



(11) **EP 4 108 917 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
14.08.2024 Bulletin 2024/33

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F04B 15/06 ^(2006.01) **F04B 49/06** ^(2006.01)
F25B 23/00 ^(2006.01) **F28D 15/02** ^(2006.01)
F28F 27/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **22180651.6**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F04B 15/06; F04B 49/065; F25B 23/006;
F28D 15/02

(22) Date de dépôt: **23.06.2022**

(54) **DISPOSITIF ET PROCEDE DE CONTROLE DE LA PRESSION D'UN FLUIDE DANS UNE BOUCLE FLUIDE DIPHASIQUE A POMPAGE MECANIQUE**

VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG DES DRUCKS EINES FLUIDS IN EINEM MECHANISCH GEPUMPTEN ZWEIFHASIGEN FLUIDKREISLAUF

DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING THE PRESSURE OF A FLUID IN A TWO-PHASE FLUID LOOP WITH MECHANICAL PUMPING

(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

- **DELMAS, Anthony**
06156 CANNES LA BOCCA Cedex (FR)
- **HUGON, Julien**
06156 CANNES LA BOCCA Cedex (FR)
- **CHAIX, Alain**
06156 CANNES LA BOCCA Cedex (FR)

(30) Priorité: **24.06.2021 FR 2106761**

(43) Date de publication de la demande:
28.12.2022 Bulletin 2022/52

(74) Mandataire: **Atout PI Laplace**
Immeuble Up On
25 Boulevard Romain Rolland
CS 40072
75685 Paris Cedex 14 (FR)

(73) Titulaire: **THALES**
92190 Meudon (FR)

(72) Inventeurs:

- **DOMPNIER, Rémi**
06156 CANNES LA BOCCA Cedex (FR)
- **SACCONE, Giacomo**
06156 CANNES LA BOCCA Cedex (FR)

(56) Documents cités:
EP-A2- 3 553 420 WO-A1-2013/034170
WO-A1-2020/075148 US-B1- 11 022 378

EP 4 108 917 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 se situe dans le domaine du contrôle thermique d'ensembles d'équipements dissipatifs. L'invention se rapporte à un dispositif et procédé de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique. Elle est décrite dans le domaine d'engin spatial de type satellite mais elle s'applique à n'importe quel système de boucle fluide diphasique à pompage mécanique.

[0002] Traditionnellement, une boucle fluide diphasique à pompage mécanique comprend un circuit fermé dans lequel circule un fluide caloporteur, un évaporateur, à travers lequel le fluide circule et s'évapore jusqu'à un état partiellement gazeux (dit diphasique) sous l'effet de l'énergie apportée par les équipements dissipatifs, un condenseur, à travers lequel le fluide sous forme partiellement gazeuse circule en entrée se transforme en fluide liquide, une pompe, disposée entre la sortie du condenseur et l'entrée de l'évaporateur, destinée à mettre en mouvement le fluide dans le circuit fermé depuis l'évaporateur vers le condenseur sous forme partiellement gazeuse et depuis le condenseur vers l'évaporateur sous forme liquide, un réservoir de fluide relié au circuit fermé, destiné à compenser les variations de volume de fluide dans le circuit fermé.

[0003] En thermodynamique, le terme saturation définit une condition dans laquelle un mélange de vapeur et de liquide peut exister ensemble à une température et une pression données. La température à laquelle la vaporisation (ébullition) commence à se produire pour une pression donnée est appelée température de saturation ou point d'ébullition. La pression à laquelle la vaporisation (ébullition) commence à se produire pour une température donnée s'appelle la pression de saturation. Lorsque la qualité de la vapeur est égale à 0, on parle d'état de liquide saturé. Quand la qualité de la vapeur est égale à 1, on parle d'état de vapeur saturé. Entre ces deux états, on parle de mélange vapeur-liquide. A pression constante, un apport d'énergie ne modifie pas la température du mélange mais la qualité de la vapeur. Les paramètres auxquels la saturation d'un fluide prédéfini se produit sont tabulés dans des tables de vapeur, et connus de l'Homme du métier. Dans un diagramme de phase, dans les régions à deux phases, notamment à proximité des frontières des phases vapeur/liquide, la spécification de la température seule définit la pression et la pression spécifie la température. En d'autres termes, il y a un lien entre pression et température de saturation. Dans la suite, lorsque l'on parle de contrôle de la température de saturation, on doit comprendre contrôle de la pression et inversement.

