

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑪

N° 80 18805

⑤④ Procédé de récupération d'accumulation et de restitution d'énergie et dispositif pour la mise en œuvre dudit procédé.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. ³). F 01 K 27/00.

②② Date de dépôt..... 29 août 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 9 du 5-3-1982.

⑦① Déposant : Société dite : TECHNIGAZ, résidant en France.

⑦② Invention de : Jean-Paul Morel.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Z. Weinsten,
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention concerne un procédé de récupération, d'accumulation et de restitution de l'énergie mécanique excédentaire disponible d'une machine motrice à régime de consommation variable, par transformation
5 en énergie de pression statique dans un fluide gazeux compressible, et un dispositif pour la mise en oeuvre dudit procédé.

On connaît déjà un procédé de récupération, d'accumulation, et de restitution d'énergie mécanique excédentaire
10 disponible, dans lequel l'excédent d'énergie d'une centrale électrique, pendant les périodes creuses de consommation d'énergie, est utilisé pour comprimer de l'air atmosphérique qui est ensuite accumulé dans une cavité souterraine créée généralement par dissolution d'un dôme de sel ou artificiel-
15 lement pourvue d'un système de régulation automatique de la pression d'air pour la maintenir constante. Ce système basé sur le principe du piston hydraulique, utilise, par exemple, une nappe phréatique de façon que cette masse d'eau forme le piston hydraulique surmonté par la masse
20 d'air comprimé accumulée dans la cavité souterraine.

L'air comprimé soutiré de la cavité souterraine, utilisée comme réserve de stockage, alimente directement la chambre de combustion du générateur de gaz d'une turbine, dont on a supprimé le compresseur d'air comburant.

25 Mais, ce procédé présente l'inconvénient majeur de nécessiter l'existence, à proximité du lieu de récupération d'énergie, d'un site naturel susceptible de convenir à la création d'une cavité impérméable de volume suffisamment important, ainsi qu'une nappe phréatique à niveau variable.
30 En effet, à défaut d'une telle cavité on ne peut envisager la construction d'un réservoir extérieur en béton en raison de son encombrement considérable nécessaire (stockage du fluide à l'état gazeux) donc de son coût prohibitif.

35 On connaît également un dispositif de récupération sans accumulation, d'énergie. Dans ce dispositif, on utilise au moins une partie du vaporiseur d'un système

de stockage de gaz naturel liquéfié, destiné à alimenter un gazoduc en gaz naturel en phase vapeur à haute pression comme source froide d'un échangeur de chaleur formant le condenseur d'un cycle fermé de Rankine à fluide cryogénique tel que par exemple un hydrocarbure halogéné ; ledit dispositif comprenant en outre une pompe à condensat, un évaporateur à source chaude généralement naturelle, telle que l'air ou l'eau, et une machine de détente produisant de l'énergie mécanique utilisable.

10 Toutefois, ce dispositif ne permet pas l'accumulation de l'énergie récupérée et, d'autre part la localisation géographique de tels dispositifs est très limitée du fait qu'il faut disposer de gaz naturel liquéfié à proximité.

15 La présente invention a pour but d'éviter les inconvénients précités en fournissant une solution qui permette de récupérer et d'accumuler l'énergie mécanique excédentaire disponible d'une machine motrice en tout lieu où la récupération et l'accumulation d'une telle énergie sont envisageables, et d'utiliser, pour ce faire, notamment l'air atmosphérique, disponible partout gratuitement et non polluant.

Cette solution consiste selon la présente invention en un procédé de récupération, d'accumulation et de restitution de l'énergie mécanique excédentaire disponible d'une machine motrice, par exemple un générateur de puissance à régime de consommation variable, en particulier pendant les périodes creuses de consommation d'énergie, par transformation en énergie de pression statique dans un fluide gazeux compressible, tel qu'en particulier l'air atmosphérique, avec emmagasinage subséquent de fluide, caractérisé en ce qu'il consiste à liquéfier le fluide gazeux comprimé à le conserver, de préférence à une pression voisine de la pression atmosphérique, à l'état liquide, puis à prélever au moins une partie du fluide liquéfié et successivement :

35 - à élever ladite partie à une pression sensiblement supérieure à la pression atmosphérique ;

- à vaporiser ladite partie sous une pression sensiblement constante et à température ambiante ;
- à la détendre dans une machine réceptrice pour produire du travail utilisable.

