ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية

المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية
---

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication :
MA 41234 A1

(51) Cl. internationale :
F02C 6/16

(43) Date de publication :
29.03.2019

---

(21) N° Dépôt :
41234

(22) Date de Dépôt :
13.04.2015

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/EP2015/000770 13.04.2015

(71) Demandeur(s) :
KARL BROTZMANN CONSULTING GMBH , (DD)

(72) Inventeur(s) :
STEVANOVIC, DRAGAN ; BROTZMANN, KARL

(74) Mandataire :
AKSIMAN EL MOSTAFA

---

(54) Titre : **STOCKAGE D'ÉLECTRICITÉ PAR L'INTERMÉDIAIRE D'ACCUMULATEURS THERMIQUES ET D'UNE TURBINE À AIR**

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé servant au stockage d'électricité par la conversion en une énergie thermique puis par la production d'électricité au moyen d'un ensemble de turbines à gaz comprenant un compresseur (1), un détendeur (6) et un générateur d'électricité (8), à l'aide au moins d'un premier (3) et d'un deuxième (4) accumulateur à basse température, et d'un accumulateur à haute température (5) avec un produit en vrac faisant office d'accumulateur de chaleur (11). L'énergie électrique est stockée seulement sous la forme d'une chaleur à haute température dont la température est supérieure à la température de sortie de turbine TOT dans un accumulateur (5) thermique. Au cours de la phase de production d'électricité, un gaz comprimé provenant du compresseur (1) est chauffé, dans un accumulateur à basse température (3, 4), à une température proche de la température de sortie de turbine TOT, puis est chauffé dans un accumulateur à haute température (5) avec une chaleur stockée issue de l'électricité à un niveau de température au moins égal à la température d'entrée de turbine TIT. Le rapport entre la hauteur de lit dans la direction d'écoulement et le diamètre moyen de particules du produit en vrac (11) dans l'accumulateur à haute température (5) est égal au moins à 10, de manière préférée au moins à 100, de manière davantage préférée au moins à 250, de manière encore plus préférée au moins à 500 et de manière particulièrement préférée

au moins à 1000. L'invention concerne également un dispositif, dans lequel ledit procédé peut être employé.

Abrégé

La présente invention concerne un procédé de stockage d'énergie par la conversion d'énergie thermique et la production d'énergie subséquente au moyen de

- une turbine à gaz avec compresseur **(1)** , expanseur **(6)** et générateur d'énergie **(8)**
-avec au moins un (3) et avec un second **(4)** réservoir à basse température,
-et un réservoir à haute température **(5)** avec un matériau en vrac comme milieu de stockage de chaleur **(11)**,

caractérisé en ce que:

- l'énergie électrique est stockée sous forme de chaleur à haute température au-dessus de la température d'entrée de turbine **TOT** dans un réservoir thermique **(5)**,

pendant la phase de production d'énergie, un gaz comprimé du compresseur **(1)** est chauffé dans un réservoir basse température **(3, 4)** à une température proche de la température de sortie de la turbine **TOT** et ensuite chauffé dans un réservoir haute température (5) avec chaleur de l'énergie électrique à un niveau de température d'au moins la température de la turbine **TIT**, et

- le rapport entre la hauteur de la plateforme dans la direction de l'écoulement et le diamètre moyen des particules du matériau en vrac **(11)** dans le réservoir à haute température **(5)** est d'au moins 10, préférablement d'au moins 100, plus préférablement d'au moins 250, même plus préférablement au moins 500 et en particulier préférablement d'au moins 1000,

en outre, un moyen dans lequel ce processus peut être utilisé.

Stockage d'électricité par l'intermédiaire d'accumulateurs thermiques et d'une turbine à air

L'invention concerne un processus dans lequel l'énergie électrique sous forme d'une haute température est stockée et un gaz est compressé comme demandé, et avec lequel la chaleur stockée est intensifiée et acheminée vers une turbine à gaz pour la production de l'énergie.

Il est connu que le stockage de l'énergie est une possibilité à travers l'harmonisation de la consommation et la production d'énergie électrique. Parfois, lorsque la production d'énergie dépasse la demande en énergie, l'énergie excédentaire est stockée, et lorsque la demande d'énergie augmente, l'énergie stockée est à nouveau récupérée. Comme notre part d'énergie dérivée des sources d'énergie renouvelables augmentent, en particulier des sources éoliennes et solaires, Ce sujet gagne en importance, parce que maintenant, ce n'est pas seulement la consommation d'énergie qui est très inégale, mais aussi la production d'énergie.

Il est également connu que le stockage d'énergie, qui dépend de l'approvisionnement en énergie et de la demande en énergie dans le réseau électrique, peut être très inégal. Par exemple, le long de la phase de décharge peut suivre une phase de stockage courte ou vice versa. Il est également possible que plusieurs phases courtes de charge et de décharge se suivent. Un réservoir de stockage d'énergie doit être capable de remplir entièrement ces conditions

Etat de l'art

Une méthode connue est le stockage d'énergie dans des centrales hydroélectriques réversibles, également connues sous le nom de pompage-turbinage. Une autre version est d'utiliser deux cavernes souterraines à différentes profondeurs comme des réservoirs d'eau, tels que ceux décrits dans DE 102011117785.

Le stockage d'énergie par air comprimé (CAES) est une autre technologie qui convient également à l'énergie à grande échelle. L'air est comprimé dans un compresseur alimenté électriquement et stocké dans des cavernes de sel souterraines. Pour décharger l'énergie par la suite, l'air comprimé est utilisé pour brûler la turbine à gaz naturel. Cependant, dans ce processus, des combustibles fossiles précieux (tels que le gaz naturel ou le kérosène) sont utilisés et la pression de l'air est réduite pendant le refoulement de l'air comprimé du réservoir d'air comprimé, ce qui constitue un inconvénient pour les turbines à gaz. Cela réduit le degré global d'efficacité du processus.

il existe deux possibilités d'améliorer ce principe, l'une consiste à placer un réservoir d'air comprimé sous une colonne de liquide pour maintenir la pression constante (réservoirs isobares), l'autre à utiliser un réservoir de pression d'air adiabatique qui n'a pas besoin de carburant supplémentaire et qui a un degré d'efficacité considérablement plus élevé. Pour

cela, un échangeur de chaleur régénératif est utilisé pour refroidir l'air après compression et ensuite, lors de la décharge, afin d'utiliser cette chaleur stockée pour réchauffer l'air avant qu'il ne pénètre dans la turbine. Cependant, les coûts d'investissement de ces installations de stockage sont très élevés.

Une nouvelle alternative pour le stockage d'énergie est le procédé dit de gaz-eolian (décrit à l'origine dans le document DE102009018126A1). La puissance excédentaire du réseau (pas seulement l'énergie éolienne) est utilisée pour produire de l'hydrogène. L'hydrogène est ensuite utilisé avec du dioxyde de carbone pour la méthanisation, et le méthane obtenu est stocké dans le réseau de gaz. Si, nécessaire, ce gaz est utilisé pour générer de l'énergie, par exemple avec une turbine à gaz ou un cycle gaz et vapeur. Ce processus est très complexe et donc inefficace (il comporte de nombreuses étapes de processus, avec des pertes locales, le degré d'efficacité global est compris entre 14% et 26%). Les coûts d'investissement sont également très élevés.

Le document WO 2009 / 103106A2 décrit un arrangement de stockage thermique, qui peut être utilisé dans un cycle avec une turbine à gaz et un générateur d'énergie. Le support de stockage est décrit comme une pierre sans quartz. L'expérience avec des systèmes similaires tels que les récupérateurs pour hauts fourneaux à montré que la chute de température dans la phase de fonctionnement est approximativement linéaire.

Un autre moyen de stockage thermique est décrit dans le document DE 10 2013 004 330A1, où il est revendiqué que la résistance thermique pour le système de chauffage électrique doit être d'au moins 30% de toute la capacité de chauffage. En dehors de ces résistances thermiques en forme de tige, le milieu de stockage thermique restant est constitué d'éléments de forme céramique qui sont en fait également des tiges de section carrée. À partir de cela, on peut s'attendre, comme ci-dessus, à ce que le profil de température soit linéaire pendant une phase de décharge.

La présente demande de brevet se réfère à un nouveau procédé et à des moyens correspondants de stockage d'énergie avec des coûts d'investissement relativement faibles et un haut degré d'efficacité tandis que des composants et technologies connus et rentables peuvent être utilisés, et dans lesquels la température pendant la phase de décharge dans le réservoir à chaleur de haute température reste largement constant. Cela permet à la température de sortie du réservoir de rester au-dessus de la température d'entrée de la turbine (TIT) jusqu'à ce que la décharge soit terminée.

La présente invention est basée sur le fait qu'une telle distribution de température avantageuse est obtenue lorsque le milieu de stockage thermique est constitué de particules de matériau en vrac dans lesquelles le rapport entre la hauteur du plateforme H dans le sens du flux de gaz et le diamètre moyen de particules d est au moins 10, de préférence au moins 100, plus préférablement 250, encore plus préférablement 500 et de manière

f

particulièrement préférée 1000. Plus ce rapport est grand, plus la perte de pression du gaz qui s'écoule est grande. Puisque ce gaz ne s'écoule que pendant une phase de décharge à travers le réservoir, qui est alors sous pression de turbine, la perte de pression n'est pas trop élevée même avec un rapport de 1000. En règle générale, le rapport entre la hauteur du plateforme H dans la direction de l'écoulement du gaz et le diamètre moyen des particules d du matériau en vrac n'est pas supérieur à 6000, de préférence pas supérieur à 3000.