[0004] Le sous-refroidissement est la différence entre la température du fluide liquide et la température de saturation (fixée par la pression).

[0005] Le besoin est de contrôler une telle boucle fluide diphasique afin de respecter certaines contraintes opérationnelles des équipements dissipatifs installés et des

sous-systèmes constitutifs de la boucle.

[0006] Plus précisément, un des organes critiques d'une boucle à pompage mécanique est sa pompe. Afin de garantir son bon fonctionnement sur la durée de vie du satellite, la pompe doit fonctionner avec un fluide liquide uniquement (sans NCG -gaz non condensables- et NH₃ vapeur) et avec un niveau de sous-refroidissement suffisamment élevé pour supprimer tout risque de cavitation. Nous parlerons donc dans la suite du document que le paramètre critique est le sous-refroidissement minimum.

[0007] Par ailleurs, d'autres éléments doivent eux aussi fonctionner avec un niveau de sous-refroidissement minimum pour ne pas subir le phénomène de cavitation (restricteurs, gas trap). Par souci de simplicité seul l'exemple de la pompe sera traité ici.

[0008] Les équipements dissipatifs ont eux aussi certaines contraintes opérationnelles, une température maximale mais aussi une limitation sur les cycles thermiques qu'ils subissent (en nombre et en amplitude) afin de limiter les phénomènes de fatigue de leurs constituants.

[0009] Dans l'art antérieur connu, le contrôle de la pression dans la boucle fluide est réalisé par un contrôle très simple qui consiste à fixer un niveau de pression de la boucle à une valeur maximale contrainte par la limite en température des équipements dissipatifs installés sur le satellite. Selon la pression de régulation, la boucle fluide est soit monophasique soit diphasique.

[0010] L'art antérieur est exemplifié par WO 2013/034170. 11

[0011] Pour les boucles monophasiques, les défauts sont les suivants. Le débit doit être très élevé pour transporter toute la puissance sans atteindre la saturation du fluide et rester dans une plage de température compatible des équipements du satellite. Pour une même capacité de transport, la masse d'une telle boucle est donc bien plus élevée. En outre, une telle solution présente de fortes inhomogénéités en température le long des échangeurs puisque l'énergie des équipements dissipatifs est stockée sous forme d'écart de température.

[0012] Pour les boucles diphasiques, cette méthode ne garantit en rien le minimum de sous-refroidissement au niveau de la pompe, phénomène destructeur pour le sous-système. Cette solution ne garantit pas non plus une variation en température limitée au niveau des équipements des dissipatifs, pour éviter les problèmes de cyclage en température.

[0013] Un autre inconvénient est lié aux fortes contraintes thermoélastiques avec les composants en contact à la fois du fluide saturé et du fluide sous-refroidi. Une telle solution ne garantit pas non plus l'isothermicité entre les équipements situés en entrée d'évaporateur et ceux en sortie.

[0014] De plus la solution déjà existante réduit la plage d'efficacité du produit. Les solutions actuelles consistent à contrôler un niveau de saturation dans la boucle mais ne se focalisent pas sur les contraintes opérationnelles

du produit. Il en résulte un produit non optimisé vis-à-vis des contraintes opérationnelles. Une autre contrainte importante liée à un grand niveau de sous-refroidissement est représentée par les contraintes thermoélastiques au niveau des échangeurs.

[0015] L'invention vise à pallier tout ou partie des problèmes cités plus haut en proposant un contrôle d'une boucle fluide diphasique à pompage mécanique, notamment pour une application spatiale. Des lois de contrôles permettent de réguler de manière dynamique la pression au sein de la boucle afin d'ajuster la température de saturation pour limiter l'intensité de ses variations dans le temps ou la différence entre la température de saturation et la température liquide (le sous-refroidissement). L'invention propose notamment un contrôle de la boucle à pompage mécanique pour garantir les conditions de fluide uniquement liquide au niveau de la pompe (ou tout autre équipement nécessitant un minimum de sous-refroidissement), avec un niveau de sous-refroidissement suffisamment élevé pour supprimer tout risque de cavitation.

