



(11) **EP 3 559 542 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
27.01.2021 Bulletin 2021/04

(21) Numéro de dépôt: **17825592.3**

(22) Date de dépôt: **15.12.2017**

(51) Int Cl.:
F17C 13/02 ^(2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2017/053614

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2018/115661 (28.06.2018 Gazette 2018/26)

(54) **DISPOSITIF, SYSTÈME ET PROCÉDÉ DE RÉGULATION DE LA PRESSION POUR UN RÉSERVOIR DE STOCKAGE DE GAZ NATUREL LIQUÉFIÉ**

VORRICHTUNG, SYSTEM UND VERFAHREN ZUR DRUCKREGELUNG FÜR EINEN FLÜSSIGERDGAUSPEICHERTANK

DEVICE, SYSTEM AND METHOD FOR PRESSURE REGULATION FOR A LIQUEFIED NATURAL GAS STORAGE TANK

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **21.12.2016 FR 1663065**

(43) Date de publication de la demande:
30.10.2019 Bulletin 2019/44

(73) Titulaire: **Engie
92400 Courbevoie (FR)**

(72) Inventeur: **GUEDACHA, Hicham
92430 Marnes La Coquette (FR)**

(74) Mandataire: **Cornuejols, Georges
Cassiopi
230 Avenue de l'Aube Rouge
34170 Castelnau-le-Lez (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A1- 2 196 722 FR-A1- 2 841 963
US-A1- 2014 123 699 US-A1- 2015 219 391
US-A1- 2015 377 550**

EP 3 559 542 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**DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION**

[0001] La présente invention vise un dispositif, système et procédé de régulation de la pression pour un réservoir de stockage de gaz naturel liquéfié. Elle s'applique, notamment, au domaine du transport de gaz naturel liquéfié par un véhicule ou à tout réservoir de stockage cryogénique mobile ou immobile, pressurisé ou non pressurisé.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

[0002] Aujourd'hui, le gaz naturel liquéfié (ci-après « GNL ») est transporté par voie routière en utilisant des réservoirs de stockage cryogéniques pressurisés. Au cours de cette phase de transport, le GNL se vaporise sous l'effet des entrées de chaleur tout au long de la paroi externe du réservoir.

[0003] On appelle le GNL vaporisé « gaz d'évaporation » (traduit de l'anglais « Boil-off gas », abrégé « BOG »). Ce gaz d'évaporation est également appelé « ciel gazeux » dans un réservoir de GNL. L'accumulation temporelle de gaz d'évaporation entraîne une augmentation de pression à l'intérieur du réservoir à mesure du transport du GNL.

[0004] En cas de dépassement d'une valeur seuil maximale de pression, pour laquelle le réservoir a été dimensionné, le gaz d'évaporation contenu dans le réservoir, constitué d'azote et de méthane, est rejeté dans l'atmosphère afin d'éviter de dégrader l'intégrité mécanique du réservoir.

[0005] Ces émissions sont dommageables pour l'environnement et posent un risque sécuritaire du fait du caractère inflammable du méthane.

[0006] On connaît également les demandes de brevet US 2015/219391, EP2 196 722, US 2015/377550, US 2014/123699 et FR2 841 963.

OBJET DE L'INVENTION

[0007] La présente invention vise à remédier à tout ou partie de ces inconvénients.

[0008] À cet effet, selon un premier aspect, la présente invention vise un dispositif de régulation de la pression pour un réservoir de stockage de gaz naturel liquéfié, qui comporte :

- une conduite de transfert de gaz d'évaporation de gaz naturel liquéfié configurée pour être fixée à une sortie pour gaz d'évaporation du réservoir, cette conduite de transfert étant munie d'un premier déverseur activé lorsque la pression du gaz d'évaporation dans le réservoir est supérieure à une première valeur limite prédéterminée, dite « P_1 »,
- un échangeur de chaleur pour refroidir et/ou liquéfier le gaz d'évaporation, déversé depuis le réservoir,

- entre la conduite de transfert et l'échangeur de chaleur :

- un volume de stockage temporaire du gaz d'évaporation et
- entre le volume de stockage et l'échangeur de chaleur :

- un deuxième déverseur configuré pour être activé lorsque la pression du gaz d'évaporation dans le réservoir est supérieure à une deuxième valeur limite prédéterminée, supérieure à la première valeur limite ou
- un détendeur configuré pour être activé lorsque la pression du gaz d'évaporation au niveau de l'échangeur et/ou du réservoir est inférieure à une troisième valeur limite prédéterminée, dite « P_3 », P_3 étant inférieure à P_1 et

- une conduite de retour de gaz d'évaporation liquéfié reliée à l'échangeur de chaleur, la conduite de retour étant configurée pour être fixée à une entrée pour gaz d'évaporation liquéfié du réservoir.

[0009] Grâce à ces dispositions, le gaz d'évaporation peut être refroidi et/ou liquéfié par un échangeur de chaleur au lieu d'être dispersé dans l'atmosphère lorsque la pression du réservoir est trop élevée. Ceci permet de garder le réservoir proche d'une valeur consigne de pression prédéterminée.

[0010] Dans des modes de réalisation, le dispositif objet de la présente invention comporte, entre la conduite de transfert et l'échangeur de chaleur :

- un volume de stockage temporaire du gaz d'évaporation et
- entre le volume de stockage et l'échangeur de chaleur :

- un deuxième déverseur configuré pour être activé lorsque la pression du gaz d'évaporation dans le réservoir est supérieure à une deuxième valeur limite prédéterminée, dite « P_2 », supérieure à la première valeur limite P_1 ou
- un détendeur configuré pour être activé lorsque la pression du gaz d'évaporation au niveau de l'échangeur et/ou du réservoir est inférieure à une troisième valeur limite prédéterminée, dite « P_3 », P_3 étant inférieure à P_1 .

[0011] Ces modes de réalisation permettent de liquéfier le gaz d'évaporation uniquement lorsque ce gaz d'évaporation à une température donnée présente une condition de pression suffisamment élevée sans pour autant contraindre la pression dans le réservoir à atteindre un niveau susceptible d'endommager ce réservoir.

[0012] Dans des modes de réalisation, le gaz d'éva-

poration agit en tant que corps chaud dans l'échangeur de chaleur, le corps froid étant formé d'azote liquide, le débit d'azote liquide dépendant du débit de gaz d'évaporation entrant dans l'échangeur et/ou d'une température du gaz d'évaporation en sortie de l'échangeur.