De préférence, le temps de décharge maximal Δt correspond à la relation suivante :

$$0{,}5 \cdot (M_s/mG) \cdot (C_s/Cp).\Delta\Theta \leq \Delta t \leq 0{,}99.(Ms/MG).(Cs/Cp).\ \Delta\Theta,$$

où

M_s est la masse du matériau en vrac,
mG est le flux de gaz
C_s est la capacité thermique spécifique des particules en vrac
C_p est la capacité thermique spécifique du gaz
$\Delta\Theta$ est la différence de température relative, TPHE est la température moyenne du gaz à la sortie du réservoir à haute température
TMAX est la température maximale de la chaleur haute température stockée
TOT est la température du gaz à l'entrée du réservoir à haute température

Dans ce mode de réalisation privilégié, la chaleur à haute température par le gaz de TOT à TPHE est comprise entre 50% et 99% de la chaleur maximale possible stockée tandis que la différence reste presque complètement dans le matériau en vrac.

Le procédé selon l'invention permet le développement d'un profil de température très avantageux au sein de la plateforme du matériau en vrac de telle sorte que la température change relativement peu à la sortie de la plateforme en vrac alors que le changement de température au milieu de la plateforme est relativement élevé.

Selon l'invention, le courant électrique est converti en chaleur à haute température et stocké dans un réservoir thermique, si nécessaire, un gaz est comprimé, chauffé avec la chaleur emmagasinée et envoyé à une turbine à gaz où l'énergie est produite par récupération de chaleur.

Selon l'invention, la chaleur à haute température générée avec une puissance électrique en excès est stockée dans un générateur entre la température d'entrée et celle de sortie d'une turbine à gaz. Par conséquent, la quantité totale de la chaleur qui serait nécessaire pour atteindre la température d'entrée n'est pas requise. La chaleur restante n'est stockée que brièvement dans un système de 2 réservoirs de chaleur à basse température ou plus et n'est déchargée que pendant le temps pendant lequel le système de turbine à gaz est en fonctionnement et génère de l'énergie. De cette manière, la capacité de stockage de la chaleur à haute température peut être réduite, tout comme les coûts d'investissement pour la masse de stockage de grande valeur et l'isolation ignifuge associée. En même temps,

l'excès de puissance n'est utilisé que pour la chaleur à haute température, ce qui signifie que l'efficacité globale du système de stockage est augmentée.

De préférence, la température d'entrée de la turbine TIT se situe entre 700 ° C à 1300 ° C, plus préférablement entre 800 ° C à 1100 ° C et encore plus préférablement entre 900 ° C à 1000 ° C.

De préférence, la température de sortie de la turbine TOT se situe entre 400 ° C à 750 ° C, plus préférablement entre 450 ° C à 600 ° C, et le plus préférablement entre 500 ° C à 575 ° C. ce sont aussi les températures auxquelles le gaz pénètre habituellement dans le réservoir à haute température.

De préférence, la température maximale de la chaleur emmagasinée dans le réservoir à haute température (TMAX) est comprise entre 900 ° C et 1500 ° C, plus préférablement entre 1000 ° C et 1400 ° C et de manière préférée entre toutes entre 1050 ° C à 1300 ° C.

La différence de température entre la température moyenne du gaz à la sortie du réservoir à haute température (TPHE) et la température de sortie de la turbine (TOT) est généralement comprise entre 50% et 99% de la différence de température maximale possible (TMAX-TOT).

Dans un autre mode de réalisation, la différence de température entre la température moyenne du gaz à la sortie du réservoir à haute température (TPHE) et la température de sortie de la turbine (TOT) est généralement comprise entre la température maximale de la chaleur haute température stockée (TMAX) et la température de sortie de la turbine (TOT).

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, le réservoir de chaleur est construit de telle sorte qu'il est constitué de plusieurs éléments de chauffage connectés séquentiellement qui sont connectés un par un. Cela permet une décharge partielle dans laquelle la chaleur est extraite seulement d'un segment du réservoir. La chaleur stockée dans la partie restante du réservoir reste à un niveau de température élevé comme précédemment.

Un mode de fonctionnement selon l'invention est celui suivant une décharge partielle, une phase de chargement ultérieure n'affecte que le segment qui avait été déchargé auparavant. Ceci permet un mode de fonctionnement économique et adaptable du réservoir.

Pour le système de deux ou plusieurs réservoirs de chaleur à basse température, on peut utiliser un matériau de remplissage de stockage de chaleur bon marché et une isolation. En outre, le temps de stockage dans ce système (10 à 60 minutes) est nettement plus court, ce

qui signifie que la capacité de stockage et donc aussi les coûts d'investissement peuvent être maintenus bas.

Pour atteindre un haut degré d'efficacité des systèmes de stockage, aucune turbine à gaz hautement développée avec refroidissement par godet n'est nécessaire, mais une turbine simple et robuste est suffisante, peut-être même avec la conception radiale utilisée pour la technologie du turbocompresseur. Bien sûr, les conditions de pression optimales dépendent de la température d'entrée, mais elles sont nettement plus faibles (de l'ordre de 2 à 7 fois) que dans le cycle de joule classique sans récupération de chaleur.

En fonction de la construction de la turbine et des paramètres du procédé, le degré global d'efficacité (de l'accumulation de puissance à la décharge de puissance) est de 35% à 65% avec les modèles actuellement sur le marché, un degré global d'efficacité de 45% peuvent être atteints. Pour des valeurs encore meilleures, une construction adaptée et des paramètres de processus adaptés sont nécessaires, tels que des refroidissements intermédiaires multiples et des températures d'entrée plus élevées dans des conditions de pression plus basses.

Si la chaleur résiduelle du système de stockage peut être utilisée, le degré combiné d'efficacité (puissance + chaleur) augmente jusqu'à 90%.

Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, une capacité de démarrage rapide du système est obtenue. A la fin d'une phase de décharge, lorsque la turbine à gaz est en fonctionnement et que le réservoir à haute température est sous pression, les vannes respectives du système sont fermées en séquence de sorte que le réservoir à haute température et la turbine restent près de la pression de fonctionnement. Dans une autre phase de refoulement, la turbine peut démarrer beaucoup plus rapidement car non seulement la haute température, mais aussi la pression de fonctionnement sont déjà disponibles. Le volume du gaz sous pression est suffisant jusqu'à ce que le compresseur ait atteint sa pleine capacité et sa pression. De cette manière, la turbine peut par exemple démarrer en moins de 30 secondes, permettant également la participation à la puissance de commande primaire.

Un système pour la présente invention consiste en les composants et étapes de procédé suivants :

- Compresseur pour le compactage du fluide de travail (gaz)
- Turbine à gaz pour l'expansion du fluide de travail comprimé et préchauffé et la performance du travail mécanique
- Générateur d'énergie pour générer de l'énergie à partir du gain net de travail mécanique (différence entre l'énergie générée par la turbine et la puissance consommée par le compresseur)

- Au moins deux réservoirs de chaleur à basse température pour la récupération / l'utilisation de la chaleur contenue dans le gaz résiduaire de la turbine

-Moyen en pierre appropriés pour l'alternance entre les réservoirs à basse température

- Réservoir à haute température pour stocker la chaleur de l'excès de puissance

- Pile de gaz résiduaire.

En période d'excès de puissance dans la grille, le réservoir haute température est chauffé avec cette puissance du niveau de température à la sortie de la turbine jusqu'au niveau de température à l'entrée de la turbine. Selon l'état du réseau et la capacité de conception, cette phase peut prendre de plusieurs minutes à plusieurs heures à plusieurs jours. Lorsque la puissance est de nouveau nécessaire dans le réseau, le groupe turbine à gaz (compresseur, détendeur, groupe électrogène) est démarré. Dans ce cas, le gaz comprimé est d'abord chauffé dans un réservoir à basse température jusqu'à la température de sortie de la turbine et ensuite chauffé dans le réservoir à haute température jusqu'à la température d'entrée de la turbine. Ce gaz comprimé chaud se détend dans la tyrolienne et pendant la génération d'électricité. Le gaz détendu a encore une forte teneur en chaleur et est d'abord refroidi davantage dans un deuxième réservoir à basse température. Après un certain temps, le premier réservoir à basse température est refroidi et le second est à nouveau chauffé de telle sorte qu'une commutation a lieu. Ces durées sont comprises entre minutes et heures (généralement entre 10 et 60 minutes) n en fonction des paramètres de conception et de fonctionnement. Une phase de puissance excédentaire et une phase de génération d'énergie ne doivent pas nécessairement se succéder directement - il peut s'écouler plusieurs jours entre elles.

D'autres modes de réalisation de l'invention

Dans le mode de réalisation avantageux de l'invention, l'air ambiant est utilisé comme milieu de travail hémisphérique. Dans des cas particuliers, un autre gaz tel que l'azote ou le dioxyde de carbone peut également être utilisé.

Dans un autre développement de l'invention, l'air préchauffé par compression s'écoule à travers un refroidisseur de gaz en amont du premier réservoir à basse température. Avec cela, la chaleur résiduelle peut être utilisée pour le chauffage, pour la chaleur industrielle ou à d'autres fins, et en même temps, la température des gaz résiduaires et les pertes de gaz résiduaires dans la pile peuvent être minimisées.

Dans un autre mode de réalisation avantageux, le gaz peut être conditionné au moyen d'un refroidissement par évaporation avec injection d'eau au lieu d'un refroidisseur à récupération de gaz. Cela augmente le débit à travers la turbine et ses performances, laissant plus de performance nette pour la production d'énergie. Cela a un effet important sur le degré global d'efficacité du processus de stockage.

