



(11) **EP 1 596 122 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
04.08.2010 Bulletin 2010/31

(51) Int Cl.:
F17C 7/00 ^(2006.01) **F17C 9/02** ^(2006.01)
F17C 13/02 ^(2006.01) **F17C 5/06** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05300312.5**

(22) Date de dépôt: **25.04.2005**

(54) **Installation pour la fourniture de combustible gazeux pour la propulsion d'un navire de transport de gaz liquéfié.**

Anlage zur Abgabe von brennbaren Gas zur Antrieb eines Bootes für den Transport von flüssigen Gasen

System for delivering combustible gas for propulsing a ship transporting liquefied gas

(84) Etats contractants désignés:
DE ES FI FR IT

(30) Priorité: **14.05.2004 FR 0450945**

(43) Date de publication de la demande:
16.11.2005 Bulletin 2005/46

(73) Titulaire: **ALSTOM**
92300 Levallois-Perret (FR)

(72) Inventeur: **Lorang, Matthieu**
F-44320 Saint Père en Retz (FR)

(74) Mandataire: **Branger, Jean-Yves et al**
Cabinet Régimbeau
Bureau de Rennes - Saint Grégoire
Espace Performance
Bâtiment K
35769 Saint-Grégoire Cedex (FR)

(56) Documents cités:
FR-A- 2 837 783 FR-A- 2 851 301

EP 1 596 122 B1

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

Description

[0001] La présente invention concerne une installation pour la fourniture de combustible gazeux à un ensemble de production énergétique d'un navire de transport de gaz liquéfié à partir du contenu d'au moins une cuve du navire.

[0002] Dans les navires méthaniers connus, l'ensemble de production énergétique comprend une chaudière de production de vapeur alimentant une turbine entraînant l'hélice. La chaudière de production de vapeur utilise comme combustible le gaz de la cargaison. Dans les cuves qui sont isolées thermiquement, le méthane est à l'état liquide et la phase gazeuse située au-dessus du niveau liquide est à une pression voisine de 1 à 3 bars.

[0003] L'alimentation de la chaudière provient d'une part, de la phase gazeuse au-dessus du liquide, aspirée directement au-dessus de la surface par un compresseur axial alimentant, sous la pression requise, les brûleurs de la chaudière et d'autre part, par aspiration de liquide pompé dans les cuves et envoyé vers un évaporateur ; en sortie, le gaz est détendu à la pression d'entrée, d'environ 1 bar absolu, du compresseur et envoyé vers ce compresseur avec le gaz provenant directement de la phase gazeuse des cuves par évaporation naturelle.

[0004] La partie provenant du liquide pompé et mise en phase gazeuse est produite lorsque la seule évaporation naturelle est insuffisante pour alimenter les besoins énergétiques du navire.

[0005] Une telle installation peut également être utilisée pour alimenter en combustible gazeux un ensemble de production énergétique autre qu'une chaudière alimentant une turbine. Le brevet FR 2 722 760 décrit ainsi une telle installation alimentant en combustible gazeux des moteurs thermiques entraînant des alternateurs alimentant des moteurs électriques accouplés à l'hélice.

[0006] Le brevet FR 2 837 783 propose une disposition qui permet notamment de réduire la puissance du compresseur et décrit une installation pour la fourniture de combustible gazeux à un ensemble de production énergétique d'un navire de transport de gaz liquéfié, à partir du contenu d'une cuve du navire. La cuve contient du gaz liquéfié et du gaz en phase vapeur au-dessus d'une surface de séparation liquide-vapeur. Cette disposition comprend d'une part un compresseur entraîné par un moteur et dont l'entrée aspire le gaz en phase vapeur dans la cuve au-dessus de la surface liquide, la sortie du compresseur débitant dans un collecteur d'alimentation de l'ensemble de production énergétique. Elle comprend d'autre part une pompe immergée au fond de la cuve et reliée par une conduite à l'entrée d'un évaporateur, la sortie de l'évaporateur étant reliée au collecteur. Elle comprend de plus une conduite de retour du liquide dans la cuve, équipée d'une vanne régulée et reliée à la conduite reliant la pompe à l'évaporateur.

[0007] Dans cette disposition, le compresseur est régulé à partir d'une consigne de maintien de la pression en entrée de l'ensemble de production énergétique, au

dessus d'une certaine valeur. Si la pression de gaz dans le collecteur descend en dessous de la consigne, le compresseur est commandé pour débiter plus de gaz dans le collecteur, jusqu'à ce que la pression repasse au-dessus de la consigne. L'évaporateur est aussi commandé sur une consigne de maintien d'une certaine pression de gaz, cette pression étant ici mesurée dans la cuve. Si la pression de gaz dans la cuve descend en dessous de la consigne, le collecteur est fourni en gaz via l'évaporateur, ce qui réduit la quantité de gaz aspiré de la cuve par le compresseur et limite donc la chute de pression dans la cuve. Cette disposition comprend par ailleurs un dispositif d'oxydation qui est régulé à partir d'une consigne de non dépassement d'une pression haute dans la cuve, afin de protéger la cuve d'une éventuelle surpression en permettant au compresseur de débiter suffisamment dans le collecteur.

[0008] La régulation du compresseur est effectuée par un automate qui agit sur la vitesse de rotation d'un moteur d'entraînement du compresseur ainsi que sur l'angle des aubes d'entrée du compresseur. Il est à noter que cette régulation du compresseur ne prend pas en compte la pression du gaz dans la cuve.

[0009] La présente invention propose une disposition nouvelle de régulation qui permet notamment d'optimiser la régulation du compresseur et ainsi d'assurer une tenue dans le temps meilleure.