[0013] Ces modes de réalisation permettent de relâcher l'azote évaporé dans l'atmosphère sans créer de gaz à effet de serre.

[0014] Dans des modes de réalisation, le dispositif objet de la présente invention comporte :

- une cuve de stockage d'azote liquide et
- une vanne configurée pour alimenter l'échangeur de chaleur en azote liquide en fonction d'une valeur de débit de gaz d'évaporation captée et/ou d'une valeur de température du gaz d'évaporation captée en sortie d'échangeur, par un capteur en sortie du réservoir.

[0015] Ces modes de réalisation permettent de limiter l'alimentation de l'échangeur de chaleur aux seuls moments où du gaz d'évaporation est à refroidir et/ou liquéfier et avec un débit d'azote liquide suffisant pour refroidir et/ou liquéfier le gaz d'évaporation.

[0016] Dans des modes de réalisation, le dispositif objet de la présente invention comporte un moyen d'évaporation configuré pour évaporer une partie de l'azote liquide dans la cuve de manière à augmenter la pression à l'intérieur de la cuve pour provoquer l'écoulement de l'azote liquide vers l'échangeur de chaleur.

[0017] Ces modes de réalisation permettent de provoquer l'augmentation de la pression dans la cuve d'azote liquide sans introduction d'un fluide supplémentaire dans cette cuve.

[0018] Dans des modes de réalisation, le dispositif objet de la présente invention comporte une sortie de l'azote liquide évaporé dans l'atmosphère.

[0019] Dans des modes de réalisation, le dispositif objet de la présente invention comporte, en aval d'au moins un déverseur, un clapet anti-retour.

[0020] Ces modes de réalisation permettent d'éviter un écoulement inverse du gaz d'évaporation en cas de baisse de pression dans le réservoir.

[0021] Dans des modes de réalisation, le dispositif objet de la présente invention comporte, en aval du premier déverseur, un micro-compresseur du gaz d'évaporation.

[0022] Le micro-compresseur permet d'assurer l'écoulement du gaz vers le volume de stockage jusqu'à la pression maximale de stockage de ce volume, c'est-à-dire la pression de tarage du deuxième déverseur, P_2 . Le volume de stockage a pour fonction de stocker temporairement un volume de gaz, permettant de retarder l'usage du fluide froid et de limiter le refroidissement intermittent ou par « bouchon » de gaz.

[0023] Dans des modes de réalisation, le dispositif objet de la présente invention comporte un échangeur auxiliaire de chaleur, en aval de l'échangeur de chaleur, sur le chemin parcouru par le fluide froid, configuré pour va-

poriser le fluide froid échauffé dans l'échangeur de chaleur.

[0024] Ces modes de réalisation permettent de garantir l'évaporation et le chauffage de la vapeur de fluide froid afin que cette vapeur, quand relâchée dans l'atmosphère, ne présente aucun risque de contact avec des opérateurs humains à proximité du dispositif.

[0025] Selon un deuxième aspect, la présente invention vise un système de régulation de la pression à l'intérieur d'un réservoir de stockage de gaz naturel liquéfié, qui comporte :

- un réservoir de stockage de gaz naturel liquéfié, comportant :
 - une sortie pour gaz d'évaporation du gaz naturel liquéfié et
 - une entrée pour gaz d'évaporation liquéfié et
- un dispositif de régulation objet de la présente invention, dans lequel :
 - la conduite de transfert est fixée à la sortie du réservoir et
 - la conduite de retour est fixée à l'entrée du réservoir.

[0026] Les buts, avantages et caractéristiques particulières du système objet de la présente invention étant similaires à ceux du dispositif objet de la présente invention, ils ne sont pas rappelés ici.

[0027] Selon un troisième aspect, la présente invention vise un procédé de régulation de la pression pour un réservoir de stockage de gaz naturel liquéfié, qui comporte :

- une étape de comparaison entre la pression à l'intérieur du réservoir et une première valeur limite prédéterminée,
- lorsque la pression à l'intérieur du réservoir est supérieure à la première valeur limite prédéterminée, dite « P_1 » :
 - une étape de transfert de gaz d'évaporation de gaz naturel liquéfié sorti du réservoir,
 - une étape d'échange de chaleur pour refroidir et/ou liquéfier le gaz d'évaporation, transféré depuis le réservoir
 - entre l'étape de transfert et l'étape d'échange de chaleur :
 - une étape de stockage temporaire du gaz d'évaporation et
 - entre l'étape de stockage temporaire et l'étape d'échange de chaleur :
 - une deuxième étape de transfert configuré pour être activée lorsque la pres-

sion du gaz d'évaporation dans le réservoir est supérieure à une deuxième valeur limite prédéterminée, supérieure à la première valeur limite ou

- une étape de détente configurée pour être activé lorsque la pression du gaz d'évaporation au niveau de l'échangeur et/ou du réservoir est inférieure à une troisième valeur limite prédéterminée, dite « P_3 », P_3 étant inférieure à P_1 et
- une étape de retour de gaz d'évaporation liquéfié dans le réservoir.

[0028] Les buts, avantages et caractéristiques particulières du procédé objet de la présente invention étant similaires à ceux du dispositif objet de la présente invention, ils ne sont pas rappelés ici.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0029] D'autres avantages, buts et caractéristiques particulières de l'invention ressortiront de la description non limitative qui suit d'au moins un mode de réalisation particulier du dispositif, du système et du procédé objets de la présente invention, en regard des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente, schématiquement, un premier mode de réalisation particulier du dispositif et du système objets de la présente invention,
- la figure 2 représente, schématiquement et sous forme d'un logigramme, une succession d'étapes particulière du procédé objet de la présente invention et
- la figure 3 représente, schématiquement, un deuxième mode de réalisation particulier du dispositif et du système objets de la présente invention.

DESCRIPTION D'EXEMPLES DE REALISATION DE L'INVENTION

[0030] On note dès à présent que les figures ne sont pas à l'échelle.

[0031] On appelle « déverseur » un appareil de robinetterie dont le but est de diminuer la pression d'un réseau à la pression de travail visée du système. Un tel déverseur est monté en série entre la source de pression et le poste d'utilisation. Un déverseur ou réducteur de pression amont est destiné à limiter une pression dans une tuyauterie en cas de variations de pression. Il a la même fonction qu'une soupape de décharge.