Dans un autre mode de réalisation avantageux, l'entrée et la sortie vers / depuis le réservoir haute température sont reliées entre elles par une ligne de dérivation avec une vanne pilotable, ce qui permet de réguler la température d'entrée de la turbine. Ceci a deux avantages : la performance de la turbine peut être régulée et la chaleur peut être stockée dans le réservoir à haute température à des températures supérieures à la température d'entrée de la turbine. Le deuxième avantage signifie une plus grande capacité de stockage avec les mêmes dimensions et la même masse pour le réservoir, et donc des coûts d'investissement spécifiques plus bas.

Dans un autre perfectionnement avantageux de l'invention, une alimentation en carburant est prévue en aval de la sortie du réservoir haute température, ce qui permet d'ajouter un volume relativement faible de gaz naturel ou un autre combustible gazeux ou liquide pour augmenter la température du gaz. De l'entrée de la turbine. De cette manière, la puissance peut être générée plus longtemps que prévu si les conditions du réseau l'exigent, malgré la baisse plus importante de la température du gaz à la sortie du réservoir à haute température.

Il est avantageux d'utiliser trois réservoirs de température de loi ou plus pour permettre une commutation douce entre deux phases de fonctionnement sans surtension, en fonction de la pression et de la capacité de fonctionnement du système. Avec plusieurs réservoirs, la perte de pression dans les deux phases de fonctionnement peut être compensée, de sorte que dans la phase à faible pression de fonctionnement, plus d'une unité est engagée ce qui signifie une réduction correspondante du débit dans chaque unité et une extension de la phase. De tels procédés de changement sont déjà connus d'après DE 100 39 246 C2 ou DE 10 2009 038 322 A1.

Pour les systèmes de très grande capacité de stockage d'énergie, il est avantageux d'installer plusieurs réservoirs à haute température pour réduire les dimensions de toutes les unités et minimiser les coûts d'investissement. Dans ce cas, des moyens de changement supplémentaires sont nécessaires entre les réservoirs à haute température. Ces moyens de commutation sont avantageusement placés devant (et non après) les réservoirs individuels à haute température où les températures sont nettement inférieures. Ceci peut réduire les coûts d'investissement et prolonger également la durée de vie de ces organes.

Les réservoirs à basse température sont également appropriés pour libérer de l'énergie thermique stockée, telle que sous la forme d'air chaud, en raison de leurs faibles coûts d'investissement et de leur très bon transfert thermique, les générateurs de matériaux en vrac sont particulièrement pratiques. On peut utiliser des générateurs de matériaux connus d'après EP 0620 909 B1 ou DE 42 36 619 C2. Les matériaux non altérés tels que le gravier, l'Eifel Lava ou les gravillons de chaux sont utilisés comme masse de stockage de chaleur pour les réservoirs à basse température.

Les réservoirs à haute température sont également appropriés pour libérer l'énergie thermique stockée, par exemple sous la forme d'un coup d'air. Les Générateurs spéciaux de matériaux en vrac sont adaptés en tant que réservoir à haute température. On peut également utiliser des régénérateurs de matériau en vrac connus du document EP 0620 909 B1 ou DE 42 36 619 C2. Cependant, en raison des températures plus élevées, également sur les côtés froids du générateur, une conception plus simple est plus appropriée. Par exemple, la plateforme de matériau en vrac peut être formée de sorte que le matériau en vrac soit disposé dans une colonne, qui peut être verticale ou horizontale.

De préférence, le matériau en vrac du réservoir de chaleur haute température est constitué de céramique, oxyde d'aluminium, argile réfractaire, carbure de silicium, oxyde de zirconium, graphite, pierre de lave, gravier, minerai de fer, calcaire, particules métalliques ou leurs combinaisons. Les particules du matériau en vrac peuvent être sphériques et / ou brisées ou broyées. Il est adventice lorsque les particules ont approximativement la même forme.

Le diamètre moyen des particules du matériau en vrac ne doit pas être supérieur à mm, de préférence inférieur à 40 mm, plus préférablement non supérieur à 30 mm et de manière préférée entre toutes supérieur à 15 mm.

Habituellement, le diamètre moyen des particules du matériau en vrac est d'au moins 2 mm, de préférence d'au moins 5 mm, plus préférablement d'au moins 7 mm, de préférence d'au moins 10 mm.

De préférence, les éléments chauffants pour la conversion de l'énergie électrique en chaleur, qui se passe dans le réservoir à haute température, sont directement insérés dans la matière en vrac, par exemple sous forme de spirales disposées à l'au-dessus de l'autre. La distance horizontale entre les fils dans une spirale doit être à peu près la même que la distance verticale entre deux spirales, pour permettre un transfert de chaleur uniforme.

Pour obtenir les performances électriques souhaitées et un dégagement thermique nominal de la surface du fil, un rapport optimal entre la résistance spécifique du fil, le diamètre du fil et la longueur totale de la spirale doit être assuré. Il sera avantageux de relier plusieurs ou toutes les spirales dans un réservoir à haute température l'une avec l'autre pour augmenter la longueur de la ligne.

Le matériel pour le fil chauffant peut être en acier inoxydable ou en acier résistant à la chaleur selon la température et le gaz / milieu de travail utilisé.

Ci-dessous les avantages des inventions sont expliqués et décrits en tant que modes de réalisation en référence aux figures, où :

Fig.1 montre un schéma fonctionnel avec tous les composants principaux du système et leurs connexions ;

Fig.2a et **Fig.2b**, montrent le même schéma de principe que sur la **Fig.1**, mais avec les chemins d'écoulement du gaz montré pendant les phases de génération de puissance;

Fig.3a, 3b montrent un diagramme synoptique du processus indiquant le volume dans lequel le fluide de fonctionnement est stocké pendant l'arrêt de la turbine ;

Fig.4 montre une distribution de température avantageuse pendant une phase de décharge dans un matériau en vrac avec un rapport hauteur de la plateforme / coefficient d'amortissement de 1000 ;

Fig. 5 montre une forme de réalisation avantageuse du chauffage électrique dans trois segments différents du matériel en vrac ;

Fig. 6 montre les éléments chauffants dans le réservoir à haute température **5** sous la forme de spirales empilées et connectées;

Fig. 7 montre la ligne de dérivation avec la soupape de dérivation **9** ; et

Fig. 8 montre l'approvisionnement en gaz naturel **NG** ou d'autres combustibles gazeux ou liquides **10**.

Fig. 1 montre un organigramme schématique du système pour le stockage thermique de l'énergie excédentaire et sa génération lorsqu'il y a un manque de puissance dans le réseau. ce système comprend un ensemble de turbine à gaz avec compresseur **1**, turbine **6** et générateur d'énergie **8**, un réservoir haute température **5**, deux plus petits réservoirs à basse température **3**, **4** avec des moyens de commutation correspondants **31-34** et **41-44**, un refroidisseur de gaz **2** et une pile de décharge **7.**

Pendant une phase de stockage d'énergie, le réservoir haute température **5** est chauffé avec une puissance de sortie de turbine **TOT** à au moins la température d'entrée de turbine **TIT**. Cette conversion d'énergie électrique en énergie thermique peut être réalisée par résistance de courant ou induction. Cette phase peut durer plusieurs minutes, heures ou jours, en fonction de la demande dans le réseau et de la conception des composants

Fig.2.a montre les chemins d'écoulement du gaz dans la phase de production d'énergie, dans le compresseur **1** l'air ambiant est comprimé à la pression **PC** et ainsi chauffé à la température **TC**, qui est clairement au-dessus de la température ambiante. Pour utiliser cette chaleur et en même temps pour minimiser les pertes à travers l'empilement, l'air comprimé est refroidi dans le refroidisseur de gaz **2**, et la chaleur générée est utilisée pour le chauffage ou à d'autres fins. Lorsque les moyens de commutation **33** et **34** sont ouverts, l'air refroidi circule dans un premier réservoir 3 à basse température, où il est chauffé par de la

chaleur stockée à proximité de la température de sortie de la turbine **TOT**, nettement supérieure à **TC**. L'air ainsi préchauffé s'écoule à travers le réservoir à haute température **5**, où sa température - par rapport à la chaleur d'origine électrique à haute température stockée - s'élève au moins à la température d'entrée de la turbine **TIT**. L'air comprimé à une température **TIT** entre dans la turbine **6** où se produit l'expansion à la pression ambiante, ce qui fait chuter la température à **TOT**. Puisque les moyens de commutation **41** et **42** sont également ouverts, les cheveux détendus traversent un second réservoir **4** à basse température, évacuent sa chaleur vers la masse stockée, refroidissent à la température **TS** et laissent le système traverser une pile **7**.

après un certain temps, en règle générale entre 10 et 60 minutes, les moyens de commutation **33**, **34**, **41** et **42** se ferment et les moyens de commutation **31**, **32**, **43**, et **44** s'ouvrent, de sorte que les réservoirs à basse température 3 et 4 changent de rôle, comme indiqué sur la **Fig.2b**.

Au lieu de refroidir l'air comprimé dans un échangeur de chaleur par convection **2**. L'eau peut être injectée et refroidie par évaporation de l'eau. Avec ceci, la possibilité est d'utiliser la chaleur perdue qui se développe, mais en même temps, le flux de masse à travers la turbine 6 et ainsi la performance est augmentée, et surtout le degré global d'efficacité du procédé.

Fig.6a et **Fig. 3b** montrent un mode de fonctionnement avantageux de ce système qui se traduit par une capacité de démarrage rapide à la fin d'une phase de désaccouplement. Lorsque la turbine à gaz **6** est en fonctionnement le réservoir à haute température **5** est sous pression de fonctionnement et tandis que le réservoir à basse température **3** est sous pression (**Fig.3a**), les vannes **41** et **33** sont lentement fermées dans cet ordre, de sorte que le réservoir à haute température, le réservoir basse température **3** et la turbine **6** restent à proximité de la pression de fonctionnement. Si à la fin d'une phase de refoulement, le réservoir basse température **4** est sous pression (**Fig.3b**), il en est de même avec les vannes **31** et **43**, ce qui fait que le réservoir haute température **5**, le réservoir basse température **3** et la turbine **6** restent sous près de la pression de fonctionnement.