[0016] A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique, la boucle fluide diphasique à pompage mécanique comprenant :

- un circuit fermé dans lequel circule un fluide caloporteur;
- au moins un évaporateur comprenant une entrée et une sortie, à travers lequel le fluide circule depuis l'entrée de l'évaporateur sous forme liquide vers la sortie de l'évaporateur, l'évaporateur étant configuré pour transformer le fluide sous forme liquide en fluide sous forme partiellement gazeuse ;
- au moins un condenseur comprenant une entrée et une sortie, à travers lequel le fluide sous forme partiellement gazeuse circule depuis l'entrée du condenseur vers la sortie du condenseur, le condenseur étant configuré pour transformer le fluide sous forme partiellement gazeuse en fluide sous forme liquide;
- une pompe, disposée entre la sortie du condenseur et l'entrée de l'évaporateur, destinée à mettre en mouvement le fluide dans le circuit fermé depuis l'évaporateur vers le condenseur sous forme partiellement gazeuse et depuis le condenseur vers l'évaporateur sous forme liquide;
- un réservoir de fluide relié au circuit fermé, destiné à compenser les variations de volume de fluide dans le circuit fermé ;

le dispositif de contrôle étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- un dispositif de mesure de la température du fluide sous forme liquide apte à fournir une valeur mesurée de température du fluide sous forme liquide;
- un dispositif de mesure de la pression du fluide en un point du circuit fermé apte à fournir une valeur

mesurée de pression du fluide;

- un dispositif d'ajustement de la pression dans le circuit fermé ;
- un moyen d'asservissement du dispositif d'ajustement de la pression, ou de la température de saturation, en fonction de la valeur mesurée de pression du fluide, ou de température de saturation, et d'une valeur de consigne de pression, ou de température de saturation, ladite valeur de consigne de pression, ou de température de saturation, étant variable selon la valeur mesurée de température du fluide sous forme liquide et de la valeur maximale de température du réservoir ou de pression maximale dans le circuit sur une période préalablement définie.

[0017] Avantageusement, le dispositif de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'invention comprend en outre :

- un dispositif de mesure de la température du fluide dans le réservoir, apte à fournir une valeur mesurée de température du fluide dans le réservoir,
- un dispositif de chauffage du fluide dans le réservoir,

et dans lequel le moyen d'asservissement est configuré pour activer le dispositif de chauffage du fluide dans le réservoir, de sorte à piloter un écart entre la valeur mesurée de température du fluide sous forme liquide et la valeur mesurée de température du fluide dans le réservoir.

[0018] Avantageusement, le dispositif de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'invention comprend en outre :

- un calculateur d'un écart entre la valeur mesurée de la température de saturation, ou de la pression dans le circuit, et une valeur maximale de la température de saturation, ou de la pression dans le circuit fermé, préalablement définie,

et dans lequel le moyen d'asservissement est configuré pour activer le dispositif d'ajustement de la pression dans le circuit fermé si l'écart est supérieur à une valeur seuil préalablement définie.

[0019] Avantageusement, le dispositif de mesure de la température du fluide sous forme liquide est un capteur de température immergé dans le circuit fermé ou disposé sur une paroi extérieure du circuit fermé.

[0020] Avantageusement, le dispositif de mesure de la pression du fluide en un point du circuit fermé est un capteur de pression disposé dans le circuit fermé ou un capteur de température du fluide sous forme partiellement gazeuse disposé dans le circuit fermé entre la sortie de l'évaporateur et l'entrée du condenseur ou un capteur de température disposé sur le réservoir.

[0021] Avantageusement, le dispositif d'ajustement de

la pression dans le circuit fermé est un dispositif mécanique de contrôle de pression ou un dispositif de chauffage du fluide dans le réservoir.