5 Selon une autre caractéristique de l'invention, ledit procédé consiste à refroidir le fluide comprimé au moins par échange thermique avec un fluide réfrigérant auxiliaire, tel que par exemple de l'eau ou de l'air, puis finalement à liquéfier notamment par condensation,
10 le fluide comprimé refroidi.

15 Selon une autre caractéristique de l'invention, au moins une partie de préférence mineure, du fluide comprimé préliminairement refroidi est détendue, par exemple dans une turbomachine, puis utilisée comme source froide pour la condensation précitée.

20 Selon une autre caractéristique de l'invention, le fluide comprimé préliminairement refroidi subit, avant sa condensation précitée, un refroidissement supplémentaire par échange de chaleur avec sa partie détendue précitée et, éventuellement, avec au moins une partie du fluide gazeux évaporé de sa phase liquide accumulée.

25 Selon encore une autre caractéristique de l'invention, au moins une partie de la puissance mécanique fournie à la turbomachine précitée est utilisée pour comprimer le fluide gazeux précité.

30 Selon une autre caractéristique de l'invention, la partie prélevée du fluide liquéfié est élevée à une pression d'environ 60 bars et la détente de ladite partie prélevée de fluide vaporisé est sensiblement isotherme.

35 La présente invention vise également un dispositif pour l'exécution du procédé selon l'invention, du type comprenant une machine motrice, telle qu'un générateur de puissance couplé à un compresseur d'un fluide gazeux, notamment l'air atmosphérique et, au moins, un réservoir de fluide, notamment l'air atmosphérique, caractérisé,

selon l'invention, en ce qu'il comporte un système de liquéfaction du fluide comprimé relié d'une part, en amont audit compresseur, et d'autre part, en aval audit réservoir destiné à contenir du fluide liquéfié et un système d'élévation de pression et de vaporisation du fluide, liquéfié relié, en amont audit réservoir et, en aval à une machine réceptrice de détente du fluide vaporisé.

Le dispositif selon l'invention, est caractérisé de plus en ce que ledit système de liquéfaction comprend au moins un échangeur thermique refroidisseur, à fluide réfrigérant auxiliaire, tel que par exemple de l'eau ou de l'air, un condenseur qui lui est relié et, éventuellement un échangeur thermique refroidisseur supplémentaire placé entre l'échangeur thermique refroidisseur précité et ledit condenseur.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ledit système de liquéfaction comprend de plus une turbomachine couplée au compresseur précité vers laquelle est détournée au moins une partie, de préférence mineure, dudit fluide comprimé et refroidi.

Le dispositif selon l'invention est de plus caractérisé en ce que ledit condenseur et, éventuellement, ledit échangeur thermique supplémentaire, a au moins pour fluide réfrigérant ladite partie dudit fluide détournée vers la turbomachine précitée et détendue dans ladite turbomachine, tandis que ledit échangeur thermique supplémentaire a de plus pour fluide réfrigérant au moins une partie du fluide gazeux évaporé de sa phase liquide accumulée.

Selon une autre caractéristique de l'invention, ledit système d'élévation de pression et de vaporisation du fluide liquéfié comprend successivement une pompe haute pression et un vaporiseur de préférence à ruissellement et ladite machine réceptrice de détente du fluide vaporisé comprend un ensemble de turbines de détente avec réchauffeurs intermédiaires à air ou à eau.

Le procédé et le dispositif de récupération, d'accumulation et de restitution d'énergie proposés permettent de récupérer et de stocker de l'énergie excédentaire disponible d'une machine motrice, notamment d'un générateur de puissance à régime de consommation variable partout où cela est envisageable.

