



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

**Europäische
Eignungsprüfung**

**European
qualifying examination**

**Examen européen de
qualification**

Prüfungssekretariat

Examination Secretariat

Secrétariat d'examen

EXAMEN EUROPEEN DE QUALIFICATION 2000

EPREUVE A ELECTRICITE / MECANIQUE

CETTE ÉPREUVE CONTIENT :

- * LETTRE DU CLIENT 2000/A(E/M)/F/1-6
- * DESSINS DU CLIENT 2000/A(E/M)/F/7-9
- * DOCUMENT D1 (ÉTAT DE LA TECHNIQUE) 2000/A(E/M)/F/10-12
- * DESSIN DU DOCUMENT D1
(ÉTAT DE LA TECHNIQUE) 2000/A(E/M)/F/13

LETTRE DU CLIENT

Notre société est une société de fourniture de gaz naturel qui exploite des gisements de gaz tant continentaux qu'en mer (offshore) et stocke le gaz naturel récupéré avant de le fournir aux utilisateurs finaux. Nous fournissons également le gaz aux utilisateurs finaux par l'intermédiaire d'un réseau de distribution.

La quantité de gaz continental diminuant, nous nous trouvons de plus en plus dépendants des réserves en mer. Ceci suscite un certain nombre de problèmes, la plupart des sites de production en mer n'étant pas reliés directement à nos installations de préparation et de distribution. Habituellement, le gaz est transporté vers le continent au moyen de navires-citernes spécialisés, ce qui nous oblige à disposer d'installations de stockage de grande capacité sur le continent.

L'un de nos chercheurs, M. I. N. Vantor, a étudié l'utilisation à cette fin de cavités dans les formations salines. Nous joignons à la présente une copie de son rapport interne. Comme l'indique M. Vantor dans ce rapport, l'utilisation de formations salines pour le stockage de gaz naturel est connue. En plus, il est généralement connu que l'on trouve souvent des dépôts de gaz naturel dans des formations salines. Le document DI, qui a été publié il y a quelques années, décrit également un exemple de l'utilisation de telles cavités pour le stockage d'énergie.

Nous sommes de l'avis que M. Vantor expose quelques propositions intéressantes dans ce rapport. Veuillez préparer une demande de brevet relative aux propositions de M. Vantor.

The National Gas Company

Rapport interne n° 20000405

Date : 5 avril 2000

Auteur : I. N. Ventor

Titre : Systèmes de stockage d'énergie

J'ai réalisé une étude des systèmes de stockage d'énergie, notamment concernant le stockage de gaz naturel dans des cavités souterraines situées dans des formations salines. Il est déjà connu d'utiliser de telles cavités pour le stockage de gaz naturel. On peut créer des cavités dans les formations salines en dissolvant le sel avec de l'eau et en retirant ensuite la saumure qui en résulte. Comme les formations salines sont imperméables au gaz naturel et offrent une bonne résistance à la pression interne, il est possible de stocker dans ces cavités du gaz naturel sous pression.

Dans un système connu, le gaz est envoyé sous pression par pompage dans les cavités souterraines. On peut avoir recours à une pompe pour comprimer le gaz lors du remplissage de la cavité. Une partie de l'énergie utilisée au cours de ce processus peut être récupérée par une turbine lorsque le gaz est ensuite relâché de la cavité. L'électricité produite par un générateur couplé à la turbine peut être fournie au réseau électrique.

Il est normalement nécessaire d'utiliser de grandes cavités afin de permettre le stockage de quantités considérables de gaz naturel. Cependant, avec de très grandes cavités, il ne se forme pas de pression significative dans la cavité lorsque celle-ci contient une quantité de gaz relativement peu élevée. Dans ce cas, la récupération du gaz naturel devient onéreuse, car il faut l'aspirer hors de la cavité.

Je propose d'améliorer le stockage et la récupération de gaz naturel et d'énergie de la manière décrite ci-après.

Les figures 1 et 2 montrent des exemples de systèmes de stockage et de récupération d'énergie sous forme de gaz naturel sous pression.