[0032] Un tel déverseur peut être remplacé par un ensemble formé d'une vanne, d'un capteur de pression en amont de la vanne et d'un capteur de pression en aval de la vanne, la vanne étant activée lorsque la pression captée est supérieure à la valeur de pression limite correspondant à la pression opératoire du déverseur équi-

valent et lorsque la pression captée en aval est inférieure à la pression captée en amont de la vanne.

[0033] On appelle « fluide froid » un fluide dont la température est inférieure à la température du gaz naturel liquéfié à une pression donnée et susceptible de refroidir ou liquéfier partiellement ou totalement le gaz d'évaporation du gaz naturel liquéfié.

[0034] On observe, sur la figure 1, qui n'est pas à l'échelle, une vue schématique d'un mode de réalisation du dispositif 100 objet de la présente invention. Ce dispositif 100 de régulation de la pression pour un réservoir 200 de stockage de gaz naturel liquéfié, comporte :

- une conduite 105 de transfert de gaz d'évaporation de gaz naturel liquéfié configurée pour être fixée à une sortie 205 pour gaz d'évaporation du réservoir, cette conduite de transfert étant munie d'un premier déverseur 110 activé lorsque la pression du gaz d'évaporation dans le réservoir est supérieure à une première valeur limite prédéterminée, dite « P_1 »,
- un échangeur 115 de chaleur pour refroidir et/ou liquéfier le gaz d'évaporation, déversé depuis le réservoir et
- une conduite 120 de retour de gaz d'évaporation liquéfié reliée à l'échangeur de chaleur, la conduite de retour étant configurée pour être fixée à une entrée 210 pour gaz d'évaporation liquéfié du réservoir.

[0035] La fixation de la conduite de transfert 105 est réalisée, par exemple, par vissage de platines de fixation positionnées au contact l'une de l'autre et munies d'au moins un filetage pour le passage de vis. Dans des variantes, un joint d'étanchéité est positionné entre les deux platines, ce joint présentant une structure annulaire. Cette fixation peut être défaite. Cette fixation est amovible, ce qui permet un retrait du dispositif 100 du réservoir 200.

[0036] Cette conduite de transfert 105, et la fixation à la sortie 205, confèrent au dispositif 100 un caractère modulaire compatible avec tout type de réservoir 200.

[0037] Le premier déverseur 110 est configuré pour laisser passer le gaz d'évaporation quand la pression dans le réservoir 200 est supérieure à la première valeur limite prédéterminée, P_1 . Cette valeur limite prédéterminée est choisie de telle manière à ne jamais dépasser la pression maximale opératoire pour laquelle le réservoir 200 a été dimensionné et varie selon le réservoir 200 auquel est fixé le dispositif 100.

[0038] Cette première valeur limite prédéterminée peut être fixée lors de la fabrication du dispositif 100 ou lors de la fixation du dispositif 100 au réservoir 200 par un opérateur via une interface de commande du premier déverseur 110. Cette interface de commande peut-être mécanique ou numérique et, en fonction d'une interaction entre l'interface et l'opérateur, faire varier la valeur de la première valeur limite.

[0039] Le réservoir 200 comporte préférentiellement un événement 201 habituel pour toute capacité de gaz afin d'éviter les surpressions susceptibles d'endommager le

réservoir 200. La première valeur limite prédéterminée est inférieure à la valeur d'activation de l'événement 201.

[0040] L'échangeur 115 est, par exemple, un échangeur à plaque dont la plaque agit comme médium d'échange de chaleur entre le gaz d'évaporation, chaud, et un fluide froid, tel que de l'azote liquide ou un gaz inerte liquéfié.

[0041] Dans des variantes, l'échangeur 115 est un échangeur tubulaire, ou un échangeur à plaque ou un échangeur bobiné.

[0042] L'échangeur 115 est dimensionné, et le fluide froid choisi, de telle manière qu'à un débit donné de gaz d'évaporation dans l'échangeur 115, le gaz d'évaporation soit liquéfié en sortie.

[0043] La fixation de la conduite de retour 120 est réalisée, par exemple, par vissage de platines de fixation positionnées au contact l'une de l'autre et munies d'au moins un filetage pour le passage de vis. Dans des variantes, un joint d'étanchéité est positionné entre les deux platines, ce joint présentant une structure annulaire. Cette fixation peut être démontée. Cette fixation est amovible, ce qui permet un retrait du dispositif 100 du réservoir 200.

[0044] Cette conduite de retour 120, et la fixation à l'entrée 210, confèrent au dispositif 100 un caractère modulaire compatible avec tout type de réservoir 200.

[0045] Dans des modes de réalisation préférentiels, tel que celui représenté en figures 1 et 3, le dispositif, 100 ou 600, comporte, entre la conduite 105 de transfert et l'échangeur 115 de chaleur :

- un volume 125 de stockage temporaire du gaz d'évaporation et
- entre le volume de stockage et l'échangeur de chaleur :
 - un deuxième déverseur 130 configuré pour être activé lorsque la pression du gaz d'évaporation dans le réservoir est supérieure à une deuxième valeur limite prédéterminée, dite « P_2 », supérieure à la première valeur limite P_1 ou
 - un détendeur 630 configuré pour être activé lorsque la pression du gaz d'évaporation au niveau de l'échangeur et/ou du réservoir est inférieure à une troisième valeur limite prédéterminée, dite « P_3 », P_3 étant inférieure à P_1 .

[0046] Le volume 135 de stockage de fluide froid est dimensionné afin de disposer suffisamment de fluide froid pour refroidir/liquéfier le gaz d'évaporation issu du volume 125 et garantir l'absence d'émissions pendant la durée totale d'un trajet du réservoir 200 à minima.

[0047] Le deuxième déverseur 130 est configuré pour laisser passer le gaz d'évaporation contenu dans le volume 125 de stockage quand la pression dans ce volume 125 est supérieure à la deuxième valeur limite prédéterminée P_2 . Cette deuxième valeur limite prédéterminée est choisie de telle manière soit supérieure à la somme de la première valeur limite prédéterminée P_1 , de la perte

de charge provoquée par la circulation de gaz dans les conduites, 105 et 120, de la perte de charge dans l'échangeur 115 thermique. Ainsi, cette deuxième valeur limite prédéterminée varie selon le réservoir 200 auquel est fixé le dispositif 100. Une marge, correspondant à la perte de charge estimée du circuit doit être ajoutée à cette somme pour garantir un débit d'injection suffisant à l'intérieur du réservoir 200.

