles de détériorer une conduite aval ou de gêner l'écoulement dans la conduite aval augmentant ainsi la perte de charge et ralentissant la dépressurisation côté amont. Le nombre de stries 36 dépend également du diamètre de l'élément de retenue 15.

[0055] La bride 34 disposée à l'aval de la bride 33 est percée d'un trou radial dans lequel est disposé un tube de protection 41. Le détecteur de rupture comporte un fil électrique 42 fixé sur la partie de retenue 35 du côté aval et disposé en boucle. Le fil électrique 42 se prolonge dans le tube de protection 41 jusqu'à un boîtier de connexion 43. Le fil électrique 42 s'étend sur la quasi totalité du diamètre de l'élément de retenue 15, avec une portion de fil 42a disposée d'un côté d'une strie 36 parallèlement à ladite strie 36 et l'autre portion de fil 42b disposée radialement de l'autre côté de la même strie 36 parallèlement à ladite strie 36. La distance entre les deux portions de fil 42a, 42b est faible. Cette distance peut être inférieure à la distance maximale séparant deux trous 37 de telle sorte que le fil 42 passe entre les trous 37.

[0056] Le fil électrique 42 est recouvert par un film de protection qui sert à la fois à éviter sa corrosion et à le coller sur la face aval de la partie de retenue 35. La composition de ce film sera aussi choisie pour éviter de modifier la pression de rupture de l'élément de rupture 15. Le film pourra être réalisé en polyamide fragilisée. L'éclatement de l'élément de rupture entraîne nécessairement la coupure du fil électrique 42. Cette coupure peut être

détectée de façon extrêmement simple et fiable par interruption de la circulation d'un courant passant par le fil 42 ou encore par écart de tension entre les deux extrémités du fil 42.

[0057] L'élément de rupture 15 comprend également une partie de renforcement 44 disposée entre les brides 33 et 34 sous la forme d'un voile métallique, par exemple en acier inoxydable, en aluminium, ou en alliage d'aluminium. L'épaisseur de la partie de renforcement 44 peut être comprise entre 0,2 et 1 mm.

[0058] La partie de renforcement 44 comprend une pluralité de pétales, par exemple cinq, séparées par des stries radiales 45 formées sur toute leur épaisseur. Les pétales se raccordent à un bord extérieur annulaire, une strie 46 en arc de cercle étant formée sur toute l'épaisseur de chaque pétale sauf à proximité des pétales voisins, conférant ainsi aux pétales une capacité à se déformer axialement. L'un des pétales est relié à un polygone central 47, par exemple par soudure. Le polygone 47 ferme le centre des pétales et vient s'appuyer sur des crochets 48 fixés sur les autres pétales et décalés axialement par rapport aux pétales de façon que le polygone 47 soit disposé axialement entre les pétales et les crochets 48 correspondants. Le polygone 47 peut venir en contact avec le fond des crochets 48 pour s'y appuyer axialement. La partie de renforcement 44 offre une bonne résistance axiale dans un sens et une très faible résistance axiale dans l'autre sens, le sens de l'éclatement de l'élément de rupture 15. La partie de renforcement 44 est particulièrement utile lorsque la pression dans la cuve 2 du transformateur 1 est inférieure à celle de la chambre de dépressurisation 16 ce qui peut se produire si un vide partiel est fait dans la cuve 2 pour le remplissage du transformateur 1.

[0059] Entre la partie de retenue 35 et la partie de renforcement 44, peuvent être disposés une partie d'étanchéité 49 comprenant un film mince 50 de matériau synthétique étanche par exemple à base de polytétrafluoroéthylène entouré sur chaque face par un film épais 51 de matériau synthétique prédécoupé évitant une perforation du film mince 50 par la partie de retenue 35 et la partie de renforcement 44. Chaque film épais 51 peut comprendre un matériau synthétique par exemple à base de polytétrafluoroéthylène d'épaisseur de l'ordre de 0,1 à 0,3 mm. La prédécoupe des film épais 51 peut être effectuée selon un arc de cercle d'environ 330°. Le film mince 50 peut présenter une épaisseur de l'ordre de 0,005 à 0,1 mm.

[0060] L'élément de rupture 15 offre une bonne résistance à la pression dans un sens, une résistance calibrée à la pression dans l'autre sens, une excellente étanchéité et une faible inertie à l'éclatement.

[0061] Pour améliorer l'étanchéité, l'élément de rupture 15 peut comprendre une rondelle 52 disposée entre la bride 33 et la partie de retenue 35 et une rondelle 53 disposée entre la bride 34 et la partie de renforcement 44. Les rondelles 52 et 53 peuvent être réalisées à base de polytétrafluoroéthylène.

[0062] En outre, un moyen de refroidissement des fluides dans le dispositif de prévention peut être prévu. Le moyen de refroidissement peut comprendre des ailettes sur la conduite 17 et /ou le réservoir 18, un groupe de climatisation du réservoir 18, et/ou une réserve de gaz liquéfié, par exemple de l'azote, dont la détente est susceptible de refroidir le réservoir 18.

[0063] Dans le mode de réalisation des figures 10 et 11, le dispositif de prévention est disposé sensiblement verticalement, par exemple sur le couvercle 2b de la cuve 2. La chambre de dépressurisation 16 comprend un cylindre d'axe vertical fermé à ses extrémités tout en étant relié à l'élément de rupture 15, de diamètre supérieur à celui de l'élément de rupture 15, montée en aval de l'élément de rupture 15. La chambre de dépressurisation 16 forme également le réservoir de recueil. La conduite 19 se raccorde à une zone supérieure du cylindre de la chambre de dépressurisation 16. Une conduite 54 se raccorde à une zone inférieure du cylindre de la chambre de dépressurisation 16 pour le prélèvement de liquide. Ce mode de réalisation est particulièrement compact, le dispositif de prévention étant situé en grande partie au dessus de la cuve 2.