[0010] La présente invention a ainsi pour objet une installation pour la fourniture de combustible gazeux à un ensemble de production énergétique d'un navire de transport de gaz liquéfié, à partir du contenu d'au moins une cuve dudit navire, ladite cuve contenant dudit gaz liquéfié et du gaz en phase vapeur dans un espace au-dessus de la phase liquide, et comprenant :

- un compresseur apte à aspirer du gaz en phase vapeur dans la cuve via une conduite d'alimentation, la sortie du compresseur débitant dans un collecteur d'alimentation dudit ensemble de production énergétique,
- une pompe agencée pour fournir du gaz liquéfié à l'entrée d'un évaporateur, la sortie de l'évaporateur étant reliée au collecteur,
- des moyens de commande automatisée reliés à des moyens de régulation du compresseur,

caractérisée en ce que lesdits moyens de commande automatisée sont reliés à des moyens de mesure de débit du gaz en phase vapeur dans ladite conduite d'alimentation ainsi qu'à des moyens de mesure de la pression du gaz en phase vapeur dans ledit espace de la cuve et comprennent des moyens de traitement des informations fournies par ces moyens de mesure pour commander la régulation du compresseur.

[0011] Préférentiellement, lesdits moyens de commande automatisée sont aptes à enregistrer une valeur de pression de consigne ainsi qu'une valeur de débit de consigne rentrées par un opérateur, et lesdits moyens de traite-

ment des informations fournies par lesdits moyens de mesure sont aptes à calculer chaque erreur relative pour un écart entre une mesure de pression ou de débit et la valeur de consigne correspondante.

[0012] Dans un mode de réalisation avantageux de l'installation selon l'invention, des second moyens de commande automatisée sont aptes à commander des moyens de régulation de débit du gaz liquéfié fourni audit évaporateur ainsi que des moyens de régulation de débit de gaz dans une conduite d'évacuation de surpression qui relie ledit collecteur à un dispositif d'oxydation du gaz, et lesdits second moyens de commande sont reliés à des moyens de mesure de la pression dans le collecteur et utilisent les informations fournies par lesdits moyens de mesure de pression pour commander lesdits moyens de régulation de débit.

[0013] Dans un autre mode de réalisation avantageux de l'installation selon l'invention, un dispositif de refroidissement est situé sur ladite conduite d'alimentation de gaz en phase vapeur pour le compresseur, ce dispositif de refroidissement étant activé en fonction des informations fournies par des moyens de mesure de température aptes à mesurer la température du gaz dans la conduite d'alimentation en amont du dispositif de refroidissement.

[0014] Préférentiellement, lesdits moyens de régulation du compresseur comprennent des ventelles aptes à être pivotées graduellement entre deux positions respectivement d'ouverture et de fermeture.

[0015] La présente invention a aussi pour objet un procédé de régulation d'un compresseur pour une installation selon l'invention, dans lequel lesdits moyens de commande automatisée effectuent la régulation du compresseur en agissant uniquement sur le pivotement desdites ventelles.

[0016] On va maintenant donner la description d'un exemple de mise en oeuvre de l'invention en se référant à la figure unique annexée qui représente une installation selon l'invention.

[0017] En se référant à la figure 1, il s'agit d'alimenter en combustible gazeux un ensemble de production énergétique d'un navire de transport de gaz liquéfié tel qu'un méthanier dont une cuve 1 est figurée. Bien entendu, plusieurs cuves telles que la cuve 1 peuvent être utilisées conjointement pour l'alimentation en combustible gazeux.

[0018] Un tel ensemble de production énergétique est référencé 2 et peut comporter des moteurs diesels entraînant des alternateurs pour la production d'énergie électrique pour les installations électriques du navire et sa propulsion, mais pourrait alternativement alimenter un ensemble classique comportant une chaudière de production de vapeur alimentant une turbine à vapeur pour l'entraînement de l'hélice.

[0019] La cuve 1 contient du gaz liquéfié 3 à environ -163°C et en phase vapeur dans l'espace 4 au-dessus de la surface 5 du liquide. La pression de la cuve est voisine de la pression atmosphérique. L'installation comprend un compresseur 6 dont l'entrée aspire à partir de

l'espace 4 le gaz en phase vapeur et dont la sortie débite dans un collecteur 7 d'alimentation de l'ensemble 2. Par ailleurs, une pompe 8, immergée en fond de cuve est reliée à l'entrée d'un évaporateur 10 par une conduite 9 d'alimentation de gaz liquéfié, et la sortie de cet évaporateur est reliée au collecteur 7.

[0020] Une conduite de retour 11 vers la cuve 1, équipée d'une première vanne 12 régulée est issue d'une dérivation de la conduite 9 tandis qu'une deuxième vanne 13 non régulée est située sur la conduite 9 en aval du raccordement de la conduite de retour 11 à la conduite 9. Par vanne régulée, on entend une vanne à ouverture régulée variable.

[0021] Une conduite 14 d'évacuation de surpression, équipée d'une troisième vanne 15 régulée est en outre reliée au collecteur 7 en aval du raccordement de la sortie de l'évaporateur 10 au collecteur 7, et aboutit à un dispositif d'oxydation 16 du gaz, appelé parfois incinérateur ou « oxidizer » en anglais.

[0022] Un dispositif de refroidissement 28, 29, est situé sur la conduite 33 d'alimentation en gaz du compresseur 6. Plus précisément, la conduite 33 est localement constituée de deux dériviatives 33A et 34 équipées de deux vannes non régulées respectivement 26 et 27 qui sont reliées à un automate 25 de commande, et le dispositif de refroidissement est installé sur une première dérivation 33A.

[0023] Le dispositif de refroidissement 28, 29, est relié à la conduite 9 d'alimentation de gaz liquéfié par une conduite 35 de dérivation située en aval du raccordement de la conduite de retour 11 à la conduite 9, cette conduite 35 étant équipée d'une vanne 32 régulée.