La variable de contrôle pour les vannes **41** et **31** sera la pression de fonctionnement maximale de la turbine. L'une des deux soupapes est fermée jusqu'à ce que la pression soit atteinte. Si cette pression est atteinte ou dépassée avant la fermeture complète de la soupape, la soupape restera en position jusqu'à ce que la pression redevienne inférieure à la pression de service.

Dans les valves **33** et **43**, la variable de contrôle est la différence de pression. L'une des deux soupapes est fermée jusqu'à ce que la différence entre la pression après le compresseur **1** et la pression de fonctionnement des turbines **6** soit aussi faible que possible. Si la pression

après le compresseur est supérieure à la pression de fonctionnement, les vannes resteront en position jusqu'à ce que la pression recommence à baisser.

Lorsque toutes ces vannes sont fermées, le fluide de service ou l'air est stocké sous pression de service dans le volume compris entre. Dans les **fig. 3a** et **3b**, ce volume est représenté en gras. Si les éléments chauffants **12**, **13** et / ou **14** (voir **Fig. 5**) sont à nouveau allumés, la température moyenne augmente dans ce volume fermé, et donc également la pression. C'est pourquoi il est nécessaire d'installer une soupape de sécurité supplémentaire **20**. La soupape de sécurité **20** peut également être installée à la sortie de la turbine **6** pour mieux maintenir la température à cet endroit et faciliter un démarrage en douceur.

Dans une nouvelle phase de refoulement (voir **Fig.3a**) la vanne **41** s'ouvrira lentement de sorte que la turbine **6** commence à tourner et à entraîner le compresseur **1**. Lorsque le compresseur **1** délivre une pression suffisamment élevée, la vanne **33** s'ouvrira également, de sorte qu'un fonctionnement nominal de la turbine peut suivre.

Dans le cas de conditions telles que sur la **Fig. 3b**, la vanne **31** s'ouvrira d'abord suivie par la vanne **43**. De cette manière. Le démarrage de la turbine dans les deux cas illustrés dans les dessins - sera également en moins de 30 secondes, ce qui est nécessaire pour participer à la performance de la norme primaire

Fig. 4 montre les profils de température en forme de S avantageux lors de la décharge d'un réservoir haute température de 12m de hauteur, avec des billes d'oxyde d'aluminium de 12 mm comme matériau en vrac, ici le rapport H / d est de 1000. Est une température homogène de (1110 ° C illisible) dans le réservoir de chaleur. Le réservoir de chaleur. La phase de refoulement débute lorsque l'air chauffé à 550 ° par le bas est chauffé jusqu'à 1100 ° C et quitte le réservoir de chaleur par le haut en direction d'une turbine à gaz. En dehors du réservoir, il se mélange avec un volume d'air approximativement préchauffé à 550 ° C pour atteindre la température d'entrée de la turbine (TIT) de 830 ° C. Après une période de décharge de deux heures, la température dans le matériau en vrac au-dessus de 3 m reste constant à 1100 ° C entre une hauteur de (illisible) et 3m, il y a un profil de température très raide. Après 4,6 et 8 heures, il est très similaire, mais l'inclinaison du profil diminue légèrement. Après 10 heures de décharge ininterrompue dans la température de sortie tombe légèrement au-dessous de 1100 ° C, mais il reste encore au-dessus de la température d'entrée, entre 830 ° C et 970 ° C. sans un tel profil de température favorable, qui est obtenu grâce aux caractéristiques décrites ci-dessus de la plateforme du matériau en vrac, la température de sortie chute beaucoup plus rapidement et forme finalement un profil de température linéaire. La phase de refoulement doit être terminée lorsque la température descend en dessous de la température d'entrée de la turbine bien qu'il y ait encore de la chaleur à haute température dans le réservoir.

Si le temps de décharge est inférieur à 10 heures, par exemple 2 ou 4 heures, il n'est pas utile de chauffer les segments supérieurs du réservoir **5** car cela peut entraîner la surchauffe de ces zones et endommager les éléments chauffants. Il est alors avantageux de répartir plusieurs éléments chauffants fonctionnant indépendamment l'un de l'autre sur toute la hauteur. à titre d'exemple **Fig. 5**. montre 3 de tels éléments chauffants **12**, **13** et **14**. Après une phase de charge inférieure à 4 heures, ir est alors suffisant lorsque seul l'élément chauffant inférieur **12** est allumé pendant une phase de chargement. après une phase de déchargement jusqu'à 8 heures, les deux éléments chauffants inférieurs **12** et **13** sont fermés, et seulement avec une décharge complète du moyen de stockage **11** dans le réservoir **5**, les trois éléments chauffants **12**, **13**, **14** sont mis en fonctionnement pour un mode de fonctionnement, le profil de température en forme de S mentionné ci-dessus est non seulement avantageux mais essentiel

Une forme de réalisation avantageuse possible d'éléments chauffants électriques sous la forme de spirales interconnectées empilées est représentée sur la **Fig.6.** Cette disposition est particulièrement avantageuse pour la masse de stockage de chaleur du matériau en vrac car elle peut distribuer librement et uniformément toutes les spirales. Pour augmenter la longueur totale des lignes de chauffage, les spirales sont reliées à d'autres au milieu ou à la fin. ici à titre d'exemple, quatre spirales sont représentées dans trois perspectives différentes pour mieux illustrer lesdits sites de connexion.

Fig. 7 montre une ligne de dérivation avec une soupape de dérivation **9** pour contourner le réservoir à haute température **5** avec un courant partiel, pour obtenir une température d'entrée de turbine **TIT** inférieure à la température de sortie du réservoir à haute température **5**. De cette manière, des températures encore plus élevées peuvent être stockées dans le réservoir à haute température **5** et augmenter ainsi sa capacité calorifique. En outre, les performances de la turbine **6** peuvent être régulées avec une soupape de dérivation **9**.

Fig. 8 montre la possibilité d'utiliser une ligne **10** pour ajouter un volume de gaz naturel **NG** ou autre carburant gazeux ou liquide dans la ligne entre le réservoir haute température **5** et la turbine **6** pour atteindre une température d'entrée de turbine **TIT** plus élevée. ceci est intéressant lorsque le temps de décharge est plus long que prévu en raison des conditions dans le réseau électrique, et si la température de l'air du réservoir haut descend en dessous de la température nominale d'entrée de la turbine **TIT.**

Toutes les caractéristiques divulguées dans les documents de demande sont revendiquées comme pertinentes pour l'invention si elles sont seules ou en combinaison elles sont nouvelles par rapport à l'état de l'art.

Numéros de référence:

1 Compresseur
2 Echangeur de chaleur, refroidisseur de gaz
3 Premier réservoir à basse température
4 Secondes réservoir basse température
Réservoir haute température 5, chauffé électriquement
6 Turbine, Turbine de détente à gaz
7 piles
8 Groupe électrogène
9 lignes de dérivation avec soupape de dérivation
10 fournitures de gaz naturel ou d'un autre combustible gazeux ou liquide
11 moyens de stockage de chaleur pour le réservoir à haute température
12 Premier élément chauffant (inférieur)
13 Second élément de chauffage (intermédiaire)
14 Troisième élément chauffant (supérieur)
20 Soupape de sécurité (soupape de surpression)
31, 32, 33, 34 des moyens de changement dans le premier réservoir à basse température
41,42,43,44 Moyens de commutation dans le second réservoir à basse température
PH-E Réservoir haute température chauffé électriquement
PH Réservoir basse température
PC Pression après le compresseur
TC Température après le compresseur
TIT Température d'entrée de la turbine
TOT Température de sortie de la turbine
TMAX Température maximale de la chaleur haute température stockée
TPHE Température moyenne du gaz à la sortie du réservoir à haute température
TS Température dans la pile
GN Gaz naturel ou autre combustible gazeux ou liquide

Revendications

1. Un procédé de stockage d'énergie par conversion en énergie thermique et production d'énergie subséquente au moyen de

- une turbine à gaz avec compresseur **(1),** expanseur **(6)** et générateur d'énergie **(8),**

- avec au moins un **(3)** et un deuxième **(4)** réservoir à basse température,

- et un réservoir à haute température **(5)** avec un matériau en vrac comme moyen de stockage de chaleur **(11)**

caractérisé en ce que,

-l'énergie électrique est stockée sous forme de chaleur à haute température supérieure à la température de sortie de la turbine **TOT** dans un réservoir thermique **(5),**

pendant la phase de production d'énergie, un gaz comprimé du compresseur **(1)** est chauffé dans un réservoir à basse température **(3, 4)** à une température proche de la température de sortie de la turbine **TOT** et ensuite chauffé dans un réservoir à haute température **(5)** la chaleur emmagasinée provenant de l'énergie électrique jusqu'à une température d'au moins la température d'entrée de la turbine **TIT** et le rapport entre la hauteur de la plateforme dans le sens de l'écoulement et le diamètre moyen des particules du matériau en vrac dans le réservoir à haute température **(5)** de préférence au moins 100, plus préférablement au moins 250, encore plus préférablement au moins 500 et de manière particulièrement préférée au moins 1000.