[0064] Dans une variante avantageuse, la conduite 54 est reliée au réservoir d'appoint 8, voir pointillés sur la figure 10. Le volume disponible du réservoir d'appoint 8, c'est-à-dire la partie non occupée par un liquide, est disponible pour recevoir du liquide en provenance de la chambre de dépressurisation 16. Un élément de rupture supplémentaire 61 peut être disposé sur la conduite 54 entre la chambre de dépressurisation 16 et le réservoir d'appoint 8. L'élément de rupture supplémentaire 61 peut être taré à une pression de rupture plus élevée que l'élément de rupture 15 en amont de la chambre de dépressurisation 16.

[0065] En fonctionnement, la perte de charge dans la conduite 54 laisse le temps au clapet automatique 10 de se fermer lors d'une rupture de l'élément de rupture 15. Le réservoir d'appoint 8 recueille du liquide en provenance de la chambre de dépressurisation 16, le clapet automatique 10 étant fermé.

[0066] Comme illustré sur la figure 11, la chambre de dépressurisation 16 débouche dans la conduite 17 située dans le prolongement de la conduite 26. La conduite 17 débouche dans le réservoir d'appoint 8.

[0067] Dans le mode de réalisation de la figure 12, le dispositif de prévention comprend une vanne 13 montée sur une sortie de la cuve 2 disposée en un point du corps 2a situé sensiblement entre la moitié et deux tiers de la hauteur du corps 2a. La conduite 17 est coudée vers le haut après la chambre de dépressurisation 16 et comprend une portion haute 17a. disposée à un niveau supérieur à celui des enroulements du transformateur 1. A titre d'exemple, le bas de la portion haute 17a peut être situé à environ 20 mm au dessus de l'extrémité supérieure des enroulements. Ainsi, la décompression et la vidange partielle permet de conserver l'immersion des enroulements et l'isolation qui en découle.

[0068] La conduite 9 est pourvue d'un détecteur de gaz 55 disposé entre le clapet automatique 10 et le couvercle 2b de la cuve 2. Une conduite 56 relie la conduite 9 et la portion haute 17a de la conduite 17. La conduite 56 se raccorde à la conduite 9 entre le détecteur de gaz 55 et le clapet automatique 10. Sur la conduite 56 sont disposés une vanne manuelle 57 maintenue en position ouverte sauf pour les opérations de maintenance et une électrovanne 58 commandée par le boîtier de commande 23, en position fermée en service normal et en position ouverte après un relâchement de pression par l'élément 15, pour récupérer des gaz inflammables présents dans la conduite 9.

[0069] En outre, les traversées 6 à isolement à huile sont également pourvues d'un élément de relâchement de pression 59 débouchant dans une conduite 60 reliée à la conduite 17. L'élément de relâchement de pression 59 peut être de structure semblable à l'élément de relâchement de pression 15 et de calibre adapté. Ainsi, la cuve, les traversées et le changeur de prise en charge peuvent être pourvus d'éléments de relâchement de pression permettant d'accroître la probabilité de sauvegarde de leur intégrité.

[0070] Dans le mode de réalisation de la figure 13, le dispositif de prévention comprend une vanne 13 montée sur une sortie de la cuve 2 disposée en un point bas du corps 2a. La conduite 17 est coudée vers le haut après la chambre de dépressurisation 16 et comprend une portion haute 17a comme dans le mode de réalisation précédent.

[0071] Un tel système de protection est économique, autonome par rapport aux installations voisines, d'encorement faible et sans maintenance.

[0072] L'unité de commande peut également être reliée aux capteurs accessoires tels que détecteur d'incendie, capteur de vapeur (buchholz) et au capteur de déclenchement de la cellule d'alimentation pour déclencher une extinction de l'incendie en cas de défaillance de la prévention d'explosion.

[0073] Grâce à l'invention, on dispose ainsi d'un dispositif de prévention contre l'explosion dans un transformateur qui nécessite peu de modifications des éléments du transformateur, qui détecte les ruptures d'isolation de façon extrêmement rapide et agissent simultanément de façon à limiter les conséquences en résultant, y compris dans des lieux confinés. Cela permet d'éviter les explosions des capacités d'huile et les incendies qui en résultent en réduisant les dégâts liés aux courts-circuits sur le transformateur ainsi que les changeurs de prise en charge et les traversées.

Revendications

1. Dispositif de prévention contre l'explosion d'un transformateur électrique (1) pourvu d'une cuve (2) remplie de fluide de refroidissement combustible, comprenant un élément de relâchement de pression

(15) disposé sur une sortie de la cuve pour réaliser une décompression de la cuve, un réservoir (18) disposé en aval de l'élément de relâchement de pression, et au moins une vanne (20) à déclenchement manuel montée en sortie du réservoir de façon que le réservoir soit hermétique pour recueillir un fluide passé par l'élément de relâchement de pression, **caractérisé par le fait qu'il** comprend une conduite (17) montée entre l'élément de relâchement de pression (15) et le réservoir (18).

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel un élément de relâchement de pression automatique est monté en sortie du réservoir.

3. Dispositif selon la revendication 2, comprenant une conduite supplémentaire disposée en aval de l'élément de relâchement de pression.

4. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel un élément d'arrêt de flamme est monté sur la conduite supplémentaire.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le réservoir est équipé d'un moyen de refroidissement.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une pompe à vide reliée au réservoir.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une pompe à gaz reliée au réservoir et un réservoir auxiliaire relié à la pompe à gaz.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une chambre de dépressurisation (16) disposée entre l'élément de relâchement de pression (15) et le réservoir.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'élément de relâchement de pression (15) comprend un disque rigide perforé (35), une membrane d'étanchéité (50) et un disque fendu (44).

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif comprend une pluralité d'éléments de relâchement de pression (15) prévus pour être reliés à une pluralité de transformateurs (1), et un réservoir (18).

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif comprend une pluralité d'éléments de relâchement de pression (15) prévus pour être reliés à une pluralité de capacités d'huile d'au moins un transformateur (1), et un ré-

servoir (18).

12. Procédé de prévention contre l'explosion d'un transformateur électrique (1) pourvu d'une cuve (2) remplie de fluide de refroidissement combustible, dans lequel une décompression de la cuve (2) est réalisée par un élément de relâchement de pression (15), un recueil de fluide passé par l'élément de relâchement de pression et une conduite (17) est réalisé par un réservoir (18) hermétique, et un retrait des gaz est effectué par au moins une vanne (20) à déclenchement manuel.