[0024] Le compresseur 6, entraîné par un moteur non représenté, est régulé en fonctionnement à partir d'un automate 17 recevant une double information : une première information sur la pression du gaz mesurée dans la cuve 1 ou à l'entrée de la conduite 33 d'alimentation en gaz du compresseur par une jauge de pression 18, et une seconde information sur le débit du gaz mesuré par un débitmètre 19 dans la conduite 33.

[0025] Préférentiellement, l'automate 17 effectue la régulation du compresseur 6 en agissant uniquement sur le pivotement des ventelles, c'est à dire sans agir sur la vitesse de rotation du moteur d'entraînement du compresseur. Il est en outre avantageux que ces ventelles soient disposées à la sortie du compresseur, et non à l'entrée du compresseur comme réalisé dans l'état de la technique décrit par le brevet FR 2 837 783.

[0026] La vanne 13 non régulée située à l'entrée de l'évaporateur 10 est commandée à l'ouverture et à la fermeture, en tout ou rien, par un automate 20. Cet automate 20 reçoit en entrée une information sur la pression de gaz mesurée dans le collecteur 7 par une jauge de pression 21 et commande, outre la vanne 13, la vanne 15 régulée.

[0027] Une autre jauge de pression 22 mesure la pression de gaz liquéfié dans la conduite 9 et l'information est envoyée vers un troisième automate 23 qui comman-

de la première vanne 12 régulée.

[0028] Enfin, dans le but d'améliorer le fonctionnement du compresseur 6, on contrôle par un capteur de température 24 la température du gaz en amont du dispositif de refroidissement dans la conduite 33. Si nécessaire, on peut diminuer cette température, par injection à l'aide d'un injecteur 28 dans la dérivation 33A de méthane liquide issu de la cuve 1. L'information de température est envoyée vers l'automate 25 qui commande en tout ou rien les vannes non régulées 26 et 27, de façon à ce qu'une vanne 26 ou 27 soit ouverte lorsque l'autre vanne est fermée. Un capteur de température 30 mesure la température en sortie du dispositif de refroidissement 28, 29, et l'information est envoyée vers un automate 31 par exemple de type régulateur PID (Proportionnelle-Intégrale-Dérivée) qui commande la vanne 32 régulée située sur la conduite 35 de dérivation de la conduite 9, pour l'arrivée du gaz liquéfié jusqu'à l'injecteur 28. Le gaz refroidi en sortie de l'injecteur 28 passe dans un séparateur de gouttelettes 29 afin d'éliminer les gouttelettes résiduelles de liquide en suspension.

[0029] Le fonctionnement de l'installation décrite est le suivant:

[0030] Le compresseur 6 est en fonctionnement continu et aspire donc en permanence du gaz qui s'évapore dans l'espace 4, avec un débit qui est régulé comme expliqué plus loin.

[0031] Selon les conditions d'échange thermique entre l'extérieur et l'intérieur de la cuve, et la quantité du niveau liquide dans la cuve, la pression à l'intérieur de la cuve varie quelque peu et la régulation est faite de la façon suivante:

[0032] La position ouverte ou fermée de la deuxième vanne 13 et la valeur d'ouverture de 0 à 100 % de la vanne 15 sont déterminées en fonction de la pression de gaz mesurée par la jauge 21 dans le collecteur 7.

[0033] Au-dessous d'un seuil bas correspondant à une pression P_1 prédéterminée, l'évaporation naturelle dans la cuve est estimée insuffisante pour assurer le besoin énergétique du navire, et la vanne 13 est alors commandée pour être ouverte. C'est ce qui se produit lorsque la cuve 1 est très peu remplie ou que la demande en énergie est importante. On fournit ainsi en gaz le collecteur 7 via l'évaporateur, et ceci a pour conséquence de maintenir une pression suffisante dans le collecteur 7.

[0034] Lorsque la cuve 1 est remplie, et selon les conditions d'échange thermique avec l'extérieur, deux cas peuvent se présenter. Dans un premier cas, la production de gaz provenant de l'espace 4 par évaporation naturelle est suffisante mais non excessive, et alors seul le compresseur 6 est en fonctionnement, la vanne 13 étant fermée. C'est ce qui se passe dès que la pression dans le collecteur 7 atteint et dépasse le seuil bas de pression P_1 tout en restant inférieure à un seuil haut de pression P_2 . Dans un second cas, la pression atteint une valeur supérieure au seuil haut P_2 et la production d'évaporation naturelle est trop importante. Il est alors nécessaire d'évacuer l'excès de gaz non consommé par l'ensemble

de production énergétique 2, et pour ceci la vanne 15 est commandée en ouverture progressive afin de maintenir dans le collecteur 7 une pression sensiblement au niveau du seuil haut P_2 . Tout ceci est commandé par l'automate 20, par exemple de type régulateur PID, en fonction de la pression dans le collecteur 7 mesurée par la jauge 21. La vanne 15 alimente par la conduite 14 le dispositif d'oxydation 16 du gaz.

[0035] D'autre part, le compresseur 6 aspire continuellement du gaz depuis l'espace 4 de la cuve pour le débiter dans le collecteur 7. Dès lors que la pression dans le collecteur reste inférieure au seuil haut P_2 , le compresseur peut normalement assurer un certain débit de gaz en sortie vers le collecteur, et plus particulièrement assurer un débit de gaz en entrée dans la conduite 33 d'alimentation en gaz du compresseur qui soit supérieur ou égal à une valeur de consigne. Ainsi, dans le cas d'une pression de gaz supérieure à une consigne prédéterminée dans la cuve 1, la pression dans la cuve est abaissée grâce à la régulation du compresseur qui réagit en augmentant le débit de gaz, comme expliqué plus loin. Cette augmentation de débit peut être évacuée soit par l'ensemble de production d'énergétique 2 soit par le dispositif d'oxydation 16, évitant ainsi une trop forte augmentation de la pression dans le collecteur 7.