2. Le procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le temps de décharge Δt provenant du réservoir à haute température **(5)** correspond à la relation suivante :

$$0{,}5 \cdot (Ms/mG) \cdot (Cs/Cp) \cdot \Delta\Theta \leq \Delta t \leq 0{,}99 \cdot (Ms/mG) \cdot (Cs/Cp) \cdot \Delta\Theta$$

où Ms est la masse du matériau en vrac **(11)**, mG est le flux de gaz, Cs est la capacité thermique spécifique des particules de matériau en vrac, Cp est la capacité calorifique spécifique du gaz, $\Delta\Theta$ = (TPHE-TOT) / (TMAX-TOT) est la différence de température relative, TPHE est la température moyenne du gaz à la sortie du réservoir à haute température **(5)**, TMAX est la température maximale de la chaleur à haute température stockée, et TOT est la température du gaz à l'entrée du réservoir à haute température.

3. Le procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le refroidissement dans le réservoir à haute température **(5)** pendant une phase de génération d'énergie est limité uniquement à la température de sortie de la turbine **TOT**.

4. Le procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le gaz comprimé est amené à un échangeur de chaleur **(2)** pour utiliser les déchets qui se sont développés en tant que chaleur utile.

5. Le procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le gaz comprimé est refroidi par l'injection d'eau.

6. Le procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les réservoirs à haute température **(5)** sont chauffés par énergie électrique à une température supérieure à la température d'entrée de la turbine **TIT.**

7. Le Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la conversion de l'énergie électrique en chaleur à température élevée pour le réservoir **(5)** a lieu par l'intermédiaire d'une résistance de courant ou d'induction.

8. Le Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le chauffage électrique du réservoir à haute température **(5)** a lieu en au moins deux, de préférence plusieurs segments répartis sur toute la hauteur de chute.

9. Le Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à la fin d'une phase de décharge, avant l'arrêt de la turbine à gaz **(6)**, les vannes **(41)** et **(33)**, ou les vannes **(31)** et **(43)**, sont fermés de telle sorte que le réservoir à haute température **(5)**, le réservoir à basse température **(3)** ou le réservoir à basse température **(4)** et la turbine **(6)** restent à proximité de la pression de fonctionnement.

10 Le Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, au moyen d'une ligne de dérivation et d'une soupape de dérivation **(9)**, la température d'entrée de la turbine et les performances de la turbine peuvent être sélectivement contrôlées.

11 Le Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que pendant la phase de génération d'énergie, le gaz servant de milieu de travail est de l'air ou un autre gaz contenant de l'oxygène.

12 Le Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, avant d'entrer dans la turbine, un volume de gaz naturel **(10)** ou un autre combustible gazeux ou liquide est fourni.

13. Un moyen de stockage d'énergie par conversion en énergie thermique et génération d'énergie subséquente au moyen d'un groupe turbine à gaz avec compresseur **(1)** expanseur **(6)** et générateur d'énergie **(8)**, avec au moins un premier **(3)** et un second **(4)** réservoir de chaleur à basse température, **caractérisé en ce que**
au moins un réservoir à haute température **(5)** est fourni en aval, qui sert à chauffer le fluide de travail après le réservoir à basse température **(3, 4)** à la température d'entrée de la turbine **TIT** et qui est conçu de telle sorte que dans le matériau en vrac servant en tant qu'intermédiaire de stockage de chaleur **(11)**, le rapport entre la hauteur de la plateforme dans le sens de l'écoulement et le diamètre moyen des particules est d'au moins 10, de préférence d'au moins 100, plus préférablement d'au moins 250, encore plus préférablement d'au moins 500 et de manière particulièrement préférée d'au moins 1000.

14. Le moyen selon la revendication 13, caractérisé en ce que le courant provenant du compresseur **(1)** est un échangeur de chaleur **(2)** qui refroidit le fluide de travail et sépare la chaleur résiduelle développée en chaleur utile.

15. L e moyen selon la revendication 13 ou 14, caractérisés en ce que l'injection d'eau est prévue après le compresseur **(1)**.

16. Le Moyen selon l'une au moins des revendications 13 à 15, caractérisés en ce qu'entre l'entrée et la sortie du réservoir à haute température (5), une ligne de dérivation aval avec une soupape de dérivation **(9)** est prévue.

17. Le moyen selon au moins l'une des revendications 13 à 16, caractérisés en ce que, en amont de l'entrée dans la turbine **(6)**, une ligne **(10)** est prévue pour l'alimentation en carburant.

18. Le moyen selon l'une au moins des revendications 13 à 17, caractérisé en ce qu'un moyen de commutation pour activer alternativement au moins un premier **(3)** réservoir de chaleur à basse température et au moins un second **(4)** réservoir de chaleur à basse température est prévu dans la branche de ligne après la turbine **(6)** ou après le compresseur **(1)**,

19. Le moyen selon l'une au moins des revendications 13 à 18, caractérisé en ce que des régénérateurs de matériaux en vrac sont utilisés comme réservoirs à basse température **(3, 4)**.

20. Le moyen selon au moins l'une des revendications 13 à 19, caractérisés en ce que des échangeurs de récupération sont utilisés à la place des réservoirs à basse température **(3, 4)**.

21 Le moyen selon l'une au moins des revendications 13 à 20, caractérisés en ce que le réservoir à haute température **(5)** est constitué d'un régénérateur de matériau en vrac avec chauffage électrique intégré

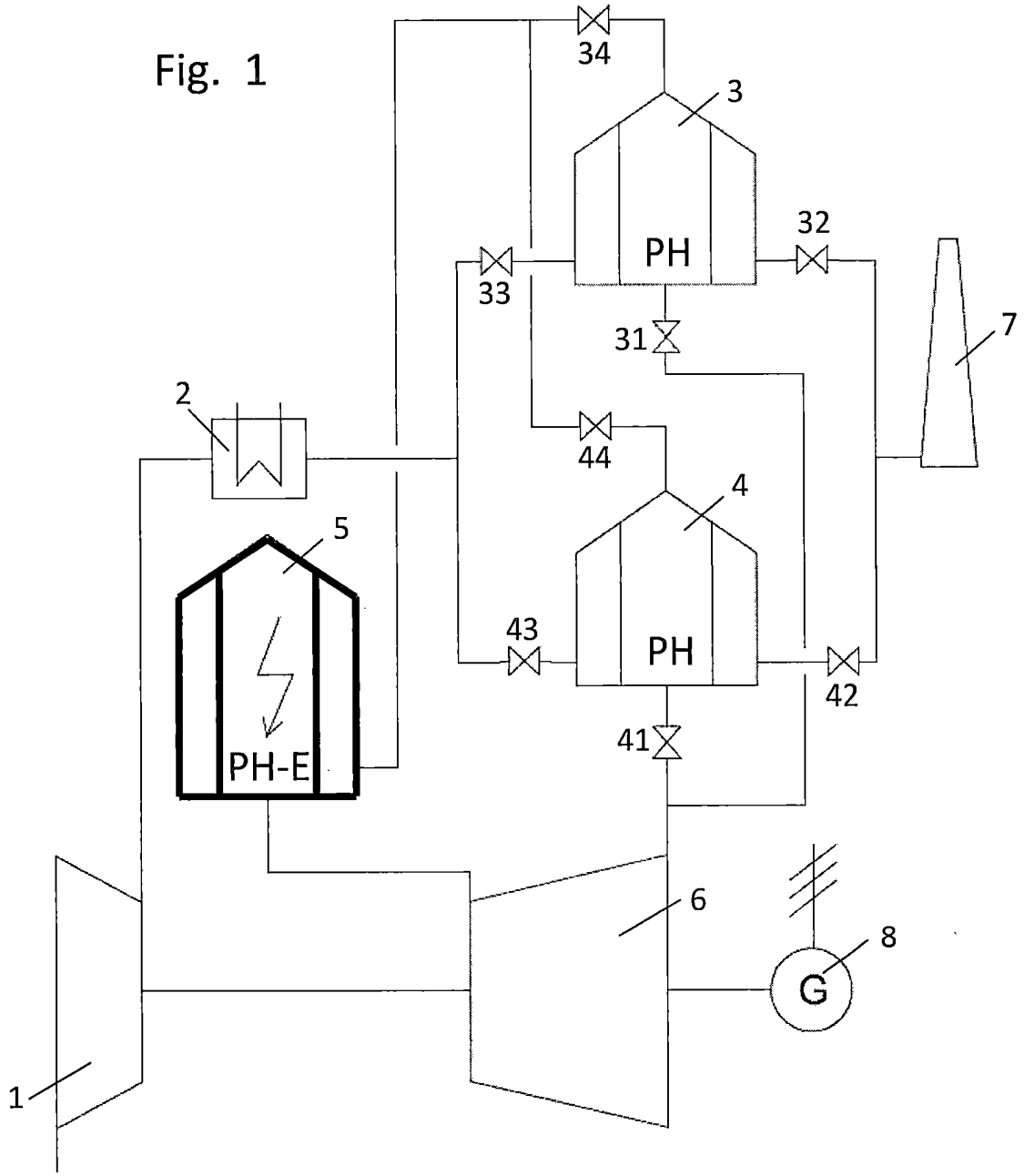
22. Le moyen selon l'une au moins des revendications 13-2, caractérisés en ce que les éléments chauffants intégrés dans le réservoir à haute température sont constitués de spirales empilées.

23. Le Moyen selon l'une au moins des revendications 13 à 22, caractérisés en ce que le chauffage électrique du réservoir à haute température (5) est constitué d'au moins deux, de préférence plusieurs éléments chauffants indépendants répartis sur toute la hauteur **(11, 12, 13)**.

24. Le moyen selon l'une au moins des revendications 13 à 23 caractérisés en ce que un fil d'acier inoxydable ou d'acier résistant à la chaleur est utilisé comme fil chauffant.