[0048] Le volume 125 comporte préférentiellement un événement 126 habituel pour toute capacité de gaz afin d'éviter les surpressions susceptibles d'endommager le volume 125. La deuxième valeur limite prédéterminée est inférieure à la valeur d'activation de l'événement 126.

[0049] Cette deuxième valeur limite prédéterminée peut être fixée lors de la fabrication du dispositif 100 ou lors de la fixation du dispositif 100 au réservoir 200 par un opérateur via une interface de commande du deuxième déverseur 130. Cette interface de commande peut être mécanique ou numérique et, en fonction d'une interaction entre l'interface et l'opérateur, faire varier la valeur de la deuxième valeur limite.

[0050] Lorsque le dispositif 600 comporte un détendeur 630, ce détendeur est actionné en fonction d'une pression de gaz d'évaporation mesurée en aval du détendeur 630, cette pression étant représentative de la pression du gaz d'évaporation dans l'échangeur 115 ou de la pression du gaz dans le réservoir 200.

[0051] Dans des modes de réalisation préférentiels, tel que celui représenté en figure 1, le gaz d'évaporation agit en tant que corps chaud dans l'échangeur de chaleur, le corps froid étant formé d'azote liquide, le débit d'azote liquide dépendant du débit de gaz d'évaporation entrant dans l'échangeur 115 et/ou d'une température du gaz d'évaporation en sortie de l'échangeur 115.

[0052] Dans des modes de réalisation préférentiels, tel que celui représenté en figure 1, le dispositif 100 comporte :

- une cuve 135 de stockage d'azote liquide et
- une vanne 140 configurée pour alimenter l'échangeur 115 de chaleur en azote liquide en fonction d'une valeur de débit de gaz d'évaporation captée et/ou d'une valeur de température du gaz d'évaporation captée en sortie d'échangeur 115, par un capteur 141 en sortie du réservoir.

[0053] Cet asservissement peut être réalisé par l'adjonction, au dispositif 100, d'un capteur :

- de débit de gaz d'évaporation en sortie du réservoir 125 et/ou
- de débit de gaz d'évaporation entrant dans la conduite 105 et/ou
- de pression du gaz d'évaporation dans le réservoir 125 et/ou
- de température du gaz d'évaporation entrant dans la conduite 105 et/ou
- de température du gaz d'évaporation quittant

l'échangeur de chaleur 115.

[0054] Dans des modes de réalisation préférentiels, tel que celui représenté en figure 1, le dispositif 100 comporte un moyen 145 d'évaporation configuré pour évaporer une partie de l'azote liquide dans la cuve 135 de manière à augmenter la pression à l'intérieur de la cuve pour provoquer l'écoulement de l'azote liquide vers l'échangeur de chaleur.

[0055] Le moyen d'évaporation 145 est formé, par exemple, d'une conduite d'extraction d'azote liquide contenu dans la cuve 135, d'un échangeur de chaleur avec un fluide chaud, par rapport à l'azote liquide, tel de l'air ou de l'eau ou une résistance électrique par exemple, pour vaporiser l'azote liquide et d'une conduite d'injection de l'azote liquide vaporisé dans la cuve 135.

[0056] Dans des modes de réalisation préférentiels, tel que celui représenté en figure 1, le dispositif 100 comporte une sortie 150 de l'azote liquide évaporé dans l'atmosphère.

[0057] Dans des modes de réalisation préférentiels, tel que celui représenté en figure 1, le dispositif 100 comporte, en aval d'au moins un déverseur, 110 et/ou 130, un clapet anti-retour, 155 et/ou 160.

[0058] Dans des modes de réalisation préférentiels, tel que celui représenté en figure 1, le dispositif 100 comporte, en aval du premier déverseur 110, un micro-compresseur 165 du gaz d'évaporation.

[0059] Ce micro-compresseur 165 peut être équipé d'une conduite de recyclage pour assurer, en entrée du micro-compresseur, un débit minimal permettant la mise en œuvre dudit micro-compresseur.

[0060] Ce micro-compresseur est configuré pour porter le gaz d'évaporation à une pression comprise entre la pression d'activation du premier déverseur 110 et la pression d'activation du deuxième déverseur 130 ou 630.

[0061] Dans des modes de réalisation préférentiels, tel que celui représenté en figure 3, le dispositif objet de la présente invention comporte, un échangeur 116 auxiliaire de chaleur, en aval de l'échangeur 115 de chaleur, sur le chemin parcouru par le fluide froid, configuré pour vaporiser le fluide froid échauffé dans l'échangeur 115 de chaleur.

[0062] L'échangeur auxiliaire 116 de chaleur a pour objectif de vaporiser et d'échauffer les résidus de fluide froid en sortie de l'échangeur 115.

[0063] On observe, également en figure 1, un mode de réalisation particulier du système 300 objet de la présente invention. Ce système 300 de régulation de la pression à l'intérieur d'un réservoir 200 de stockage de gaz naturel liquéfié, comporte :

- un réservoir 200 de stockage de gaz naturel liquéfié, comportant :
 - une sortie 205 pour gaz d'évaporation du gaz naturel liquéfié et
 - une entrée 210 pour gaz d'évaporation liquéfié

et

- un dispositif 100 de régulation tel que décrit en regard dans la figure 1, dans lequel :

- la conduite 105 de transfert est fixée à la sortie du réservoir et
- la conduite 120 de retour est fixée à l'entrée du réservoir.

[0064] On observe, en figure 2, sous forme d'un logigramme, une succession d'étapes particulière du procédé 400 objet de la présente invention. Ce procédé 400 de régulation de la pression pour un réservoir de stockage de gaz naturel liquéfié, comporte :

- une étape 405 de comparaison entre la pression à l'intérieur du réservoir et une première valeur limite prédéterminée,
- lorsque la pression à l'intérieur du réservoir est supérieure à la première valeur limite prédéterminée, dite « P_1 » :

- une étape 410 de transfert de gaz d'évaporation de gaz naturel liquéfié sorti du réservoir,
- une étape 415 d'échange de chaleur pour refroidir et/ou liquéfier le gaz d'évaporation, transféré depuis le réservoir,
- entre l'étape de transfert et l'étape d'échange de chaleur :

- une étape 411 de stockage temporaire du gaz d'évaporation et
- entre l'étape de stockage temporaire et l'étape d'échange de chaleur :
- une deuxième étape 412 de transfert configuré pour être activée lorsque la pression du gaz d'évaporation dans le réservoir est supérieure à une deuxième valeur limite prédéterminée, supérieure à la première valeur limite ou
- une étape de détente 413 configurée pour être activée lorsque la pression du gaz d'évaporation au niveau de l'échangeur et/ou du réservoir est inférieure à une troisième valeur limite prédéterminée, dite « P_3 », P_3 étant inférieure à P_1 et

- une étape 420 de retour de gaz d'évaporation liquéfié dans le réservoir.