[0036] Parallèlement à cela, la pression d'alimentation de l'évaporateur 10 en gaz liquéfié est asservie à une pression de consigne P_0 et est réglée au moyen de la première vanne 12 régulée sur la conduite de retour 11, vanne dont l'ouverture de 0 à 100% est commandée par l'automate 23, par exemple de type régulateur PID, en fonction de la pression dans la conduite 9 mesurée par la jauge de pression 22. Pour une valeur de cette pression inférieure ou égale à une valeur prédéterminée P_4 , la vanne 12 reste fermée et elle s'ouvre progressivement entre P_4 et une valeur supérieure prédéterminée P_5 où elle s'ouvre complètement.

[0037] La régulation du compresseur 6 est commandée par une instruction d'orientation des ventelles du compresseur, c'est à dire que le compresseur reçoit une instruction sous la forme d'une valeur comprise entre 0 et 100% de l'angle d'ouverture maximale des ventelles, cette valeur ayant été sélectionnée comme la plus grande parmi deux valeurs d'une double consigne d'orientation des ventelles. Chacune de ces deux valeurs est fournie par un régulateur PID de l'automate 17 à partir du calcul d'une erreur relative entre une valeur de pression ou de débit de consigne et la valeur réelle correspondante mesurée. Le ou les régulateurs PID de l'automate 17 constituent donc des moyens de traitement des informations fournies par les moyens de mesure de pression et de débit respectivement 18 et 19 pour commander la régulation du compresseur.

[0038] Pour le calcul d'une erreur relative, l'automate 17 est apte à enregistrer en mémoire une valeur de pression de consigne $P_{réf}$ et une valeur de débit de consigne $D_{réf}$ qui ont été rentrées par un opérateur. Le débit de consigne $D_{réf}$ correspond au débit minimum imposé par

la plage de fonctionnement du compresseur, et doit préférentiellement rester inférieure à la quantité de gaz produite dans le même temps par l'évaporation naturelle dans l'espace 4 de la cuve. La régulation est prévue pour que le débit ne puisse pas descendre sensiblement en dessous de la consigne $D_{réf}$, car autrement il y aurait un risque d'arrêt du compresseur.

[0039] La pression réelle de gaz dans la cuve 1 est mesurée par la jauge 18, et cette mesure est régulièrement comparée à la consigne $P_{réf}$ au niveau d'un régulateur PID de l'automate 17. Le débit de gaz est mesuré dans la conduite 33 en entrée du compresseur 6 par le débitmètre 19, et cette mesure est régulièrement comparée à la consigne $D_{réf}$ au niveau d'un autre régulateur PID de l'automate 17. Chaque régulateur PID calcule l'erreur relative sur la mesure, erreur positive ou négative, définie comme la différence entre la valeur de pression ou de débit mesurée et la valeur de consigne correspondante, divisée par la largeur de la plage de mesure du capteur correspondant.

[0040] A chaque erreur relative calculée pour la pression et le débit correspond respectivement une première valeur O_1 et une seconde valeur O_2 de consigne d'orientation des ventelles entre 0 et 100%, et la plus grande des deux valeurs est retenue comme l'instruction d'orientation des ventelles qui est envoyée au compresseur 6. La valeur de pression de consigne $P_{réf}$ correspond à une valeur $O_{réf}$ de consigne d'orientation des ventelles. Par ailleurs, la valeur de consigne d'orientation des ventelles qui correspond au débit de consigne $D_{réf}$ dépend de la pression à l'entrée du compresseur, puisque le débit dans le compresseur varie avec la pression pour une orientation donnée des ventelles.

[0041] La première valeur O_1 de consigne d'orientation des ventelles croît avec la pression et donc avec la mesure algébrique de l'erreur relative calculée pour la pression. Une erreur relative nulle, c'est à dire lorsque la pression est égale à la consigne $P_{réf}$, correspond à une consigne O_1 d'orientation des ventelles égale à $O_{réf}$, par exemple égale à 30%. Si la pression croît, l'automate 17 augmente alors la consigne d'orientation O_1 pour ouvrir plus les ventelles, ce qui a pour effet d'augmenter le débit et de diminuer ainsi la pression.

[0042] La pression mesurée diminue ensuite en se rapprochant de la consigne $P_{réf}$, et donc l'erreur relative sur la pression décroît. L'automate 17 diminue alors la première valeur O_1 de la consigne d'orientation, ce qui a aussi pour effet de diminuer le débit du fait de l'ouverture moins grande des ventelles. Le débit va donc décroître vers la valeur de consigne $D_{réf}$, tandis que la pression est ramenée à la valeur de consigne $P_{réf}$.

[0043] Si par exemple après le remplissage de la cuve, à un instant donné, la pression de gaz mesurée par la jauge 18 dans la cuve devient rapidement supérieure à la consigne $P_{réf}$ tandis que le débit de gaz mesuré par le débitmètre 19 en entrée du compresseur augmente relativement peu par rapport à la consigne $D_{réf}$, c'est alors la première O_1 des deux valeurs de consigne

d'orientation des ventelles qui est la plus grande et est donc sélectionnée comme instruction à envoyer au compresseur 6. L'automate 17 envoie dans ce cas une commande de pivotement des ventelles correspondant à une ouverture plus importante afin d'augmenter le débit de gaz et d'abaisser ainsi progressivement la pression dans la cuve jusqu'à $P_{réf}$.

[0044] De manière générale, la régulation obtenue permet de compenser rapidement une augmentation de pression ou une baisse de débit par rapport aux valeurs de consigne.