Claims

1. Device for preventing the explosion of an electric transformer (1) equipped with a tank (2) filled with combustible coolant fluid, **characterized in that** it includes a pressure relief element (15) arranged on an outlet of the tank to decompress the tank, a reservoir (18) arranged downstream of the pressure relief element, and at least one manually triggered valve (20) fitted at the outlet of the reservoir such that the reservoir is hermetic in order to collect a fluid that passes through the pressure relief element, a pipe (17) mounted between the pressure relief element (15) and the reservoir (18).
2. Device according to Claim 1, in which an automatic pressure relief element being fitted at the outlet of the reservoir.
3. Device according to Claim 2, including an additional pipe arranged downstream of the pressure relief element.
4. Device according to Claim 3, in which a flame arresting element is fitted to the additional pipe.
5. Device according to any one of the preceding claims, in which the reservoir is equipped with cooling means.
6. Device according to any one of the preceding claims, including a vacuum pump connected to the reservoir.
7. Device according to any one of the preceding claims, including a gas pump connected to the reservoir and an auxiliary reservoir connected to the gas pump.
8. Device according to any one of the preceding claims, including a depressurization chamber (16) arranged between the pressure relief element (15) and the reservoir.
9. Device according to any one of the preceding claims, in which the pressure relief element (15) includes a

perforated rigid disc (35), an impermeable membrane (50) and a slotted disc (44).

10. Device according to any one of the preceding claims, in which the device includes a plurality of pressure relief elements (15) intended to be connected to a plurality of transformers (1), and a reservoir (18).
11. Device according to any one of the preceding claims, in which the device includes a plurality of pressure relief elements (15) intended to be connected to a plurality of oil capacitors of at least one transformer (1), and a reservoir (18).
12. Method for preventing the explosion of an electric transformer (1) equipped with a tank (2) filled with combustible coolant fluid, in which the tank (2) is decompressed by a pressure relief element (15), the fluid that passes through the pressure relief element and a pipe (17) is collected by a hermetic reservoir (18), and gases are removed by at least one manually triggered valve (20).

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Verhindern einer Explosion eines elektrischen Transformators (1), versehen mit einem Behälter (2), der mit einer brennbaren Kühlflüssigkeit gefüllt ist, mit einem Druckablasseelement (15), das auf einem Auslass des Behälters angeordnet ist, um eine Dekompression des Behälters zu erzeugen, einem Reservoir (18), das stromab des Druckablasseelements angeordnet ist, und wenigstens einem Ventil (20) mit manueller Auslösung, das am Ausgang des Reservoirs derart angeordnet ist, dass das Reservoir hermetisch geschlossen ist, um eine Flüssigkeit, die durch das Druckablasseelement durchgeflossen ist, aufzufangen, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Leitung (17) aufweist, die zwischen dem Druckablasseelement (15) und dem Reservoir (18) angebracht ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der ein automatisches Druckablasseelement am Ausgang des Reservoirs angebracht ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2 mit einer Zusatzleitung, die stromab des Druckablasseelements angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der ein Flammenanhaltelement an der Zusatzleitung angebracht ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Reservoir mit einer Kühleinrichtung ausgerüstet ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Vakuumpumpe, die mit dem Reservoir verbunden ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Gaspumpe, die mit dem Reservoir und einem Hilfsreservoir verbunden ist, das mit der Gaspumpe verbunden ist. 5
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Unterdruckkammer (16), die zwischen dem Druckablasselement (15) und dem Reservoir angeordnet ist. 10
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Druckablasselement (15) eine perforierte starre Scheibe (35), eine Dichtmembran (50) und eine geschlitzte Scheibe (44) aufweist. 15
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Vorrichtung eine Mehrzahl von Druckablasselementen (15) aufweist, die vorgesehen sind, um mit einer Mehrzahl von Transformatoren (1) und einem Reservoir (18) verbunden zu werden. 20
25
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Vorrichtung eine Mehrzahl von Druckablasselementen (15) aufweist, die vorgesehen sind, um mit einer Mehrzahl von Ölkapazitäten von wenigstens einem Transformator (1) und einem Reservoir (18) verbunden zu werden. 30
12. Verfahren zur Verhinderung einer Explosion eines elektrischen Transformators (1), versehen mit einem Behälter (2), der mit einer brennbaren Kühlflüssigkeit gefüllt ist, bei dem eine Dekompression des Behälters (2) durch ein Druckablasselement (15) verwirklicht wird, wobei ein Fluidsampler von dem Druckablasselement durchquert wird und eine Leitung (17) durch ein hermetisches Reservoir (18) verwirklicht wird, und eine Gasrücknahme durch wenigstens ein Ventil (20) mit manueller Auslösung erzeugt wird. 35
40
45