La figure 3 montre un autre exemple de système de stockage d'énergie.

Un premier réservoir 1 est réalisé par une cavité supérieure dans une formation saline souterraine 2 située sous une couche de terre 3. Un second réservoir 5 est réalisé par une cavité inférieure située dans la formation saline 2 au-dessous du premier réservoir 1. Un forage de liaison 6 s'étend entre la partie inférieure du premier réservoir 1 et la partie inférieure du second réservoir 5.

Au-dessus du sol, un système de tuyauterie 50 inclut une conduite d'alimentation 54 provenant d'une réserve de gaz naturel 55, une valve d'admission 51, une conduite intermédiaire 52, une valve d'échappement 53 et une conduite de sortie 56 rejoignant un réseau de distribution de gaz 11 qui conduit aux utilisateurs finaux. La conduite intermédiaire 52 est reliée à une partie supérieure du second réservoir 5 par l'intermédiaire d'une conduite 18 ayant la forme d'un forage doté d'un revêtement intérieur 20. La cavité supérieure est ouverte à l'air libre 15 au moyen d'une autre conduite 17 ayant la forme d'un forage doté d'un revêtement intérieur 19.

Comme on peut le voir à la figure 1, un fluide 23, qui est plus dense que le gaz 21 à stocker et qui est essentiellement non miscible avec ce dernier (c.-à-d. qu'il ne se mélangera pas), est présent dans les parties inférieures des premier et second réservoirs 1 et 5 ainsi que dans le forage de liaison 6. La différence entre les niveaux 24 et 25 du fluide plus dense 23 se trouvant dans les premier et second réservoirs 1 et 5 est représentative de l'énergie potentielle stockée dans le système résultant de la différence de pression entre le gaz 21 se trouvant dans les conduites 52 et 18 et la pression atmosphérique de l'air 15 dans la conduite 17.

Le système présenté à la figure 1 fonctionne comme suit : A l'état statique, tel que montré à la figure 1, les valves 51 et 53 sont fermées. Si l'on dispose d'une réserve de gaz 55 à l'entrée de la conduite 54 (par exemple parce qu'un navire-citerne est arrivé), la valve d'admission 51 est ouverte. Le gaz, qui aura été mis sous pression pour le transport, pénètre en empruntant les conduites 54, 52 et 18 dans le second réservoir 5. Le gaz qui est introduit sous pression dans la partie supérieure du second réservoir 5 provoque le déplacement d'au moins une partie du fluide plus dense 23 du second réservoir 5 vers le premier réservoir 1 par le forage de liaison 6. Ceci fait que le niveau 24 du fluide plus dense 23 s'élève, ce qui accroît l'énergie potentielle stockée dans le système. Une fois le navire-citerne déchargé, la valve d'admission 51 est refermée.

Lorsque l'on désire récupérer le gaz naturel stocké afin d'alimenter le réseau de distribution 11, la valve de sortie 53 est ouverte. Le fluide plus dense 23 s'écoule alors, sous l'effet de la gravité, du premier réservoir 1 dans le second réservoir 5, ce qui fait passer le gaz 21 de la partie supérieure du second réservoir 5 au réseau de distribution 11 via les conduites 18, 52 et 56.

Lorsqu'il a été prélevé suffisamment de gaz naturel du second réservoir 5, le retour du gaz est interrompu par la fermeture de la valve de sortie 53. Le système revient alors à l'état statique.

La figure 2 illustre un autre exemple de système destiné à stocker et à récupérer du gaz naturel. Le système présenté à la figure 2 est globalement similaire à celui présenté à la figure 1. Cependant, dans cet exemple, un ensemble pompe/turbine 8 est situé au niveau du sol 7 au-dessus du premier réservoir 1. L'ensemble pompe/turbine 8 est connecté par un arbre 10 à un ensemble générateur/moteur électrique 13.

L'ensemble générateur/moteur 13 est connecté à un réseau électrique (non représenté) et fonctionne :

- a) soit comme moteur électrique entraînant la turbine quand il est alimenté en électricité par le réseau,
- b) soit comme générateur d'électricité quand il est entraîné par la turbine.