A suivre : 7 planches de dessins

Fig. 1



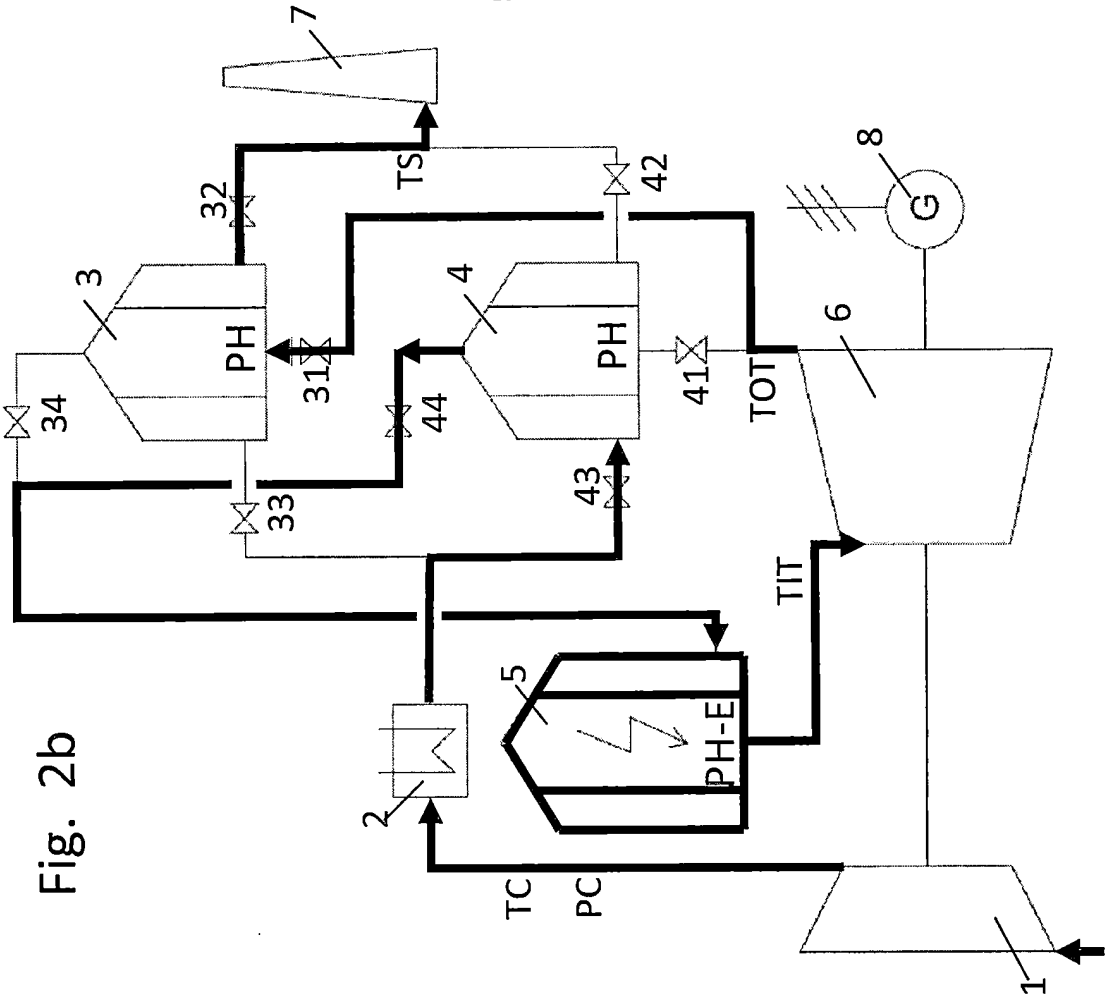

7
TS
32
42
8
G
3
4
PH
PH
31
44
41
TOT
6
34
33
43
TIT
5
PH-E
2
TC
PC
1

Fig. 2b

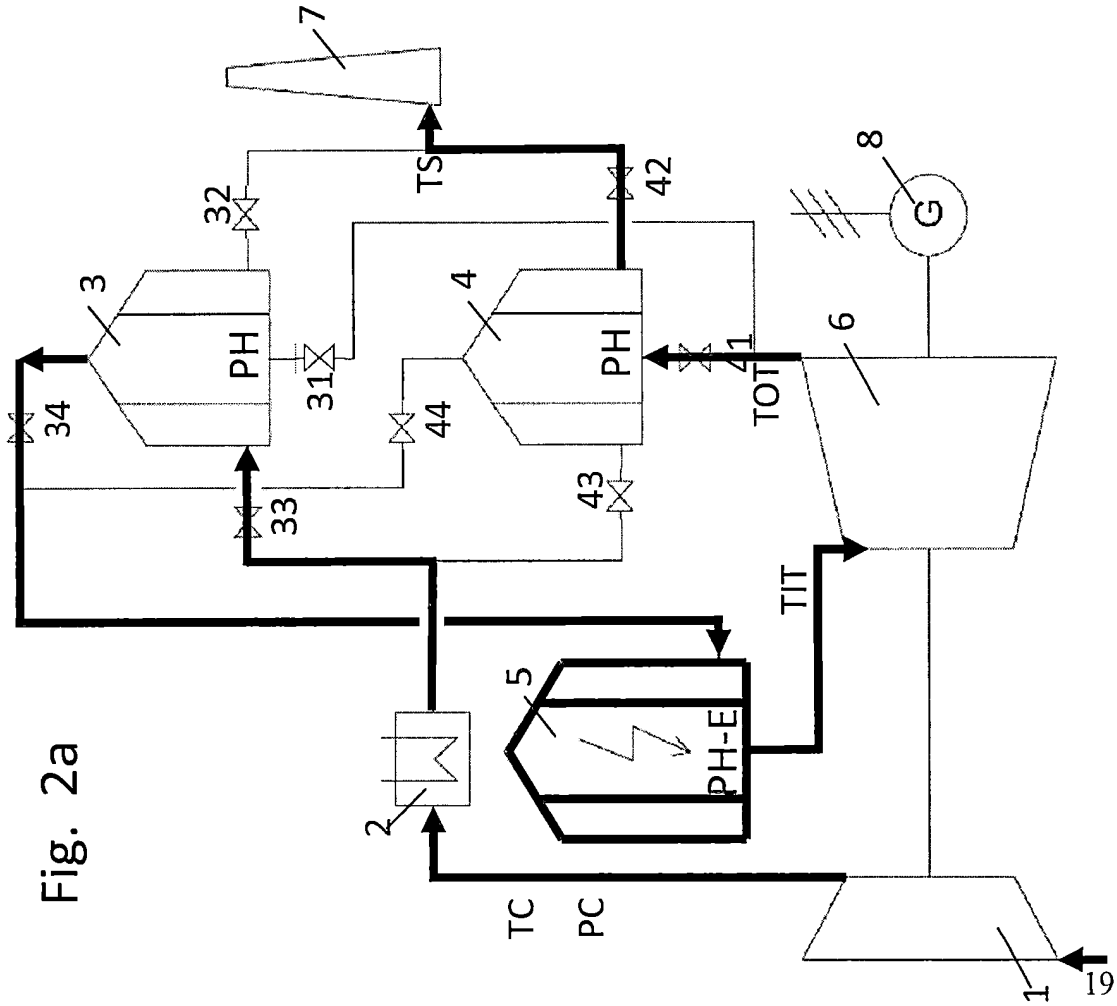

7
TS
32
42
8
G
3
4
PH
PH
31
44
41
TOT
6
34
33
43
TIT
5
PH-E
2
TC
PC
1

Fig. 2a

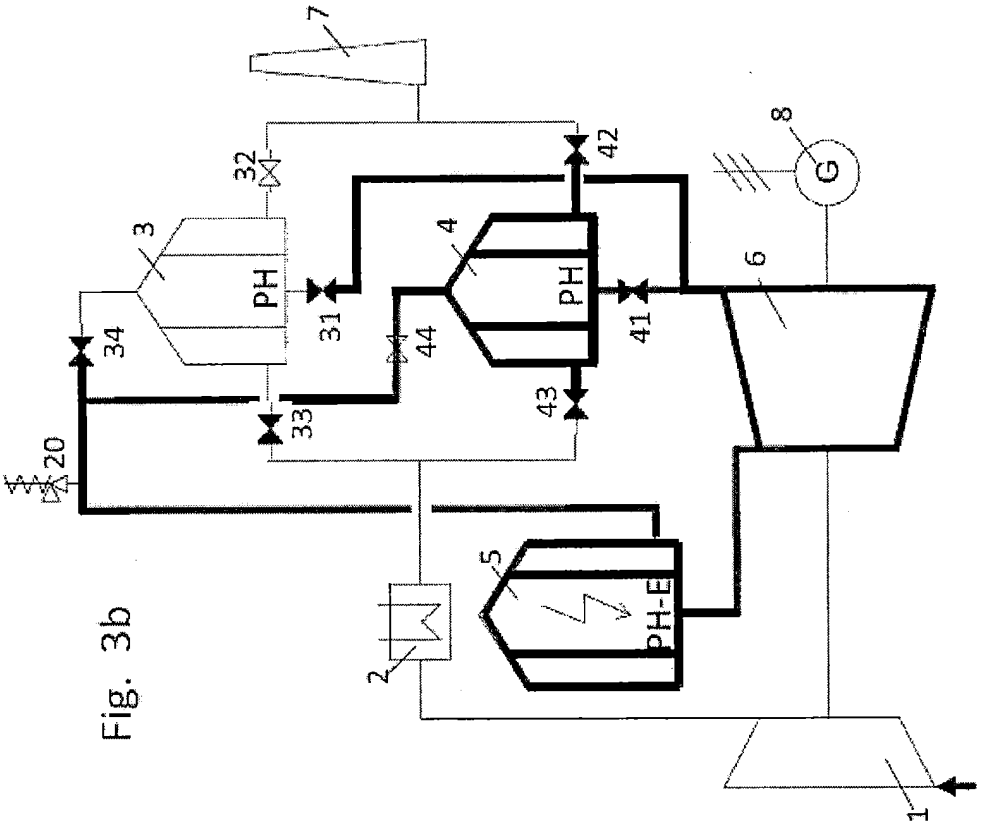

7
32
3
PH
34