50

55

FIG.1

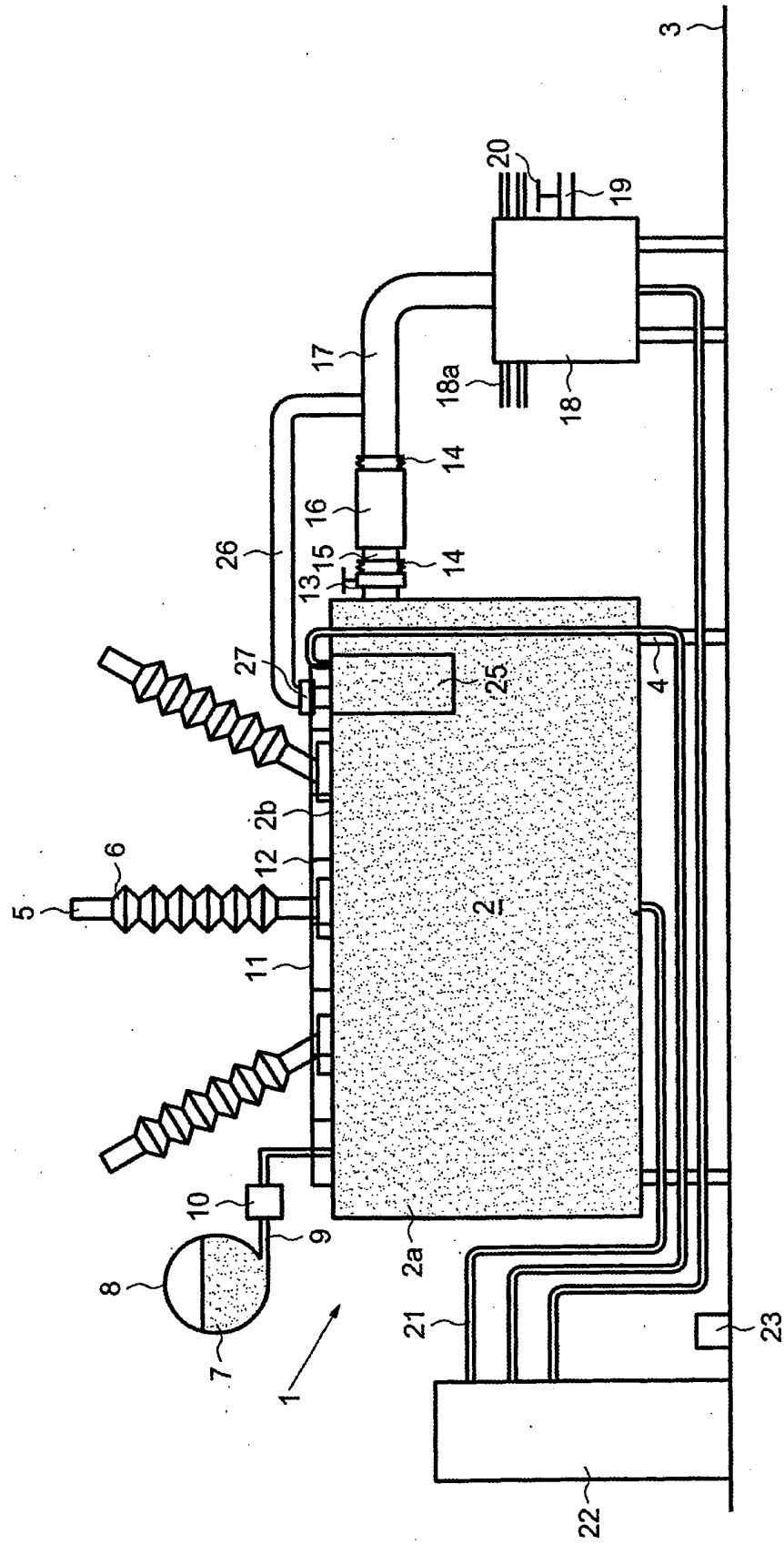


FIG.2

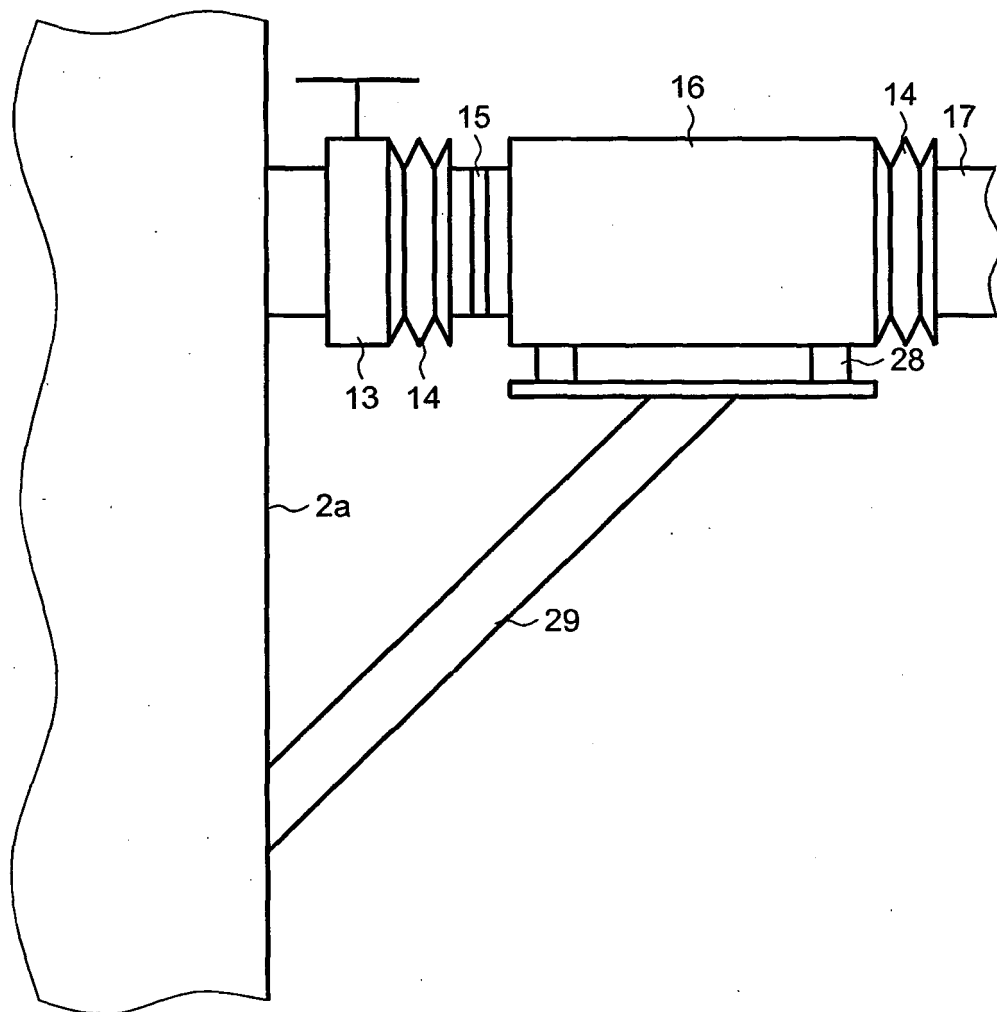


FIG.3

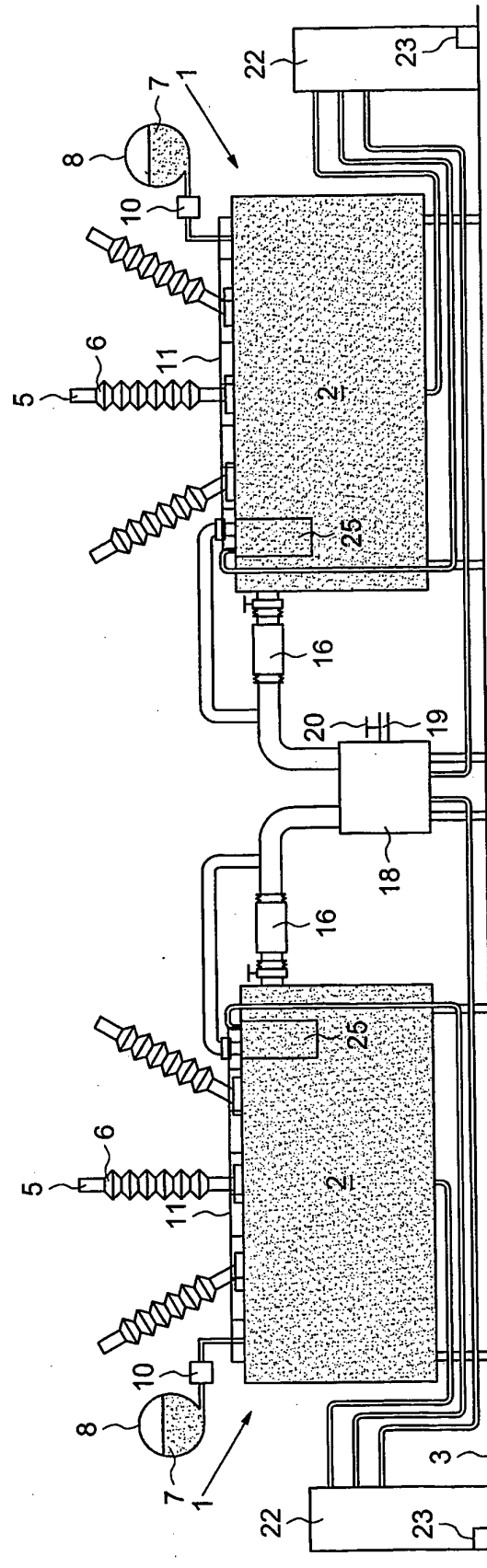