L'ensemble pompe/turbine 8 fonctionne :

- a) soit comme pompe comprimant un gaz quand elle est entraînée par le moteur électrique de l'ensemble 13,
- b) soit comme turbine qui reçoit et est mise en rotation par un gaz comprimé, cette rotation étant transmise au générateur de l'ensemble 13 afin de produire de l'électricité.

L'extrémité basse pression de l'ensemble pompe/turbine 8 peut être connectée soit au réseau de distribution de gaz 11 via une conduite 26 munie d'une valve 27, soit à la conduite d'alimentation 54 via une conduite 58 munie d'une valve 59. L'extrémité haute pression de l'ensemble pompe/turbine 8 peut être connectée à la conduite intermédiaire 52 et à la conduite 18 via une conduite 28 munie d'une valve 29.

En situation statique telle que présentée à la figure 2, les valves 27, 29, 51 et 53 sont fermées. S'il y a un excédent de gaz naturel disponible dans la conduite d'alimentation 54, par exemple parce qu'une nouvelle charge de gaz naturel est introduite dans le système par un navire-citerne, le système peut fonctionner de deux façons différentes.

Dans un premier mode de fonctionnement, la valve d'admission 51 est ouverte et la suite des opérations est telle que décrite dans le contexte de la figure 1. Le gaz ainsi stocké dans le second réservoir 5 peut ensuite être récupéré de deux manières. Premièrement le gaz peut être simplement récupéré en ouvrant la valve de sortie 53, comme cela est expliqué dans le contexte de la figure 1. Deuxièmement le gaz peut être récupéré en ouvrant les valves 27 et 29, le gaz sous pression s'écoulant par les conduites 18, 52 et 28, l'ensemble pompe/turbine 8 et les conduites 26 et 56 vers le réseau de distribution 11. Dans ce dernier cas, la turbine de l'ensemble 8 peut être entraînée pour récupérer une partie de l'énergie de pression contenue dans le gaz. L'énergie récupérée peut être injectée dans le réseau de distribution d'électricité via le générateur de l'ensemble 13.

Dans un second mode de fonctionnement, la valve d'admission 51 n'est pas ouverte. Par contre, les valves 59 et 29 sont ouvertes. Le gaz en excédent présent dans la conduite 54 est donc amené dans le second réservoir 5 via la conduite 58, l'ensemble pompe/turbine 8 et les conduites 28, 52 et 18. Dans ce second mode de fonctionnement, l'ensemble pompe/turbine 8 joue le rôle d'une pompe et le gaz 21 peut être conduit dans le second réservoir 5 sous une pression accrue, ce qui a pour effet d'augmenter la capacité du réservoir 5. La récupération du gaz du réservoir 5 peut être effectuée de l'une ou l'autre des manières décrites plus haut dans le contexte du premier mode de fonctionnement du système présenté à la figure 2.

Un système semblable à celui présenté à la figure 2 peut être utilisé de façon plus générale pour stocker et récupérer de l'énergie. Un exemple d'un tel système est décrit dans le contexte de la figure 3.

La partie souterraine du système présenté à la figure 3 est la même que la partie souterraine du système présenté à la figure 2, à l'exception du fait que le premier réservoir 1 n'est pas ouvert à l'atmosphère. L'ensemble pompe/turbine 8 se trouve au-dessus du sol comme à la figure 2. Une conduite 26 est reliée à la conduite 17 et une conduite 28 est reliée à la conduite 18. Les fluides utilisés dans le système sont un premier fluide 23 qui a une densité plus élevée et un second fluide 22 qui a une densité moins élevée. Il est possible d'utiliser un liquide comme fluide le plus dense ou le plus lourd et un gaz comme fluide le moins dense ou le plus léger, ou deux liquides de densités différentes.

Ce système peut être utilisé pour le stockage d'énergie, par exemple, pendant les périodes où la demande d'énergie électrique est faible. Cette énergie peut être récupérée ultérieurement lorsque la demande d'énergie électrique est élevée.