[0065] Ce procédé 400 est réalisé, par exemple, par la mise en œuvre du dispositif 100 tel que décrit en regard de la figure 1 ou du dispositif 600 tel que décrit en regard de la figure 1.

Revendications

1. Dispositif (100) de régulation de la pression pour un réservoir (200) de stockage de gaz naturel liquéfié, **caractérisé en ce qu'il** comporte :

- une conduite (105) de transfert de gaz d'évaporation de gaz naturel liquéfié configurée pour être fixée à une sortie (205) pour gaz d'évaporation du réservoir, cette conduite de transfert étant munie d'un premier déverseur (110) activé lorsque la pression du gaz d'évaporation dans le réservoir est supérieure à une première valeur limite prédéterminée, dite « P_1 », 10
- un échangeur (115) de chaleur pour refroidir et/ou liquéfier le gaz d'évaporation, déversé depuis le réservoir, 15
- une conduite (120) de retour de gaz d'évaporation liquéfié reliée à l'échangeur de chaleur, la conduite de retour étant configurée pour être fixée à une entrée (210) pour gaz d'évaporation liquéfié du réservoir, 20

caractérisé ce que le dispositif comporte entre la conduite (105) de transfert et l'échangeur (115) de chaleur : 25

- un volume (125) de stockage temporaire du gaz d'évaporation et
- entre le volume de stockage et l'échangeur de chaleur : 30

- un deuxième déverseur (130) configuré pour être activé lorsque la pression du gaz d'évaporation dans le réservoir est supérieure à une deuxième valeur limite prédéterminée, supérieure à la première valeur limite ou
- un détendeur (630) configuré pour être activé lorsque la pression du gaz d'évaporation au niveau de l'échangeur et/ou du réservoir est inférieure à une troisième valeur limite prédéterminée, dite « P_3 », P_3 étant inférieure à P_1 35

2. Dispositif (100) selon la revendication 1, dans lequel le gaz d'évaporation agit en tant que corps chaud dans l'échangeur de chaleur, le corps froid étant formé d'azote liquide, le débit d'azote liquide dépendant du débit de gaz d'évaporation entrant dans l'échangeur (115) ou d'une température de sortie du gaz d'évaporation en sortie de l'échangeur. 40

3. Dispositif (100) selon la revendication 2, qui comporte : 45

- une cuve (135) de stockage d'azote liquide et
- une vanne (140) configurée pour alimenter

l'échangeur de chaleur en azote liquide en fonction d'une valeur de débit de gaz d'évaporation capté et/ou d'une valeur de température du gaz d'évaporation captée en sortie d'échangeur, par un capteur (141) en sortie du réservoir.

4. Dispositif (100) selon l'une des revendications 2 ou 3, qui comporte un moyen (145) d'évaporation configuré pour évaporer une partie de l'azote liquide dans la cuve (135) de manière à augmenter la pression à l'intérieur de la cuve pour provoquer l'écoulement de l'azote liquide vers l'échangeur de chaleur.

5. Dispositif (100) selon l'une des revendications 2 à 4, qui comporte une sortie (150) de l'azote liquide évaporé dans l'atmosphère.

6. Dispositif (100) selon l'une des revendications 1 à 5, qui comporte, en aval d'au moins un déverseur (110, 130), un clapet anti-retour (155, 160).

7. Dispositif (100) selon l'une des revendications 1 à 6, qui comporte, en aval du premier déverseur (110), un micro-compresseur (165) du gaz d'évaporation.

8. Dispositif (100) selon l'une des revendications 1 à 7, qui comporte un échangeur (116) auxiliaire de chaleur, en aval de l'échangeur (115) de chaleur, sur le chemin parcouru par le fluide froid, configuré pour vaporiser le fluide froid échauffé dans l'échangeur (115) de chaleur.

9. Système (300, 500) de régulation de la pression à l'intérieur d'un réservoir (200) de stockage de gaz naturel liquéfié, **caractérisé en ce qu'il** comporte :

- un réservoir de stockage de gaz naturel liquéfié, comportant :

- une sortie (205) pour gaz d'évaporation du gaz naturel liquéfié et
- une entrée (210) pour gaz d'évaporation liquéfié et

- un dispositif (100) de régulation selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel :

- la conduite (105) de transfert est fixée à la sortie du réservoir et
- la conduite (120) de retour est fixée à l'entrée du réservoir.

10. Procédé (400) de régulation de la pression pour un réservoir de stockage de gaz naturel liquéfié, **caractérisé en ce qu'il** comporte :

- une étape (405) de comparaison entre la pression à l'intérieur du réservoir et une première

valeur limite prédéterminée, dite « P_1 »,
- lorsque la pression à l'intérieur du réservoir est supérieure à la première valeur limite prédéterminée :

- une étape (410) de transfert de gaz d'évaporation de gaz naturel liquéfié sorti du réservoir,
- une étape (415) d'échange de chaleur pour refroidir et/ou liquéfier le gaz d'évaporation, transféré depuis le réservoir,
- une étape (420) de retour de gaz d'évaporation liquéfié dans le réservoir,

caractérisé en ce que le procédé comporte entre l'étape de transfert et l'étape d'échange de chaleur :

- une étape (411) de stockage temporaire du gaz d'évaporation et
- entre l'étape de stockage temporaire et l'étape d'échange de chaleur :

- une deuxième étape (412) de transfert configuré pour être activée lorsque la pression du gaz d'évaporation dans le réservoir est supérieure à une deuxième valeur limite prédéterminée, supérieure à la première valeur limite ou
- une étape de détente (413) configurée pour être activée lorsque la pression du gaz d'évaporation au niveau de l'échangeur et/ou du réservoir est inférieure à une troisième valeur limite prédéterminée, dite « P_3 », P_3 étant inférieure à P_1