FIG.4

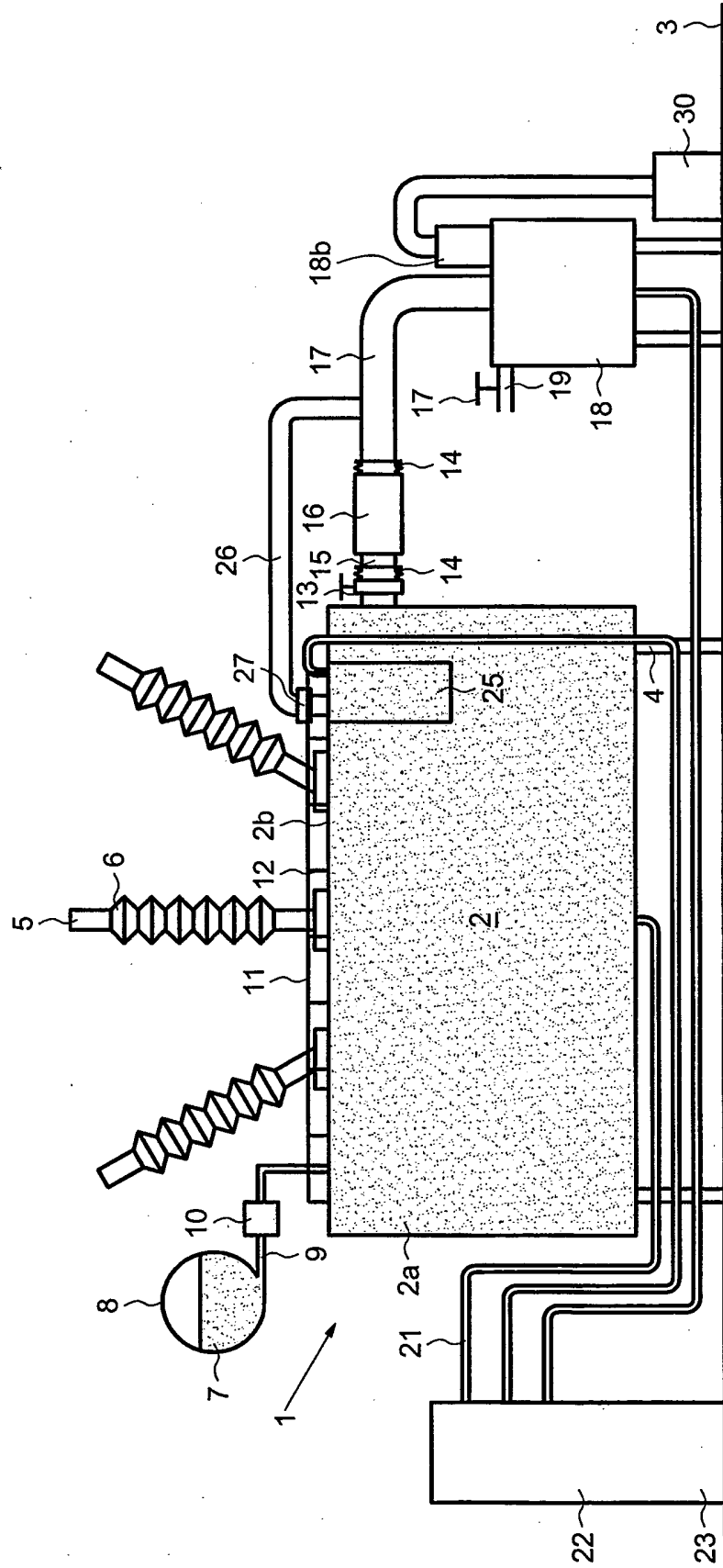


FIG.5

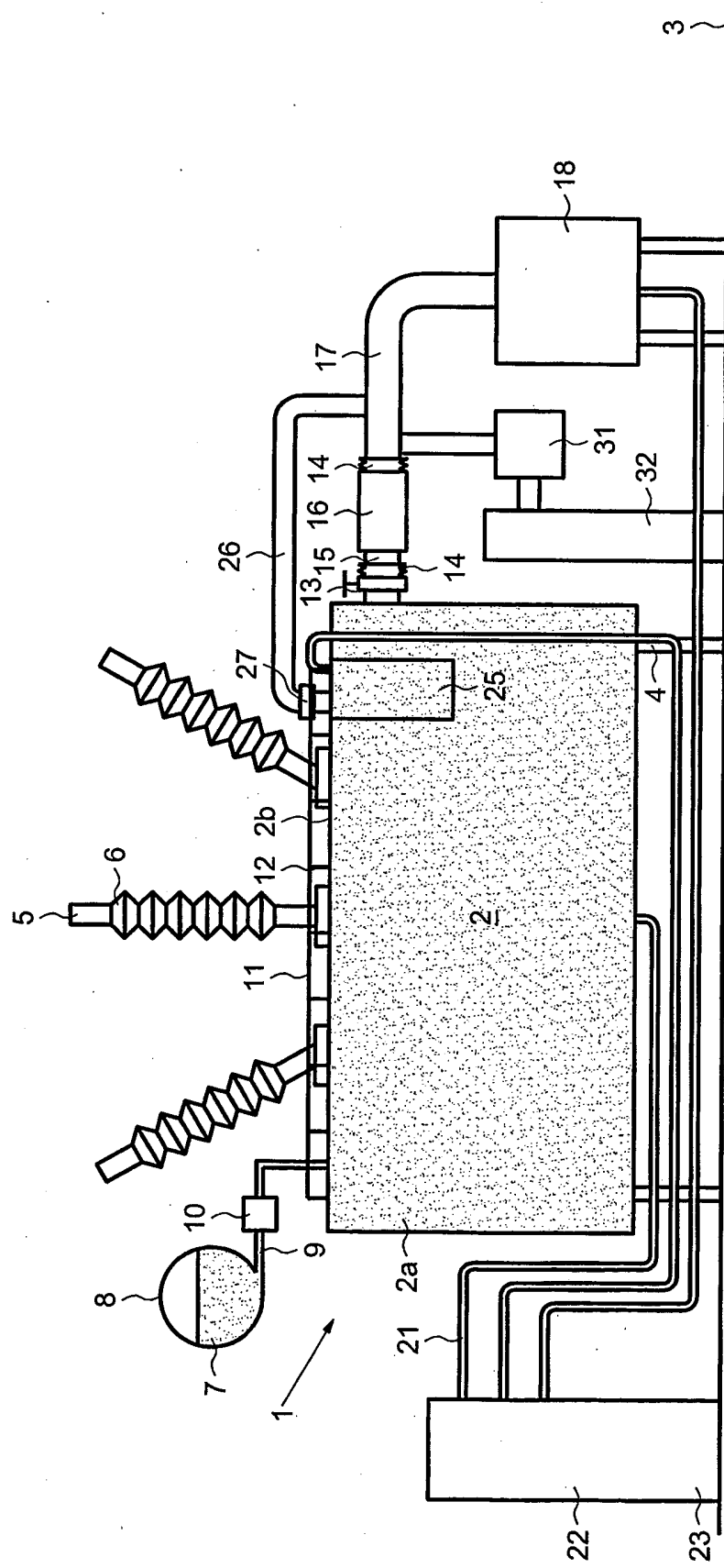


FIG.6

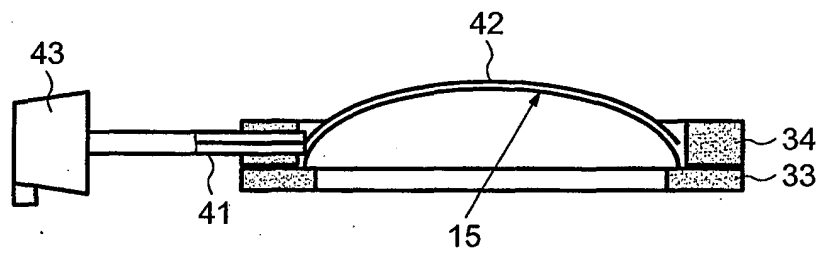