Pour le stockage d'énergie, les valves 27 et 29 sont ouvertes, l'ensemble pompe/turbine 8 jouant le rôle d'une pompe utilisant l'énergie fournie par le réseau électrique d'alimentation. Dans ce cas, du fluide plus léger 22 provenant du réservoir supérieur 1 est introduit en force dans le réservoir inférieur 5 par l'ensemble pompe/turbine 8 via les conduites 17, 26, 28 et 18. Il en résulte que le niveau 25 du fluide plus dense 23 dans le réservoir inférieur 5 baisse et que le niveau 24 du fluide plus dense 23 dans le réservoir supérieur 1 augmente. De cette manière, l'énergie électrique fournie à l'ensemble pompe/turbine 8 est convertie en énergie potentielle au sein du système, comme cela est représenté par l'augmentation de la différence entre les niveaux 24 et 25 du fluide plus dense 23.

Pour récupérer l'énergie stockée, les valves 27 et 29 sont ouvertes, l'ensemble pompe/turbine 8 fonctionnant comme une turbine et, sous l'effet de la gravité, le fluide plus léger 22 présent dans le réservoir inférieur 5 circule à travers les conduites 18 et 28, l'ensemble pompe/turbine 8 et les conduites 26 et 17 pour atteindre le réservoir supérieur 1. Il en résulte que le niveau 24 du fluide plus dense 23 présent dans le réservoir supérieur 1 diminue et que le niveau 25 du fluide plus dense 23 présent dans le réservoir inférieur 5 augmente. De cette façon, l'énergie potentielle stockée dans le système peut être récupérée, énergie représentée par la diminution de la différence entre les niveaux 24 et 25 du fluide plus dense 23. L'énergie potentielle récupérée est convertie en énergie électrique par l'ensemble pompe/turbine 8 et le générateur associé de l'ensemble 13 et est fournie au réseau électrique.