Patentansprüche

1. Vorrichtung (100) zur Regulierung des Drucks für einen Tank (200) zum Speichern von verflüssigtem Erdgas, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie umfasst:

- eine Leitung (105) zum Übertragen von verdampftem, verflüssigten Erdgas, die ausgestaltet ist, um an einem Ausgang (205) für verdampftes Gas des Tanks befestigt zu sein, wobei diese Leitung zum Übertragen mit einem ersten Rohrauslauf (110) versehen ist, der aktiviert ist, wenn der Druck des verdampften Gases in dem Tank größer ist als ein erster vorbestimmter Grenzwert, bezeichnet als " P_1 ",
- einen Wärmetauscher (115) zum Abkühlen und/oder Verflüssigen von verdampftem Gas, das aus dem Tank abgelassen ist,
- zwischen der Leitung (105) zum Übertragen und dem Wärmetauscher (115):

- ein vorübergehendes Volumen (125) zum Lagern des verdampften Gases und
- zwischen dem Volumen zum Lagern und dem Wärmetauscher:

- einen zweiten Rohrauslauf (130), der ausgestaltet ist, um aktiviert zu sein, wenn der Druck des verdampften Gases im Tank größer ist als ein zweiter vorbestimmter Grenzwert, der größer ist als der erste Grenzwert, oder
- einen Druckregler (630), der ausgestaltet ist, um aktiviert zu sein, wenn der Druck des verdampften Gases am Tauscher und/oder des Tanks niedriger ist als ein dritter vorbestimmter Grenzwert, bezeichnet als " P_3 ", wobei P_3 niedriger ist als P_1 und

- eine Leitung (120) zum Rückführen von verflüssigtem verdampftem Gas, die mit dem Wärmetauscher verbunden ist, wobei die Leitung zum Rückführen ausgestaltet ist, um an einem Einlauf (210) für verflüssigtes, verdampftes Gas des Tanks befestigt zu sein.

2. Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 1, bei der das verdampfte Gas als Wärmekörper in dem Wärmetauscher wirkt, wobei der Kaltkörper aus flüssigem Stickstoff gebildet ist, wobei der flüssige Stickstoffdurchsatz von dem Durchsatz des verdampften Gases, das in den Tauscher (115) eintritt, oder von einer Ausgangstemperatur des verdampften Gases am Ausgang des Tauschers abhängt.

3. Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 2, die umfasst:

- ein Becken (135) zum Speichern von flüssigem Stickstoff und
- ein Ventil (140), das zum Versorgen des Wärmetauschers mit flüssigem Stickstoff in Abhängigkeit von einem Durchsatzwert von aufgefangenem verdampften Gas und/oder einem Temperaturwert des am Tauscherausgang aufgefangenen verdampften Gases durch einen Sensor (141) am Ausgang des Tanks ausgestaltet ist.

4. Vorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 2 oder 3, die ein Mittel (145) zum Verdampfen umfasst, das zum Verdampfen eines Teils des verflüssigten Stickstoffs in dem Becken (135) derart ausgestaltet ist, dass der Druck im Innern des Beckens zum Hervorrufen des Ablaufs des flüssigen Stickstoffs zum Wärmetauscher erhöht wird.

5. Vorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, die einen Ausgang (150) des verdampften flüssi-

gen Stickstoffs in die Atmosphäre umfasst.

6. Vorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, die wenigstens einem Rohrauslauf (110, 130) nachgeschaltet ein Rückschlagventil (155, 160) umfasst. 5
7. Vorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, die wenigstens dem ersten Rohrauslauf (110) nachgeschaltet einen Mikrokompressor (165) des verdampften Gases umfasst. 10
8. Vorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, die einen dem Wärmetauscher (115) nachgeschalteten Hilfs-Wärmetauscher (116) auf dem von der kalten Flüssigkeit durchlaufenen Weg umfasst, der zum Versprühen der kalten Flüssigkeit ausgestaltet ist, die im Wärmetauscher (115) erhitzt ist. 15
9. System (300, 500) zur Regulierung des Drucks im Innern eines Tanks (200) zum Speichern von verflüssigtem Erdgas, **dadurch gekennzeichnet, dass** es umfasst: 20
 - einen Tank zum Speichern von verflüssigtem Erdgas, umfassend: 25
 - einen Ausgang (205) für das verdampfte Gas des verflüssigten Erdgases und
 - einen Eingang (210) für das verdampfte verflüssigte Gas und 30
 - eine Vorrichtung (100) zum Regulieren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, in der: 35
 - die Leitung (105) zum Übertragen ist am Ausgang des Tanks befestigt ist und
 - die Leitung (120) zum Rückführen ist am Eingang des Tanks befestigt ist. 40
10. Verfahren (400) zur Regulierung des Drucks für einen Tank zum Speichern von verflüssigtem Erdgas, **dadurch gekennzeichnet, dass** es umfasst: 40
 - einen Schritt (405) zum Vergleichen zwischen dem Druck im Innern des Tanks und einem ersten vorbestimmten Grenzwert, bezeichnet als " P_1 ", 45
 - wenn der Druck im Innern des Tanks höher ist als der erste vorbestimmte Grenzwert; 50
 - einen Schritt (410) zum Übertragen von verdampftem Gas des verflüssigten Erdgases, das aus dem Tank ausgetreten ist,
 - einen Wärmetauscher-Schritt (415) zum Abkühlen und/oder Verflüssigen des verdampften Gases, das von dem Tank übertragen ist, 55

- zwischen dem Schritt zum Übertragen und dem Wärmetauscher-Schritt:

- einen Schritt (411) zum vorübergehenden Lagern des verdampften Gases und
- zwischen dem Schritt zum vorübergehenden Lagern und dem Wärmetauscher-Schritt:

- einen zweiten Schritt (412) zum Übertragen, der ausgestaltet ist, um aktiviert zu sein, wenn der Druck des verdampften Gases im Tank größer ist als ein zweiter vorbestimmter Grenzwert, der größer ist als der erste Grenzwert, oder
- einen Druckregler-Schritt (413), der ausgestaltet ist, um aktiviert zu sein, wenn der Druck des verdampften Gases am Tauscher und/oder des Tanks niedriger ist als ein dritter vorbestimmter Grenzwert, bezeichnet als " P_3 ", wobei P_3 niedriger ist als P_1 und

- einen Schritt (420) zum Rückführen von verdampftem, verflüssigten Gas in den Tank.