[0022] L'invention concerne aussi un procédé de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique, la boucle fluide diphasique à pompage mécanique comprenant:

- un circuit fermé dans lequel circule un fluide caloporteur ;
- au moins un évaporateur comprenant une entrée et une sortie, à travers lequel le fluide circule depuis l'entrée de l'évaporateur sous forme liquide vers la sortie de l'évaporateur, l'évaporateur étant configuré pour transformer le fluide sous forme liquide en fluide sous forme partiellement gazeuse ;
- au moins un condenseur comprenant une entrée et une sortie, à travers lequel le fluide sous forme partiellement gazeuse circule depuis l'entrée du condenseur vers la sortie du condenseur, le condenseur étant configuré pour transformer le fluide sous forme partiellement gazeuse en fluide sous forme liquide ;
- une pompe, disposée entre la sortie du condenseur et l'entrée de l'évaporateur, destinée à mettre en mouvement le fluide dans le circuit fermé depuis l'évaporateur vers le condenseur sous forme partiellement gazeuse et depuis le condenseur vers l'évaporateur sous forme liquide ;
- un réservoir de fluide relié au circuit fermé, destiné à compenser les variations de volume de fluide dans le circuit fermé ;

le procédé de contrôle étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- une étape de mesure de la température du fluide sous forme liquide fournissant une valeur mesurée de température du fluide sous forme liquide ;
- une étape de mesure de la pression, ou de la température de saturation, du fluide du circuit fermé fournissant une valeur mesurée de pression du fluide, ou de la température de saturation ;
- une étape d'ajustement de la pression, ou de la température de saturation, dans le circuit fermé en fonction de la valeur mesurée de pression du fluide, ou de la température de saturation, et d'une valeur de consigne de pression, ou de température, ladite valeur de consigne de pression, ou de température, étant variable selon la valeur mesurée de température du fluide sous forme liquide et de la pression, ou température, de saturation sur une période préalablement définie.

[0023] Avantageusement, l'étape d'ajustement de la pression est réalisée par chauffage du fluide, ou par action mécanique, dans le réservoir, de sorte à piloter un écart entre la valeur mesurée de température du fluide sous forme liquide et une valeur mesurée de température

du fluide dans le réservoir.

[0024] Avantageusement, l'étape d'ajustement de la pression est réalisée si un écart entre la valeur mesurée de la température de saturation et une valeur maximale de la température de saturation préalablement définie est supérieur à une valeur seuil préalablement définie.

[0025] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

[0026] [Fig.1] La figure 1 représente schématiquement un dispositif de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'invention ;

[0027] [Fig.2] La figure 2 représente schématiquement un mode de réalisation d'un dispositif de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'invention ;

[0028] [Fig.3] La figure 3 représente une loi de contrôle du sous-refroidissement en fonction de la température du fluide liquide selon l'invention ;

[0029] [Fig.4] La figure 4 représente schématiquement un autre mode de réalisation d'un dispositif de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'invention ;

[0030] [Fig.5] La figure 5 représente l'évolution de la température de saturation en fonction du temps en un point de la boucle fluide diphasique, sans et avec un contrôle de la variation en température dans le temps selon l'invention ;

[0031] [Fig.6] La figure 6 représente schématiquement un organigramme des étapes du procédé de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'invention.

[0032] Par souci de clarté, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures. Pour une meilleure visibilité et dans un souci de compréhension accrue, les éléments ne sont pas toujours représentés à l'échelle.