[0045] Par ailleurs, le dispositif de refroidissement 28, 29, permet, au niveau de la conduite 33 d'alimentation en gaz du compresseur 6, de maintenir une température du gaz à un niveau régulier T_0 de manière à optimiser le fonctionnement du compresseur 6. La température dans la partie amont de la conduite 33 est mesurée par un capteur 24 et constitue le retour de température qui est comparé à une consigne de température fournie par l'automate 25 aux vannes 26 et 27 pour ouverture et fermeture respective en tout ou rien. Quand la température mesurée est supérieure à la consigne, la vanne 26 est ouverte et la vanne 27 est fermée, et ainsi le gaz passe uniquement dans la première dérivation 33A à travers le dispositif de refroidissement 28, 29.

[0046] Inversement, quand la température mesurée est inférieure à la consigne, la vanne 27 est ouverte et la vanne 26 est fermée, la vanne 32 régulée étant en outre commandée en fermeture complète par l'automate 25 afin de ne pas créer de poches de liquide dans la première dérivation 33A.

[0047] Le dispositif de refroidissement est constitué de l'injecteur 28 de gaz liquéfié issu d'au moins une cuve 1 et du séparateur de gouttelettes 29. L'injecteur 28 est régulé à partir de la mesure de température effectuée en sortie du dispositif de refroidissement par un capteur 30 qui envoie l'information à l'automate 31 pour la commande de la vanne 32 régulée.

[0048] Bien entendu, les automates 17, 20, 23, 25 et 31 peuvent être regroupés dans un système de contrôle-commande centralisé sur lequel sont acheminées toutes les données nécessaires: pression dans la cuve 1 et débit dans la conduite 33, pression dans la conduite 9, pression dans le collecteur 7, et les températures dans les conduites 33 et 35, système centralisé à partir duquel les ordres de commandes sont envoyés vers les actionneurs.

Revendications

1. Installation pour la fourniture de combustible gazeux à un ensemble (2) de production énergétique d'un navire de transport de gaz liquéfié, à partir du contenu d'au moins une cuve (1) dudit navire, ladite cuve (1) contenant dudit gaz liquéfié (3) et du gaz en phase vapeur dans un espace (4) au-dessus de la phase liquide, et comprenant :

- un compresseur (6) apte à aspirer dudit gaz en phase vapeur dans ladite cuve (1) via une conduite d'alimentation (33), la sortie du compresseur (6) débitant dans un collecteur (7) d'alimentation dudit ensemble (2) de production énergétique,
 - une pompe (8) agencée pour fournir dudit gaz liquéfié à l'entrée d'un évaporateur (10), la sortie de l'évaporateur (10) étant relié audit collecteur (7),
 - des moyens de commande automatisée (17) reliés à des moyens de régulation dudit compresseur (6),
 - des moyens de mesure de la pression dudit gaz en phase vapeur dans ledit espace de la cuve,
- caractérisée en ce que** lesdits moyens de commande automatisée (17) sont reliés à des moyens de mesure (19) de débit dudit gaz en phase vapeur dans ladite conduite d'alimentation (33) ainsi qu'aux moyens de mesure (18) de la pression dudit gaz en phase vapeur dans ledit espace (4) de la cuve (1) et comprennent des moyens de traitement des informations fournies par lesdits moyens de mesure (18, 19) pour commander la régulation dudit compresseur (6).
2. Installation selon la revendication 1, dans laquelle lesdits moyens de commande automatisée (17) sont aptes à enregistrer une valeur de pression de consigne ($P_{réf}$) ainsi qu'une valeur de débit de consigne ($D_{réf}$) rentrées par un opérateur, et dans laquelle lesdits moyens de traitement des informations fournies par lesdits moyens de mesure (18, 19) sont aptes à calculer chaque erreur relative pour un écart entre une mesure de pression ou de débit et la valeur de consigne ($P_{réf}$, $D_{réf}$) correspondante.
 3. Installation selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle des second moyens de commande automatisée (20) sont aptes à commander des moyens de régulation (13) de débit dudit gaz liquéfié fourni audit évaporateur (10) ainsi que des moyens de régulation (15) de débit de gaz dans une conduite (14) d'évacuation de surpression qui relie ledit collecteur (7) à un dispositif d'oxydation (16) du gaz, et dans laquelle lesdits second moyens de commande (20) sont reliés à des moyens de mesure (21) de la pression dans ledit collecteur (7) et utilisent les informations fournies par lesdits moyens de mesure (21) de pression pour commander lesdits moyens de régulation (13, 15) de débit.
 4. Installation selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle un dispositif de refroidissement (28, 29) est situé sur ladite conduite d'alimentation (33) de gaz en phase vapeur pour le compresseur (6), ledit dispositif de refroidissement étant activé en fonction des informations fournies par des moyens de mesure (24) de température aptes à mesurer la température du gaz dans ladite conduite d'alimentation (33) en amont dudit dispositif de refroidissement.
 5. Installation selon la revendication précédente, dans laquelle ledit dispositif de refroidissement comprend un dispositif d'injection (28) de gaz liquéfié issu d'au moins une cuve (1) ainsi qu'un séparateur de gouttelettes (29) en aval dudit dispositif d'injection (28).
 6. Installation selon la revendication précédente, dans laquelle ledit dispositif d'injection (28) de gaz liquéfié est alimenté via une conduite (35) de dérivation de gaz liquéfié qui est reliée à une conduite (9) d'alimentation de gaz liquéfié pour ledit évaporateur (10), ladite conduite (35) de dérivation étant équipée d'une vanne (32) régulée commandée par un automate (31) qui est relié à des moyens de mesure (30) de température aptes à mesurer la température du gaz en aval dudit dispositif de refroidissement.
 7. Installation selon l'une des revendications 4 à 6, dans laquelle ladite conduite d'alimentation (33) de gaz en phase vapeur pour le compresseur (6) est localement constituée de deux dériviatives (33A, 34), et ledit dispositif de refroidissement (28, 29) est installé sur une (33A) de ces deux dériviatives.
 8. Installation selon la revendication précédente, dans laquelle chacune desdites deux dériviatives (33A, 34) est équipée d'une vanne (26, 27) non régulée, les deux vannes étant reliées à un automate (25) de commande prévu pour commander l'ouverture d'une vanne (26, 27) lorsque l'autre vanne est fermée, ledit automate (25) étant relié auxdits moyens de mesure (24) de température en amont dudit dispositif de refroidissement.
 9. Installation selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle lesdits moyens de régulation dudit compresseur (6) comprennent des ventelles aptes à être pivotées graduellement entre deux positions respectivement d'ouverture et de fermeture.
 10. Procédé de régulation d'un compresseur (6) dans lequel on met à disposition une installation selon la revendication 9, et dans lequel on effectue avec lesdits moyens de commande automatisée (17) la régulation dudit compresseur (6) en agissant uniquement sur le pivotement desdites ventelles.
 11. Procédé de régulation selon la revendication 10 dans lequel on met à disposition une installation selon les revendications 2 et 9, et dans lequel on met en oeuvre les étapes suivantes :