Claims

1. Pressure regulation device (100) for a liquefied natural gas storage tank (200), **characterized in that** it comprises:
 - a pipe (105) for transferring boil-off gas of liquefied natural gas configured to be attached to an outlet (205) for boil-off gas from the tank, this transfer pipe being provided with a first discharging device (110) that is activated when the boil-off gas pressure in the tank is greater than a first predetermined threshold value, referred to as " P_1 ",
 - a heat exchanger (115) for cooling and/or liquefying the boil-off gas discharged from the tank,
 - between the transfer pipe (105) and the heat exchanger (115):
 - a temporary storage volume (125) of boil-off gas and
 - between the storage volume and the heat exchanger:
 - a second discharge device (130) designed to be activated when the boil-off gas pressure in the tank is greater than

a second predetermined threshold value, greater than the first threshold value or

- an expander (630) designed to be activated when the boil-off gas pressure at the exchanger and/or tank is less than a third predetermined threshold value, referred to as " P_3 ", P_3 being less than P_1 , and

- a return pipe (120) for liquefied boil-off gas connected to the heat exchanger, the return pipe being designed to be attached to an inlet (210) for liquefied boil-off gas from the tank.

2. Device (100) according to claim 1, wherein the boil-off gas acts as hot body in the heat exchanger, the cold body being formed of liquid nitrogen, the liquid nitrogen flow rate being dependent on the flow rate of boil-off gas entering the exchanger (115) and/or a temperature of the boil-off gas on output from the exchanger.

3. Device (100) according to claim 2, which comprises:

- a tank (135) for storing liquid nitrogen, and
- a valve (140) configured to supply the heat exchanger with liquid nitrogen as a function of a captured boil-off gas flow rate value and/or a captured boil-off gas temperature value, captured on output from the exchanger by a sensor (141) on the outlet from the tank.

4. Device (100) according to one of claims 2 to 3, which comprises an evaporation means (145) configured to evaporate a portion of the liquid nitrogen in the tank (135) so as to increase the pressure inside the tank in order to cause the liquid nitrogen to flow towards the heat exchanger.

5. Device (100) according to one of claims 2 to 4, which comprises an outlet (150) for the evaporated liquid nitrogen into the atmosphere.

6. Device (100) according to one of claims 1 to 5, which comprises, downstream of at least one discharge device (110, 130), a non-return valve (155, 160).

7. Device (100) according to one of claims 1 to 6, which comprises, downstream from the first discharge device (110), a micro-compressor (165) of the boil-off gas.

8. Device (100) according to one of claims 1 to 7, which comprises an auxiliary heat exchanger (116), downstream of the heat exchanger (115), on the path traversed by the cold fluid, configured to vaporize the cold fluid heated in the heat exchanger (115).

9. System (300, 500) for regulating the pressure inside a storage tank (200) for liquefied natural gas, **characterized in that** it comprises:

- a liquefied natural gas storage tank, comprising:

- an outlet (205) for boil-off gas from the liquefied natural gas, and
- an inlet (210) for liquefied boil-off gas, and

- a regulation device (100) according to one of claims 1 to 8, wherein:

- the transfer pipe (105) is attached to the outlet from the tank, and
- the return pipe (120) is attached to the inlet to the tank.

10. Pressure regulation method (400) for a liquefied natural gas storage tank, **characterized in that** it comprises:

- a step (405) of comparing the pressure inside the tank to a first predetermined threshold value, referred to as " P_1 ",
- when the pressure inside the tank is greater than the first predetermined threshold value:

- a step (410) of transferring boil-off gas from liquefied natural gas output from the tank,
- a heat exchange step (415) for cooling and/or liquefying the boil-off gas discharged from the tank,
- between the transfer step and the heat exchange step:

- a step (411) of temporarily storing the boil-off gas, and
- between the temporary storage step and the heat exchange step:

- a second transfer step (412) configured to be activated when the boil-off gas pressure in the tank is greater than a second predetermined threshold value, greater than the first threshold value or
- an expansion step (413) configured to be activated when the boil-off gas pressure at the exchanger and/or tank is less than a third predetermined threshold value, referred to as " P_3 ", P_3 being less than P_1 , and

- a step (420) of returning liquefied boil-off gas to the tank.