En particulier, le stockage s'effectue dans un réservoir d'air liquide, à une pression atmosphérique, de volume restreint qui peut être installé n'importe où sans difficulté.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative qui va suivre faite en se référant au dessin schématique annexé donné uniquement à titre d'exemple non limitatif dans lequel la figure unique représente un diagramme synoptique fonctionnel d'un mode de réalisation spécifique actuellement préféré de l'invention.

Le dispositif représenté schématiquement sur la figure annexée, comprend de façon connue un générateur de puissance 1 couplé à un compresseur 2 d'air atmosphérique et un réservoir 8 d'air atmosphérique.

Selon l'invention, le dispositif comporte un système de liquéfaction A de l'air atmosphérique comprimé relié, d'une part, en amont audit compresseur 2 et d'autre part, en aval, audit réservoir 8 muni d'un système de vannes 7, 9 et destiné à contenir l'air liquéfié, et un système B d'élévation de pression et de vaporisation de l'air liquéfié relié en amont audit réservoir 8 et, en aval à une machine réceptrice de détente C de l'air vaporisé.

Le système de liquéfaction A comprend un premier échangeur thermique refroidisseur 3 à fluide réfrigérant auxiliaire, tel que l'air ou l'eau, et, avantageusement, un second échangeur thermique 6 relié en amont au premier échangeur 3 et en aval, au condenseur 5 et à une turbomachine 4 couplée au compresseur 2. Le fluide

réfrigérant du condenseur 5 et du second échangeur thermique 6 est constitué, de préférence, de la partie détendue dans ladite turbomachine 4 de l'air préalablement comprimé et refroidi et, de plus pour le second échangeur thermique 6, par la partie évaporée de l'air liquéfié accumulé dans le réservoir 8, qui communique avec le condenseur 5 par la vanne 7.

Le système B d'élévation de pression et de vaporisation de l'air liquéfié, communiquant avec le réservoir 8 par la vanne 9, comporte une pompe à haute pression 10 et, en aval par rapport à ladite pompe, un vaporiseur à ruissellement 11.

Ledit vaporiseur 11 est relié à la machine réceptrice de détente C qui comprend un ensemble de turbines 12 avec réchauffeurs intermédiaires 13 à air ou à eau.

Le dispositif décrit ci-dessus fonctionne de la manière suivante.

Le générateur de puissance 1 à régime de consommation variable, est couplé pendant les heures creuses de consommation d'énergie, notamment par un accouplement temporaire à embrayage et débrayage automatique, à un compresseur 2 qui comprime de l'air atmosphérique en utilisant l'énergie mécanique excédentaire disponible dudit générateur.

L'air comprimé est refroidi, préliminairement, dans l'échangeur thermique 3 et, de préférence, dans l'échangeur thermique supplémentaire 6, puis une partie mineure de l'air comprimé refroidi est détendue dans la turbomachine 4 et utilisée comme source froide du condenseur 5, où la majeure partie de l'air comprimé et refroidi est liquéfiée, et comme source froide de l'échangeur thermique supplémentaire 6. La puissance mécanique fournie à la turbomachine 4 précitée est utilisée pour comprimer, de façon auxiliaire, l'air atmosphérique dans le compresseur précité 2.

L'air liquéfié est conservé dans le réservoir de

stockage 8 à une pression voisine de la pression atmosphérique et la partie évaporée dudit air liquéfié sert de source froide complémentaire de l'échangeur thermique supplémentaire 6.

5 L'air liquéfié accumulé est prélevé et pompé à une pression d'environ 60 bars avant d'être vaporisé, sous une pression sensiblement constante et à une température ambiante, et détendu de façon sensiblement isotherme dans l'ensemble de turbines 12 pour produire du travail
10 utilisable.