FIG.7

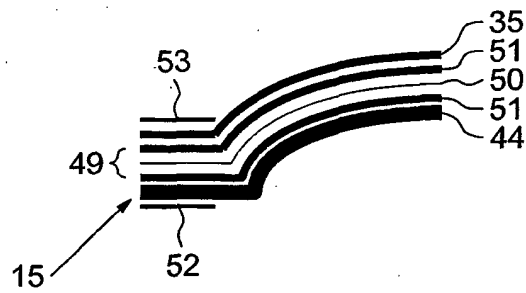


FIG.8

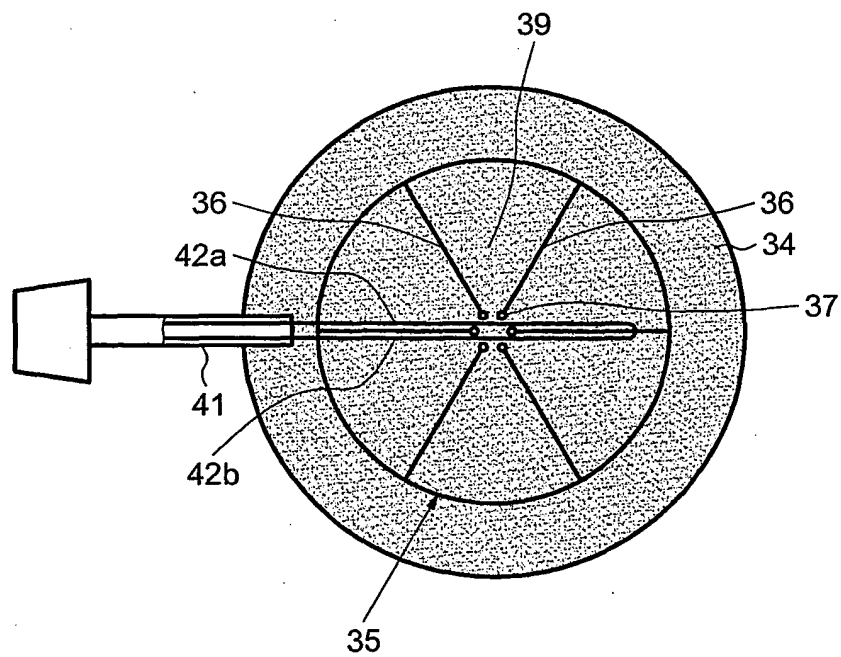


FIG.9

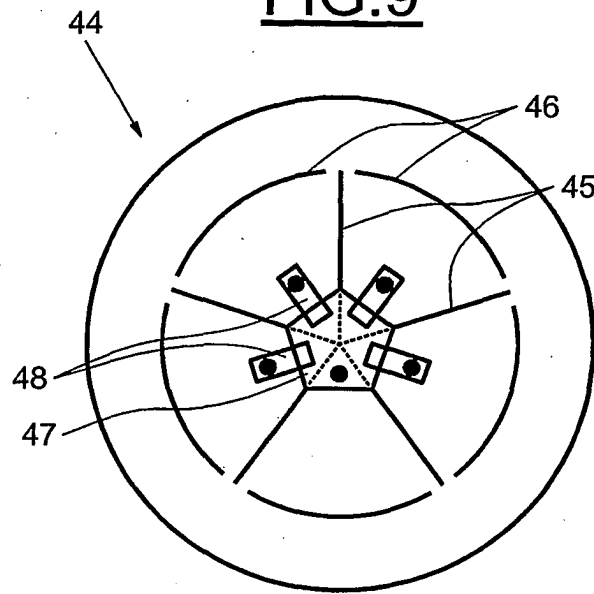


FIG.10