- les deux mesures respectivement de pression et de débit fournies par lesdits moyens de mesure (18, 19) sont régulièrement comparées auxdites valeurs de consigne (P_{ref} , D_{ref}) pour calculer les deux erreurs relatives correspondantes,
 - à chaque erreur relative calculée pour la pression et le débit est affectée respectivement une première valeur (O_1) et une seconde valeur (O_2) de consigne d'orientation desdites ventelles,
 - la plus grande des deux valeurs (O_1 , O_2) de consigne d'orientation est retenue par lesdits moyens de commande automatisée (17) comme l'instruction d'orientation des ventelles qui est envoyée au compresseur (6).

Claims

1. An installation for supplying gaseous fuel to an energy production unit (2) of a liquefied gas transport ship, the fuel being taken from at least one tank (1) of said ship, said tank (1) containing said liquefied gas (3) and gas in the vapor phase in a space (4) above the liquid phase, and the installation comprising:

- . a compressor (6) suitable for sucking in said gas in the vapor phase from said tank (1) via a feed pipe (33), the outlet from the compressor (6) delivering into a manifold (7) for feeding said energy production unit (2) ;
- . a pump (8) arranged to supply said liquefied gas to the inlet of an evaporator (10), the outlet of the evaporator (10) being connected to said manifold (7) ; and
- . automatic control means (17) connected to regulator means for said compressor (6) ;
- . means (18) for measuring the pressure of said gas in the vapor phase in said space (4) of the tank ;

the installation being **characterized in that** said automatic control means (17) are connected to means (19) for measuring the flow rate of said gas in the vapor phase in said feed pipe (33), and to the means (18) for measuring the pressure of said gas in the vapor phase in said space (4) of the tank (1), and include means for processing the information supplied by said measurement means (18, 19) in order to control the regulation of said compressor (6).

2. An installation according to claim 1, in which said automatic control means (17) are suitable for recording a setpoint pressure value (P_{ref}) and a setpoint flow rate value (D_{ref}) as input by an operator, and in which said means for processing the information supplied by said measurement means (18, 19) are

suitable for calculating each relative error for a difference between a measured pressure of flow rate and the corresponding setpoint value (P_{ref} , D_{ref}).

3. An installation according to claim 1 or claim 2, in which second automatic control means (20) are suitable for controlling both flow rate regulator means (13) for regulating the flow rate of said liquefied gas supplied to said evaporator (10) and flow rate regulator means (15) for regulating the flow rate of gas in an excess pressure exhaust pipe (14) connecting said manifold (7) to a gas oxidizer device (16), and in which said second control means (20) are connected to means (21) for measuring the pressure in said manifold (7) and make use of the information supplied by said pressure measurement means (21) to control said flow rate regulator means (13, 15).

4. An installation according to any preceding claim, in which a cooler device (28, 29) is situated on said pipe (33) for feeding gas in the vapor phase to the compressor (6), said cooler device being activated as a function of information supplied by temperature measurement means (24) suitable for measuring the gas temperature in said feed pipe (33) upstream from said cooler device.

5. An installation according to the preceding claim, in which said cooler device comprises an injector device (28) for injecting liquefied gas taken from at least one tank (1), together with a droplet separator (29) downstream from said injector device (28).

6. An installation according to the preceding claim, in which said liquefied gas injector device (28) is fed via a liquefied gas branch pipe (35) connected to a liquefied gas feed pipe (9) for said evaporator (10), said branch pipe (35) being fitted with a regulated valve (32) controlled by a controller (31) that is connected to temperature measurement means (30) suitable for measuring the temperature of the gas downstream from said cooler device.

7. An installation according to any one of claims 4 to 6, in which said pipe (33) for feeding gas in the vapor phase to the compressor (6) is locally constituted by two parallel branches (33A, 34), and said cooler device (28, 29) is installed on one of these two branches (33A).

8. An installation according to the preceding claim, in which each of said branches (33A, 34) is fitted with a non-regulated valve (26, 27), these two valves being connected to a controller (25) designed to cause one of the valves (26, 27) to be open when the other is closed, said controller (25) being connected to said temperature measurement means (24) upstream from said cooler device.