20
31
33
4
PH
44
43
42
41
6
8
G
5
PH-E
2
1

Fig. 3b

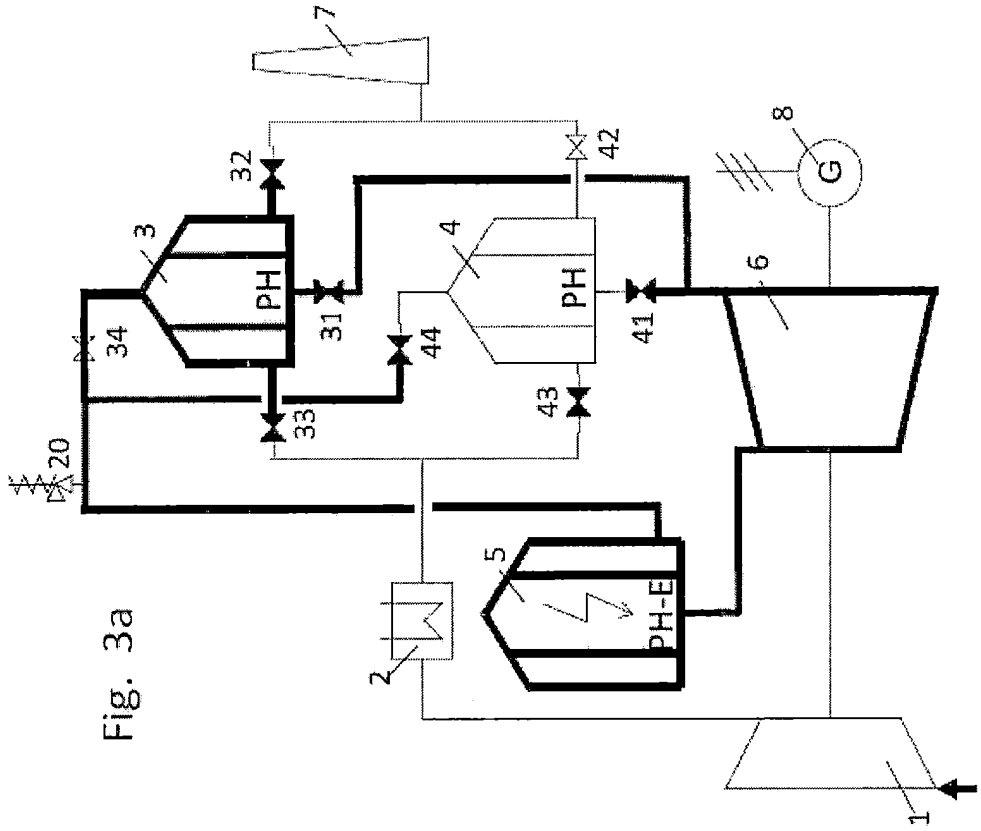

7
32
3
PH
34
20
31
33
4
PH
44
43
42
41
6
8
G
5
PH-E
2
1

Fig. 3a

Fig. 4

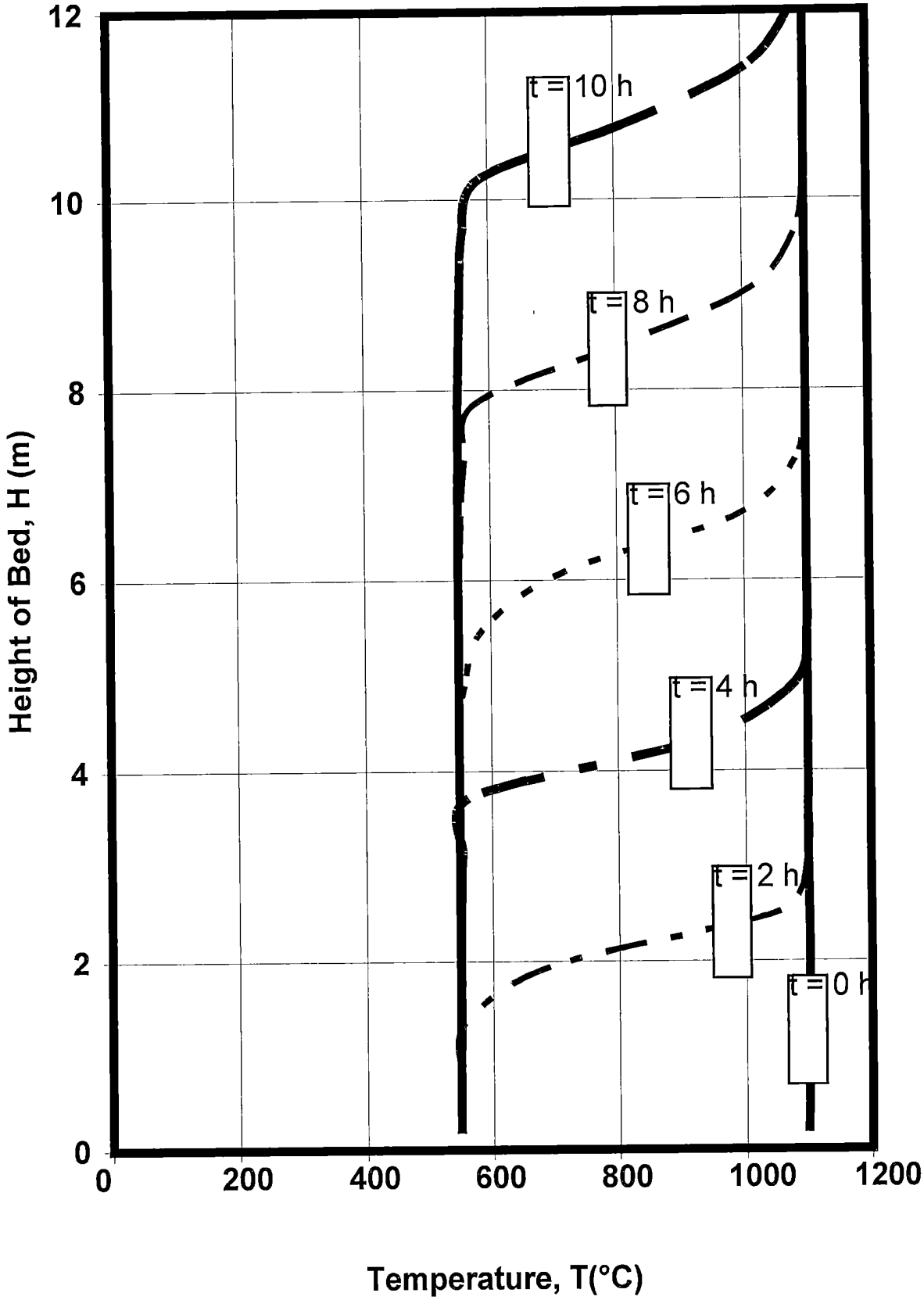

12
10
8
6
4
2
0
Height of Bed, H (m)
0
200
400
600
800
1000
1200
Temperature, T(°C)
t = 10 h
t = 8 h
t = 6 h
t = 4 h
t = 2 h
t = 0 h