DESSINS DU CLIENT

1/3

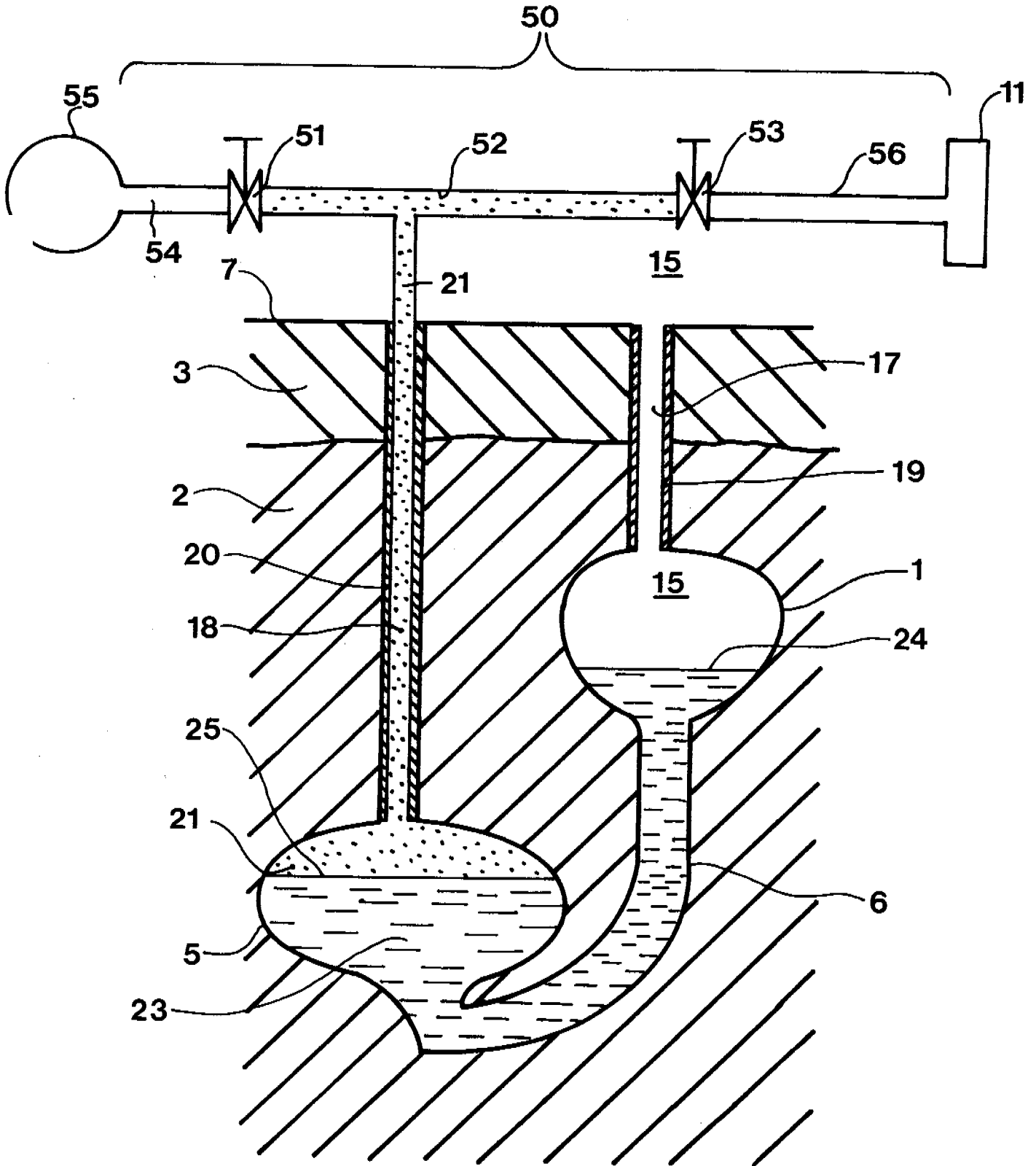


Fig. 1

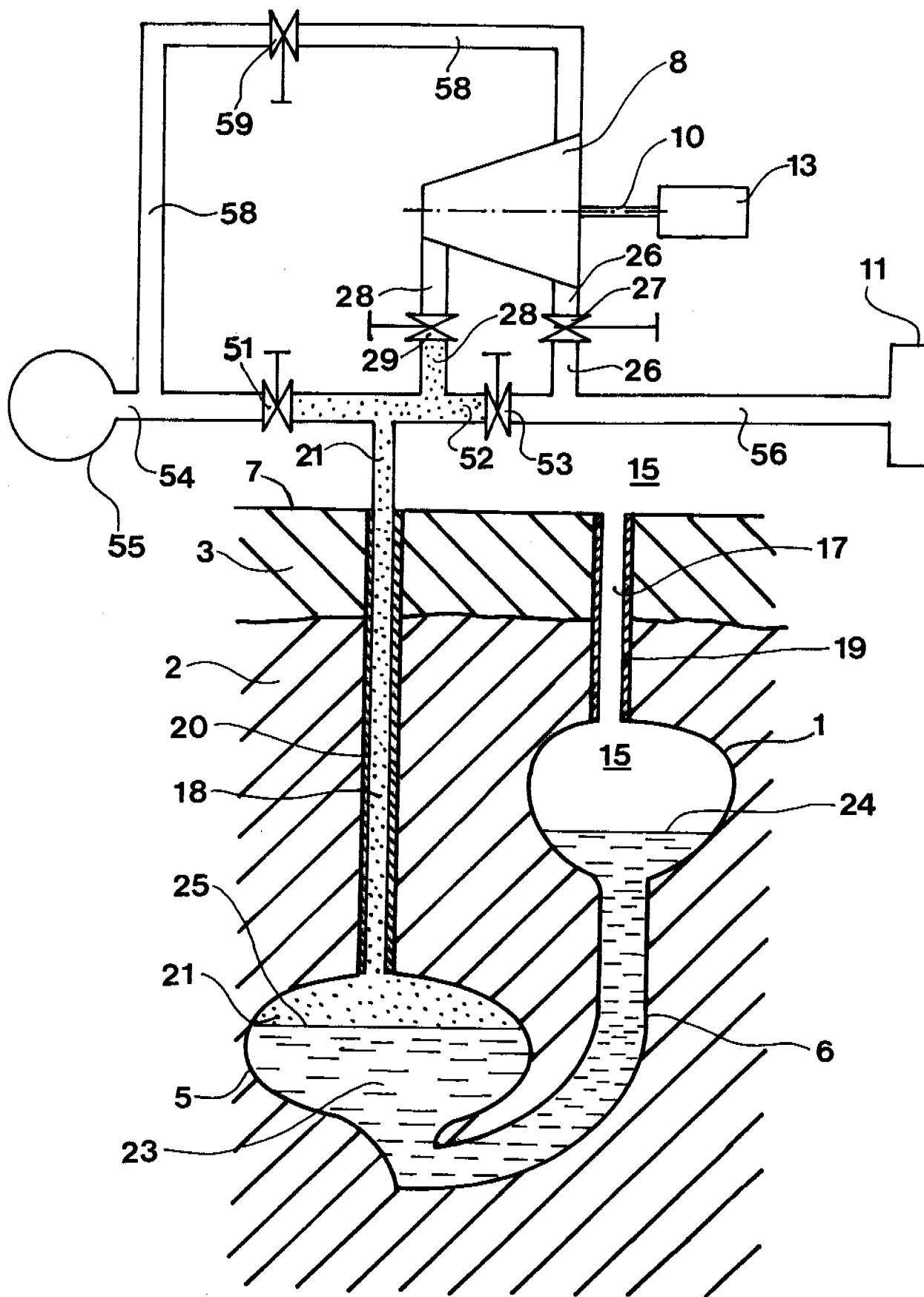


Fig. 2

DOCUMENT DI (Etat de la technique)

La présente invention concerne un système de stockage d'énergie par pompage.

Les systèmes appelés systèmes de stockage d'énergie par pompage sont conçus pour absorber l'énergie excédentaire produite par des systèmes de production de courant électrique au cours de
5 périodes de moindre demande ou d'heures creuses, stocker cette énergie et la réutiliser au cours des périodes de demande de pointe.

Des systèmes de stockage par pompage connus sont normalement situés en surface et incluent un réservoir supérieur et un réservoir inférieur. Des conduites relient le réservoir supérieur à une centrale
7 et la centrale au réservoir inférieur. La centrale comprend un ensemble générateur de courant électrique et un ensemble de pompage. Pendant les périodes de pointe, lorsqu'il y a un besoin d'énergie électrique supplémentaire, l'eau présente dans le réservoir supérieur est dirigée vers la centrale afin d'entraîner l'ensemble générateur, l'eau de décharge étant envoyée dans le réservoir inférieur. Pendant les heures creuses, alors que l'on dispose d'un excédent d'énergie électrique, l'eau
5 se trouvant dans le réservoir inférieur est refoulée vers le réservoir supérieur, dans l'attente d'une période de pointe où l'on aura de nouveau besoin d'énergie supplémentaire. Ce système est particulièrement utile dans les régions montagneuses, où l'on dispose facilement de différences de hauteur et où la construction de réservoirs d'eau ne présente pas trop de difficultés.

7 Mais dans les régions de plaines, on ne dispose pas de telles différences de hauteur, ou bien la différence de hauteur est insuffisante pour permettre une récupération efficace de l'énergie. Un but de l'invention est donc de fournir un système de stockage d'énergie par pompage nouveau et bon marché qui ne dépend pas de la disponibilité de différences de hauteur en surface, mais qui peut être appliqué dans la plupart des régions de plaines.

25

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention deviendront clairs à partir de la description suivante, référence étant faite au dessin joint.

Le dessin présente un premier réservoir 4 et un second réservoir 8. Comme le montre la figure, les premier et second réservoirs 4 et 8 sont formés par des cavités respectives dans une formation saline 12 située au-dessous de la surface du sol. De telles cavités peuvent être obtenues en envoyant aux endroits souhaités dans la formation saline de l'eau qui dissout le sel pour former une saumure et en pompant cette saumure à la surface, obtenant ainsi les cavités. On trouve fréquemment des dépôts de sel épais appropriés à cette fin dans un certain nombre de régions sans montagnes. On a découvert que les formations salines sont tout à fait imperméables aux liquides et résistent à la pression.