9. An installation according to any preceding claim, in which said regulator means for regulating said compressor (6) comprise vanes suitable for being pivoted gradually between two positions, respectively an open position and a closed position. 5
10. A method of regulating a compressor (6) in which one makes available an installation according to claim 9, and in which one regulates said compressor (6) with said automatic control means (17), by acting solely on the pivoting of said vanes. 10
11. A regulation method according to claim 10, in which one makes available an installation according to claims 2 and 9, and in which one implements the following steps: 15
- . taking two measurements, respectively a pressure measurement and a flow rate measurement as supplied by said measurement means (18, 19) and comparing them regularly with said setpoint values (P_{ref} , D_{ref}) in order to calculate two corresponding relative errors; 20
 - . for each relative error calculated for pressure and flow rate, associating respective first and second setpoint values (O_1 and O_2) for the pitch angle of said vanes; and 25
 - . said automatic control means (17) taking the larger of the two pitch angle setpoint values (O_1 , O_2) as the instruction for the vane pitch angle that is sent to the compressor (6). 30

Patentansprüche

1. Anlage zum Bereitstellen gasförmigen Brennstoffs einem Energieerzeugungskomplex (2) eines Transportschiffs für Flüssiggas aus dem Inhalt wenigstens eines Tanks (1) des Schiffs, wobei der Tank (1) das Flüssiggas (3) und Gas in Dampfphase in einem Raum (4) oberhalb der flüssigen Phase enthält, und welche umfasst: 35
- einen Kompressor (6), der geeignet ist, Gas in Dampfphase in dem Tank (1) über eine Versorgungsleitung (33) anzusaugen, wobei der Ausgang des Kompressors (6) in einen Versorgungssammler (7) des Energieerzeugungskomplexes (2) ausstößt, 40
 - eine Pumpe (8), die ausgelegt ist, um Flüssiggas am Eingang eines Verdampfers (10) bereitzustellen, wobei der Ausgang des Verdampfers (10) mit dem Sammler (7) verbunden ist, 45
 - Mittel zur automatisierten Steuerung (17), die mit Mitteln zur Regelung des Kompressors (6) verbunden sind, 50
 - Mittel zum Messen des Drucks des Gases in Dampfphase im Raum des Tanks, 55

dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur automatisierten Steuerung (17) mit Mitteln zum Messen (19) des Flusses des Gases in Dampfphase in der Versorgungsleitung (33) sowie mit Mitteln zum Messen (18) des Drucks des Gases in Dampfphase im Raum (4) des Tanks (1) verbunden sind und Mittel zur Verarbeitung der Informationen umfassen, die von Mitteln zum Messen (18, 19) bereitgestellt werden, um die Regelung des Kompressors (6) zu steuern.

2. Anlage gemäß Anspruch 1, bei welcher die Mittel (17) zur automatisierten Steuerung geeignet sind, einen Solldruckwert (P_{ref}) sowie einen Sollflusswert (D_{ref}) zu speichern, die von einem Operator eingegeben werden, und bei der die Mittel zur Verarbeitung der Informationen, die von den Messmitteln (18, 19) bereitgestellt werden, geeignet sind, jeden Fehler relativ für einen Abstand zwischen einer Druck- oder Flussmessung und des entsprechenden Sollwerts (P_{ref} , D_{ref}) zu berechnen.
3. Anlage gemäß Anspruch 1 oder 2, bei welcher zweite Mittel zur automatisierten Steuerung (20) geeignet sind, Mittel (13) zur Regelung des Flusses des Flüssiggases, das dem Verdampfer (10) bereitgestellt wird, sowie Mittel zur Regelung des Gasflusses in einer Überdruck-Evakuierungsleitung (14), die den Sammler (7) mit einer Oxidierungsvorrichtung (16) des Gases verbindet, zu steuern, und bei welcher die zweiten Steuermittel (20) mit Mitteln (21) zum Messen des Drucks im Sammler (7) verbunden sind und die Informationen verwenden, die von den Mitteln (21) zum Messen des Drucks bereitgestellt werden, um die Mittel (13, 15) zur Flussregelung zu steuern.
4. Anlage gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher eine Kühlvorrichtung (28, 29) auf der Versorgungsleitung (33) des Gases in Dampfphase für den Kompressor (6) liegt, wobei die Kühlvorrichtung in Abhängigkeit der Informationen aktiviert wird, die von Mitteln (24) zum Messen der Temperatur bereitgestellt werden, die geeignet sind, die Temperatur des Gases in der Versorgungsleitung (33) flussaufwärts der Kühlvorrichtung zu messen.
5. Anlage gemäß dem vorhergehenden Anspruch, bei welcher die Kühlvorrichtung eine Vorrichtung (28) zur Injektion des Flüssiggases, das aus dem wenigstens einen Tank (1) stammt, sowie einen Tröpfchenfänger (29) flussabwärts der Einspritzvorrichtung (28) umfasst.
6. Anlage gemäß dem vorhergehenden Anspruch, bei welcher die Vorrichtung (28) zum Einspritzen des Flüssiggases über eine Umgehungsleitung (35) mit Flüssiggas versorgt wird, die mit einer Versorgungs-

leitung (9) für Flüssiggas verbunden ist für den Verdampfer (10), wobei die Umgehungsleitung (35) mit einem geregelten Ventil (32) ausgestattet ist, das von einem Automaten (31) gesteuert wird, der mit Mitteln (30) zum Messen der Temperatur des Gases flussaufwärts der Kühlvorrichtung verbunden ist.

Kompressor (6) geschickt wird.