Fig. 5

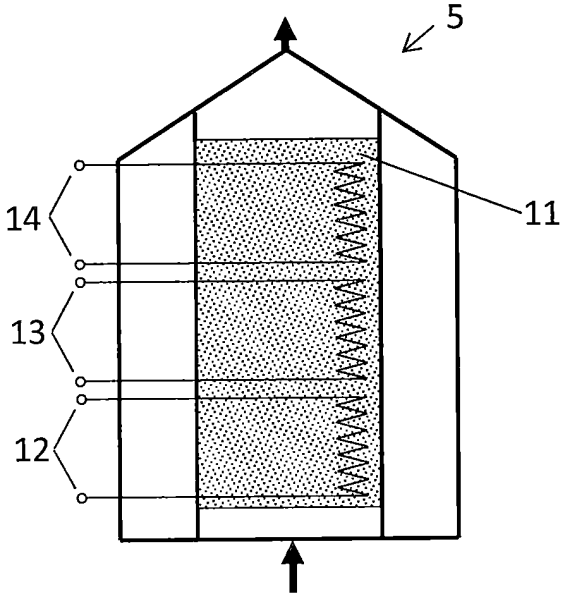
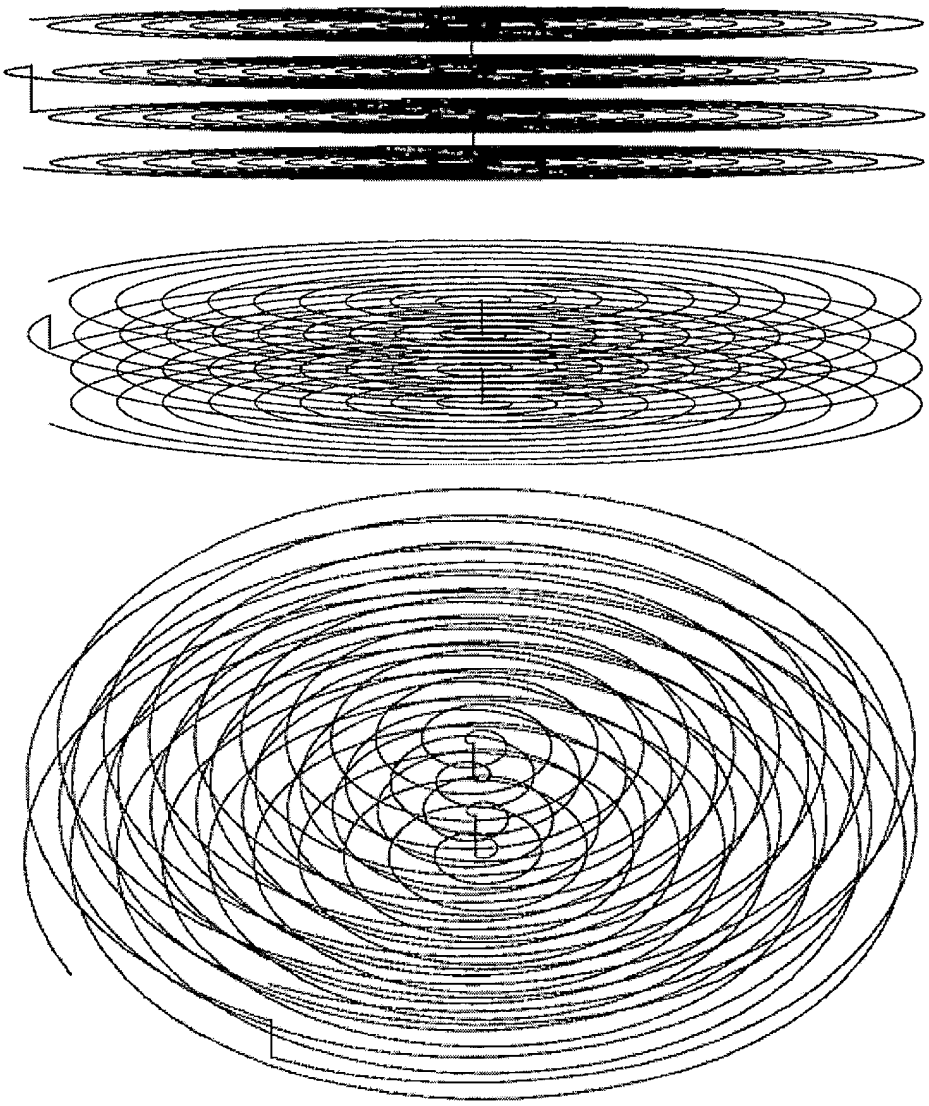


Fig. 6



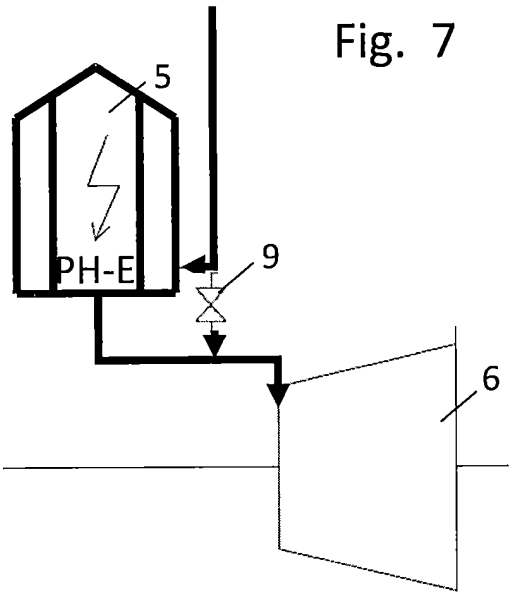


Fig. 7

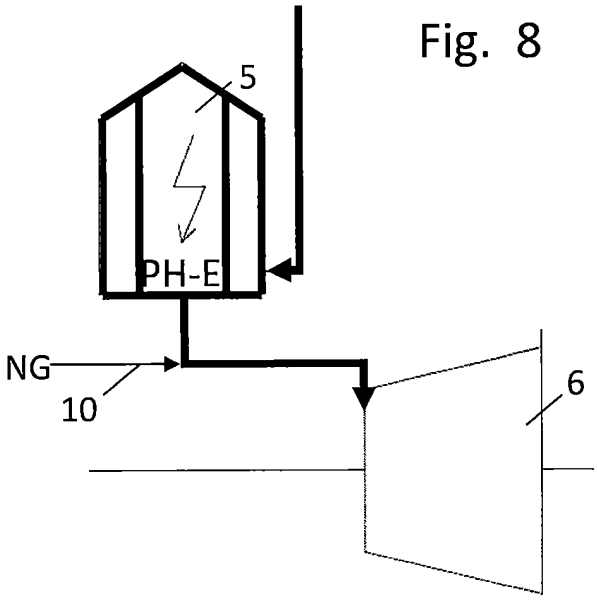


Fig. 8

MA 41234A1

ROYAUME DU MAROC
****
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
****

OMPIC

المملكة المغربية

المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

RAPPORT DE RECHERCHE AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE

(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 41234	Date de dépôt :13/04/2015 Date d'entrée en phase nationale :12/10/2017
Déposant : KARL BROTZMANN CONSULTING GMBH	
Intitulé de l'invention : STOCKAGE D'ÉLECTRICITÉ PAR L'INTERMÉDIAIRE D'ACCUMULATEURS THERMIQUES ET D'UNE TURBINE À AIR	

Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com, et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

Partie 1 : Considérations générales
- ☒ Cadre 1 : Base du présent rapport
- ☐ Cadre 2 : Priorité
- ☐ Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

Partie 2 : Rapport de recherche

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité
- ☐ Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté
- ☐ Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention
- ☐ Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité
- ☒ Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Examinateur: Lahcen BELCAID	**Date d'établissement du rapport** : 08/03/2019
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	ROYAUME DU MAROC OFFICE MAROCAIN de la PROPRIETE INDUSTRIELLE COMMERCIALE CASABLANCA

Partie 1 : Considérations générales

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
  13 Pages
- Revendications
  24
- Planches de dessin
  7 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : F02C1/05 ; F02C 6/16

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
Y	WO2009103106; SCHWEIGHOFER FRANZ [AT]; 2009-08-27 *page 3, paragraphes [2-3]; figures 7-11*	1-8, 13-21
A		9-12, 22-24
Y	DE4236619 ; AIR LIQUIDE [FR] ; 1996-11-28 *colonne 1, ligne 64 - colonne 2, ligne 45; figure 1*	1-8, 13-21
Y	WO2013005192 ;WATREMETZ BENOIT [FR] ; 2013-01-10 *page 9, lignes 4 - 16*	13-21

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« **X** » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
-« **Y** » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
-« **A** » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« **P** » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« **E** » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté	Revendications 1-24 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 9-12, 22-24 Revendications 1-8, 13-21	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-24 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : WO2009103106
D2 : DE4236619
D4 : WO2013005192

1. Nouveauté

Aucun des documents cités ci-dessus ne divulgue ni un procédé ni un moyen correspondant de stockage d'énergie par conversion en énergie thermique et production d'énergie subséquente tels que décrits dans les revendications 1-24.
D'où, l'objet des revendications 1-24 est nouveau conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive

Le document D1 qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 13 divulgue *(les références entre parenthèses s'appliquent au Document D1) :*
un moyen de stockage d'énergie par conversion en énergie thermique et production ultérieure d'énergie au moyen d'un groupe turbine à gaz (figure 9) doté d'un compresseur (V), d'un détendeur (T) et d'un générateur d'énergie (DG), comportant au moins un premier et un second réservoir (7) de stockage à basse température (les réservoirs thermiques HTS-1 et HTS-2 se composent d'une zone annulaire 7 à basses températures et d'une zone centrale 6 à hautes températures), dans laquelle au moins un stockage à haute température (zone centrale 6 en aval de la zone annulaire 7) est prévue pour le chauffage du fluide de travail en aval du stockage basse température jusqu'à la température TIT d'entrée de la turbine et dans laquelle un matériau en vrac est utilisé comme moyen de stockage de chaleur (voir page 3, paragraphe 3)

L'objet de la revendication 13 diffère du dispositif de stockage d'énergie connu de D1 en ce que le rapport entre la hauteur du lit dans le sens de l'écoulement et le diamètre moyen des particules est d'au moins 10.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme choisir la taille du diamètre de la particule en fonction des dimensions de l'accumulateur thermique pour un stockage et un transfert de chaleur avantageux.

La solution proposée dans la revendication 13 de la présente demande ne peut être considérée comme inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. En effet, le document D2 décrit le stockage de chaleur amélioré lorsque "la taille de particule du matériau en vrac n'est pas trop grande", dans lequel D2 décrivant dans un mode de réalisation un rapport de la profondeur du matériau en vrac de 50 cm à une taille de 15 mm (voir figure 1 et la colonne 1, ligne 64 - colonne 2, ligne 45). En outre, cette caractéristique est connue dans l'état de l'art. plusieurs documents décrivent un rapport de ce type entre la profondeur du matériau en vrac et la taille des particules pour un meilleur stockage de la chaleur (voir, par exemple, D3, page 9, lignes 4-16).

2.2- le raisonnement relatif à la revendication 13 s'applique à l'objet de la revendication 1. La solution proposée ne peut donc être considérée comme impliquant une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 en prenant en considération les documents D1 et D2.

2.3- Les revendications dépendantes 2-8 et 14-21 ne contiennent pas de caractéristiques additionnelles qui, combinées aux caractéristiques d'une revendication à laquelle elles se rapportent, répondent aux exigences de l'activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2.4- les caractéristiques décrites dans les revendications 9-12 et 22-24 ne sont pas comprises dans l'état de la technique et n'en découlent pas de façon évidente. D'où l'objet des revendications 9-12 et 22-24 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 en prenant en considération les documents D1 et D2.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.