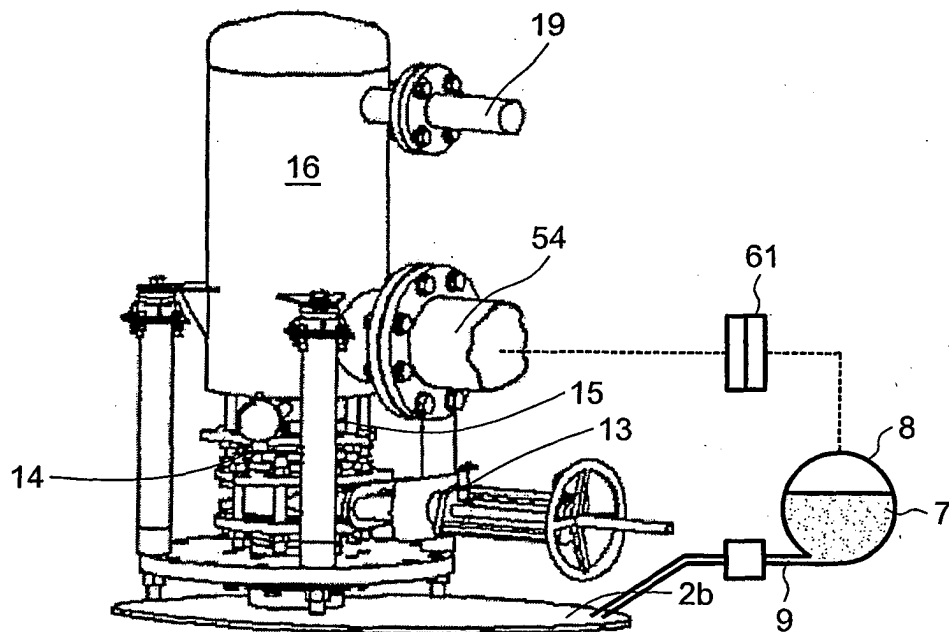


FIG.11

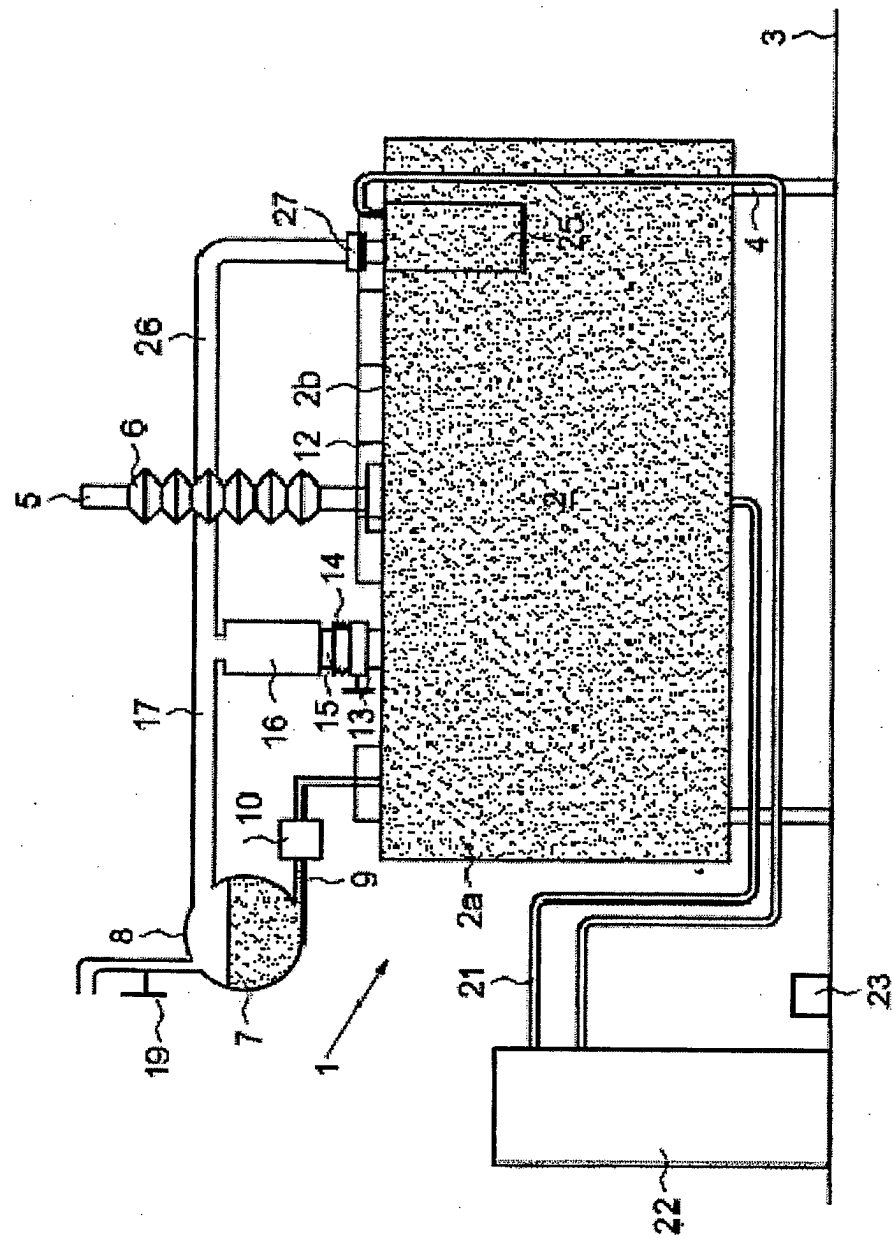


FIG.12

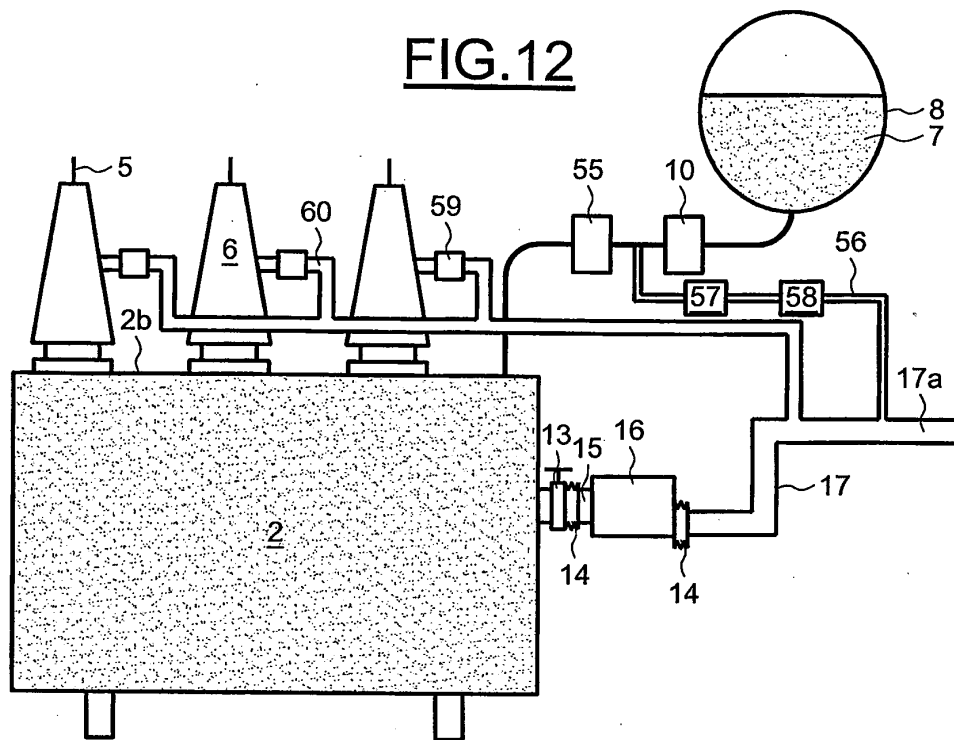