Les réservoirs 4 et 8 communiquent avec l'atmosphère 22 via les conduites 20 et 24. Comme le montre le dessin, le réservoir 4 est situé à un niveau supérieur à celui du réservoir 8. En fait, le réservoir 4 pourrait être également un réservoir situé en surface plutôt qu'une cavité souterraine comme dans l'exemple du dessin. Le réservoir 4 contient un liquide approprié 16. Ce liquide peut être tout liquide dans lequel le sel est insoluble, comme une saumure saturée ou un liquide huileux.

Une chambre 28 est formée dans la formation saline 12, en un endroit généralement situé entre les réservoirs 4 et 8 et à proximité du niveau du réservoir 8. Un puits 48 s'étend de la chambre 28 jusqu'au niveau du sol afin de permettre d'accéder à la chambre 28. Un ensemble pompe/turbine réversible 32 contenu dans la chambre 28 est couplé par un couplage mécanique 36 avec un ensemble générateur/moteur 40. Une conduite 44 s'étend de la proximité du fond du réservoir 4 par le puits 48 jusqu'à l'ensemble pompe/turbine 32. Une valve 52 contrôle le flux de liquide à travers la conduite 44. Une autre conduite 56 s'étend de l'ensemble pompe/turbine 32 à la partie inférieure du réservoir 8. Une valve 60 contrôle le flux de liquide entre l'ensemble pompe/turbine 32 et le réservoir 8. L'ensemble pompe/turbine 32 pourrait être une pompe/turbine classique de récupération d'énergie. L'ensemble générateur/moteur 40 peut être un équipement classique pouvant fonctionner comme générateur pour produire de l'électricité lorsqu'il est entraîné par une source d'énergie externe, ou comme moteur lorsque l'ensemble est alimenté en électricité. L'ensemble générateur/moteur 40 est relié par une ligne électrique 64 à un réseau électrique (non représenté).

En fonctionnement, de la saumure saturée 16 est fournie au réservoir 4 en quantité suffisante pour permettre un fonctionnement approprié du système. Lorsque l'on a besoin d'énergie électrique, les valves 52 et 60 sont ouvertes afin de permettre à la saumure 16 d'emprunter la conduite 44 en direction de l'ensemble pompe/turbine 32 afin d'entraîner ce dernier. La saumure de décharge rejoint le réservoir 8 en empruntant la conduite 56. L'ensemble pompe/turbine 32 entraîne pour sa part l'ensemble générateur/moteur 40 qui produit de l'énergie électrique qui alimente via la conduite électrique 64 le réseau électrique (non représenté). La saumure 16 est dirigée vers l'ensemble pompe/turbine 32 jusqu'à ce que la demande d'énergie électrique diminue ou que tout le liquide contenu dans le réservoir 4 ait été fourni à l'ensemble pompe/turbine 32. Au fur et à mesure que la saumure est déchargée dans le réservoir 8, l'air présent dans la cavité peut être expulsé vers l'atmosphère en empruntant la conduite 24.

Quand on n'a pas besoin d'énergie électrique, et de préférence pendant une période de faible demande d'énergie, la saumure 16 se trouvant dans le réservoir 8 est refoulée dans le réservoir 4. Ceci est réalisé en fournissant de l'énergie électrique via la conduite électrique 64 à l'ensemble générateur/moteur 40 afin d'entraîner le moteur et ainsi l'ensemble pompe/turbine 32. L'ensemble 32 pompe alors la saumure 16 à partir du réservoir 8 via les conduites 56 et 44 jusqu'au réservoir 4 où elle va rester jusqu'à ce que l'on ait de nouveau besoin d'énergie fournie par le système.

DESSIN DU DOCUMENT DI (Etat de la technique)

1/1

22