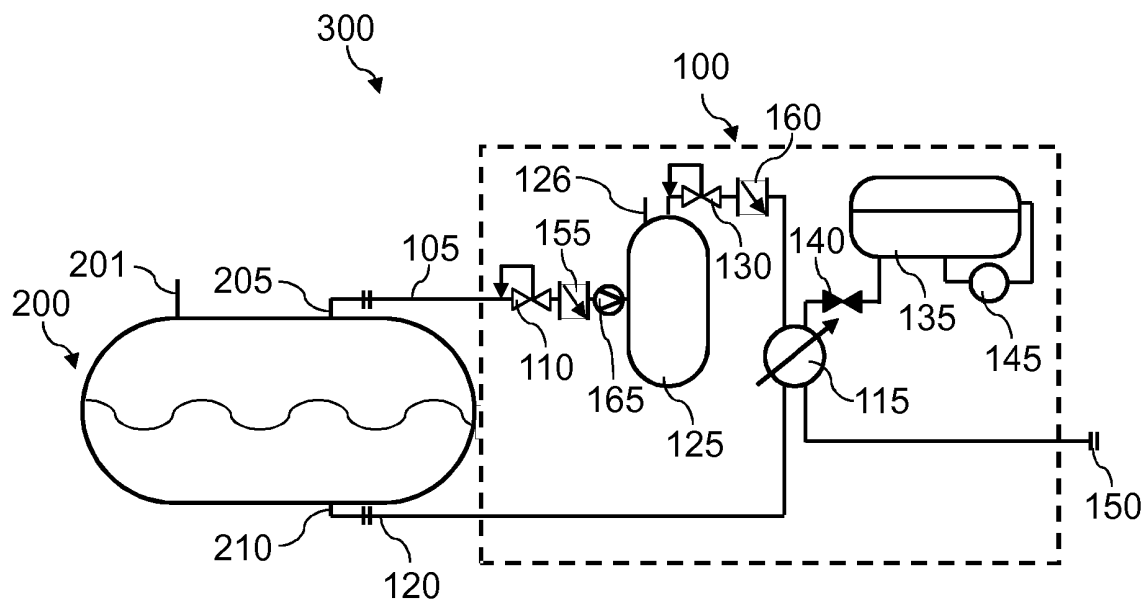


Figure 1

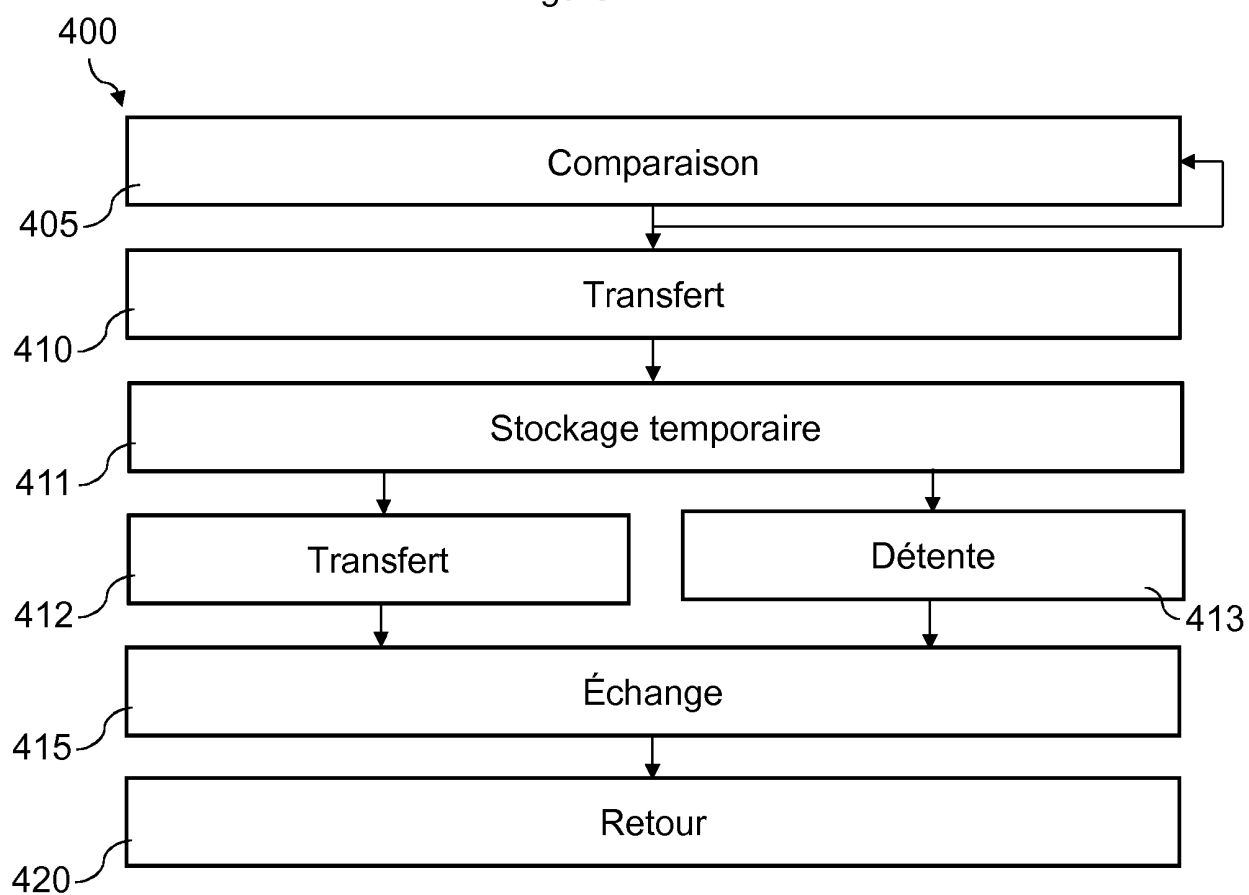


Figure 2

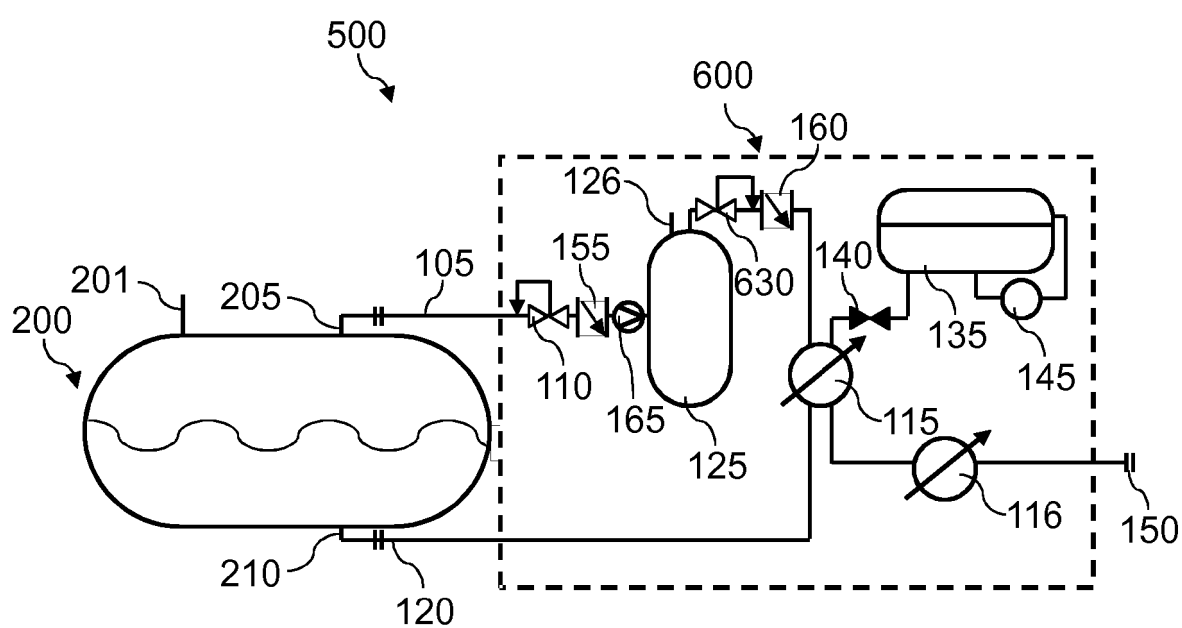


Figure 3

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

- US 2015219391 A [0006]
- EP 2196722 A [0006]
- US 2015377550 A [0006]
- US 2014123699 A [0006]
- FR 2841963 [0006]