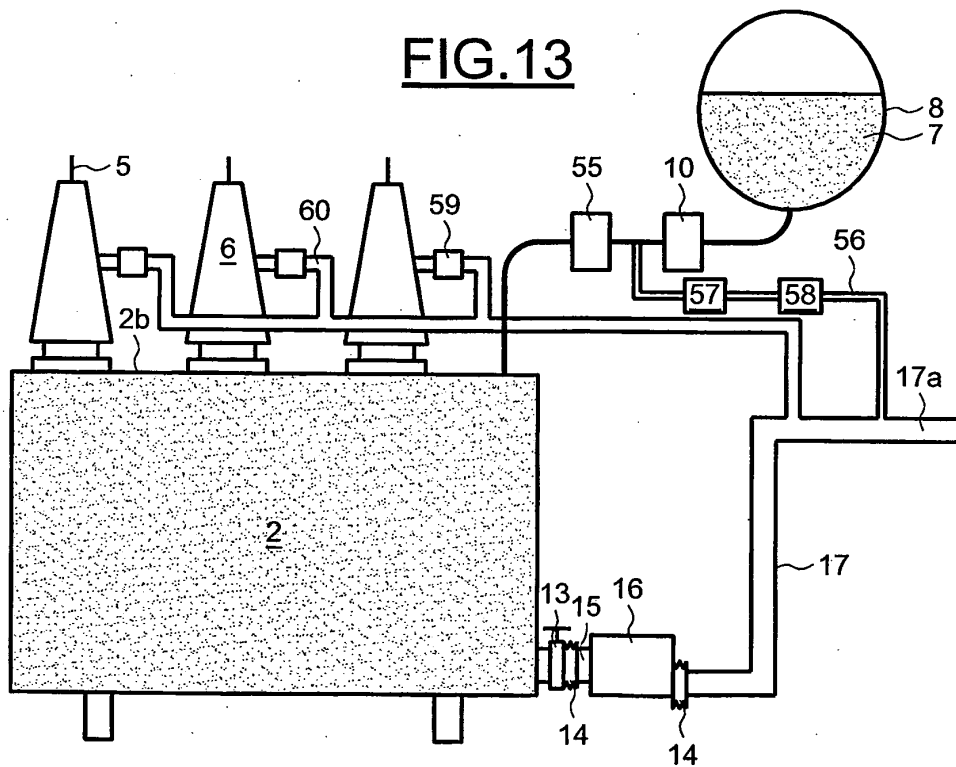


FIG.13



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 9712379 A [0008]
- WO 0057438 A [0009]
- JP 05029255 B [0009]