7. Anlage gemäß einem der Ansprüche 4 bis 6, bei welcher die Versorgungsleitung (33) mit Gas in Dampfphase für den Kompressor (6) lokal von zwei Umgehungen (33A, 34) gebildet wird, und die Kühlvorrichtung (28, 29) auf einer (33A) dieser beiden Umgehungen installiert ist. 5

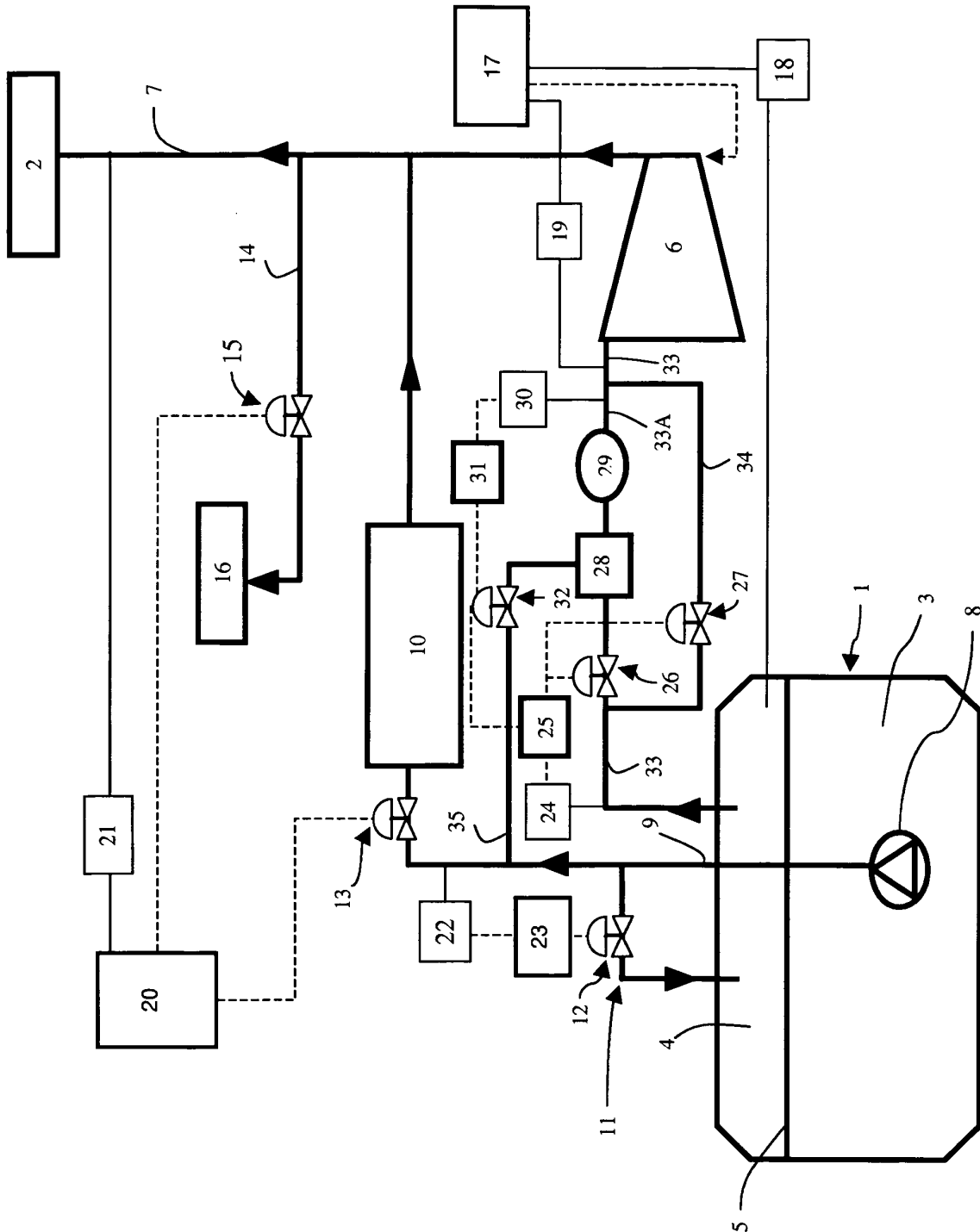
8. Anlage gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher jede der beiden Umgehungen (33A, 34) mit einem nicht-geregelten Ventil (26, 27) ausgestattet ist, wobei die beiden Ventile mit einem Steuerautomaten (25) verbunden sind, der vorgesehen ist, um das Öffnen eines Ventils (26, 27) zu steuern, wenn das andere Ventil geschlossen ist, wobei der Automat (25) mit den Mitteln (24) zum Messen der Temperatur flussaufwärts der Kühlvorrichtung verbunden ist. 10

9. Anlage gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Regelungsmittel des Kompressors (6) Schleusenklappen umfassen, die geeignet sind, schrittweise zwischen zwei Positionen, Öffnungs- bzw. Schließposition, geschwenkt zu werden. 15

10. Verfahren zum Regeln eines Kompressors (6), bei welchem eine Anlage gemäß Anspruch 9 zur Verfügung gestellt wird, und bei welchem mit den Mitteln zur automatisierten Steuerung (17) die Regelung des Kompressors (6) durchgeführt wird, indem allein das Schwenken der Schleusenklappen beeinflusst wird. 20

11. Verfahren zum Regeln gemäß Anspruch 10, bei welchem eine Anlage gemäß dem Anspruch 2 und 9 zur Verfügung gestellt wird, und bei welchem die folgenden Schritte umgesetzt werden: 25
 - die beiden Messungen, Druck- bzw. Flussmessung, die von den Messmitteln (18, 19) bereitgestellt werden, werden regelmäßig mit den Sollwerten ($P_{réf}$, $D_{réf}$) verglichen, um die beiden entsprechenden Relativfehler zu berechnen, 30
 - für jeden Relativfehler, der für den Druck und den Fluss berechnet wird, wird jeweils ein erster Sollwert (O_1) und ein zweiter Sollwert (O_2) zur Orientierung der Schleusenklappen bestimmt, 35
 - der größere der beiden Orientierungssollwerte (O_1 , O_2) wird von den automatisierten Steuerungsmitteln (17) als die Orientierungsanweisung der Schleusenklappen berücksichtigt, die zum 40

FIG. 1



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- FR 2722760 [0005]
- FR 2837783 [0006] [0025]