Ainsi, le procédé selon l'invention permet de récupérer et de stocker de l'énergie excédentaire disponible d'un générateur de puissance à régime de consommation variable partout où cela est envisageable. En effet,
15 le stockage s'effectue dans un réservoir d'air liquide de volume restreint qui peut être de ce fait installé n'importe où sans difficultés.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et représenté qui n'a été
20 donné qu'à titre d'exemple. En particulier, elle comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits, ainsi que leurs combinaisons, si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mise en œuvre dans le cadre de la protection comme revendiquée.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé de récupération, d'accumulation et de restitution de l'énergie mécanique excédentaire disponible d'une machine motrice, par exemple d'un générateur de puissance, à régime de consommation variable, en particulier pendant les périodes creuses de consommation d'énergie, par transformation en énergie de pression statique dans un fluide gazeux compressible, tel qu'en particulier l'air atmosphérique, avec emmagasinage subséquent de fluide, caractérisé en ce qu'il consiste à liquéfier le fluide gazeux comprimé, à le conserver, de préférence à une pression voisine de la pression atmosphérique, à l'état liquide, puis à prélever au moins une partie du fluide liquéfié et successivement:

- à élever ladite partie à une pression sensiblement supérieure à la pression atmosphérique;
- à vaporiser ladite partie sous une pression sensiblement constante et à température ambiante;
- à la détendre dans une machine réceptrice pour produire du travail utilisable.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à refroidir le fluide comprimé au moins par échange thermique avec un fluide réfrigérant auxiliaire, tel que par exemple de l'air ou de l'eau, puis finalement à liquéfier, notamment par condensation, le fluide comprimé refroidi.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'au moins une partie, de préférence mineure du fluide comprimé préliminairement refroidi est détendue, par exemple dans une turbo-machine, puis utilisée comme source froide pour la condensation précitée.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le fluide comprimé préliminairement refroidi subit, avant sa condensation précitée, un refroidissement supplémentaire par échange de chaleur avec sa partie détendue précitée, et éventuellement avec au moins une partie du

fluide gazeux évaporé de sa phase liquide accumulée.

5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce qu'au moins une partie de la puissance mécanique fournie à la turbo-machine précitée est utilisée pour
5 comprimer le fluide gazeux précité.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que la partie prélevée du fluide liquéfié est élevée à une pression d'environ 60 bars.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
10 caractérisé en ce que la détente de ladite partie prélevée de fluide vaporisée est sensiblement isotherme.

8. Dispositif pour l'exécution du procédé selon l'une des revendications précédentes, du type comprenant une machine motrice, tel qu'un générateur de puissance,
15 couplé à un compresseur d'un fluide gazeux, notamment l'air atmosphérique et, au moins un réservoir de fluide, notamment l'air atmosphérique, caractérisé en ce qu'il comporte un système de liquéfaction du fluide comprimé relié d'une part, en amont, audit compresseur et d'autre part, en aval
20 audit réservoir destiné à contenir du fluide liquéfié et un système d'élévation de pression et de vaporisation du fluide liquéfié relié en amont audit réservoir et, en aval à une machine réceptrice de détente du fluide vaporisé.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé
25 en ce que ledit système de liquéfaction comprend au moins un échangeur thermique refroidisseur, à fluide réfrigérant auxiliaire, tel que par exemple de l'eau ou de l'air, un condenseur qui lui est relié et éventuellement un échangeur thermique refroidisseur supplémentaire placé entre
30 l'échangeur thermique refroidisseur précité et ledit condenseur.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que ledit système de liquéfaction comprend de plus une turbo-machine couplée au compresseur précité vers
35 laquelle est détournée au moins une partie, de préférence mineure, dudit fluide comprimé et refroidi.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que ledit condenseur et, éventuellement ledit échangeur

thermique supplémentaire, à au moins pour fluide réfrigérant ladite partie dudit fluide détournée vers la turbomachine précitée et détendue dans ladite turbomachine.

5 12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que ledit échangeur thermique supplémentaire a de plus pour fluide réfrigérant au moins une partie du fluide gazeux évaporé de sa phase liquide accumulée.

10 13. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisé en ce que le système d'élévation de pression et de vaporisation du fluide liquéfié comprend successivement une pompe haute pression et, en aval par rapport à ladite pompe un vaporiseur, de préférence à ruissellement.

15 14. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 13, caractérisé en ce que ladite machine réceptrice de détente du fluide vaporisé comprend un ensemble de turbines de détente avec réchauffeurs intermédiaires à air ou à eau.