[0033] La figure 1 représente schématiquement un dispositif de contrôle 10 de la pression d'un fluide caloporteur dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'invention. La boucle fluide diphasique à pompage mécanique comprend un circuit fermé 11 dans lequel circule un fluide caloporteur 20. La boucle comprend au moins un évaporateur 12 comprenant une entrée 13 et une sortie 14, à travers lequel le fluide circule depuis l'entrée 13 de l'évaporateur 12 sous forme liquide 20-liq vers la sortie 14 de l'évaporateur 12, l'évaporateur 12 étant configuré pour transformer le fluide sous forme liquide 20-liq en fluide sous forme partiellement gazeuse 20-g. L'évaporateur est configuré pour récupérer, capter une certaine quantité d'énergie thermique extérieure à la boucle, notamment issue des équipements dissipatifs sur le satellite. Le fluide caloporteur 20, alors sous forme liquide 20-liq en entrée de l'évaporateur, reçoit cette énergie thermique et s'évapore partiellement pour se transformer en fluide sous forme partiellement gazeuse

20-g dans l'évaporateur, et quitter l'évaporateur en fluide sous forme partiellement gazeuse 20-g. La boucle comprend au moins un condenseur 15 comprenant une entrée 16 et une sortie 17, à travers lequel le fluide sous forme partiellement gazeuse 20-g circule depuis l'entrée 16 du condenseur 15 vers la sortie 17 du condenseur 15, le condenseur 15 étant configuré pour transformer le fluide sous forme partiellement gazeuse 20-g en fluide sous forme liquide 20-liq. Le condenseur est configuré pour restituer une certaine quantité d'énergie thermique vers l'extérieur de la boucle, par exemple vers l'espace froid autour du satellite. Le fluide caloporteur 20, alors sous forme partiellement gazeuse 20-g en entrée du condenseur, perd cette énergie thermique et se condense partiellement ou totalement pour se transformer en fluide sous forme liquide 20-liq dans le condenseur, et quitter le condenseur en fluide sous forme liquide ou diphasique 20-liq. La boucle comprend une pompe 18, disposée entre la sortie 17 du condenseur 15 et l'entrée 13 de l'évaporateur 12, destinée à mettre en mouvement le fluide dans le circuit fermé 11 depuis l'évaporateur 12 vers le condenseur 15 sous forme partiellement gazeuse 20-g, et depuis le condenseur 15 vers l'évaporateur 12 sous forme liquide 20-liq. Enfin, la boucle comprend un réservoir de fluide 19 relié au circuit fermé 11, destiné à compenser les variations de volume de fluide dans le circuit fermé 11, en lien avec la quantité de vapeur, due à l'évaporation, présente dans le circuit fermé.

[0034] Selon l'invention, le dispositif de contrôle 10 comprend un dispositif de mesure 21 de la température du fluide sous forme liquide 20-liq apte à fournir une valeur mesurée 22 de température du fluide sous forme liquide, un dispositif de mesure 23 de la pression du fluide en un point du circuit fermé 11 apte à fournir une valeur mesurée 24 de pression du fluide, un dispositif d'ajustement 25 de la pression dans le circuit fermé 11, un moyen d'asservissement 26 du dispositif d'ajustement 25 de la pression en fonction de la valeur mesurée 24 de pression du fluide et d'une valeur de consigne Pcons de pression, ladite valeur de consigne de pression Pcons étant variable selon les valeurs mesurées 22 et 24 respectivement de température du fluide sous forme liquide 20-liq et de pression dans la boucle.

[0035] Le dispositif selon l'invention permet ainsi une régulation dynamique de la pression au sein de la boucle afin d'ajuster la différence entre la température de saturation (fonction de la pression interne dans la boucle) et la température du fluide sous forme liquide en amont de la pompe. En effet, le dispositif d'ajustement 25 de la pression dans le circuit fermé 11 est activé selon la valeur 24 de la pression mesurée du fluide et une valeur de consigne Pcons, et la valeur de consigne Pcons de la pression (objectif) n'est pas une valeur fixe mais dépend de la valeur 22 de la température du fluide sous forme liquide 20-liq.

[0036] La figure 2 représente schématiquement un mode de réalisation d'un dispositif de contrôle 50 de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à

pompage mécanique selon l'invention. Dans ce mode de réalisation, le dispositif de contrôle 50 comprend un dispositif de mesure 28 de la température du fluide dans le réservoir 19, apte à fournir une valeur mesurée 29 de température du fluide dans le réservoir 19, et un dispositif de chauffage 30 du fluide dans le réservoir 19. Dans ce mode de réalisation où le contenu du réservoir est diphasique, la température du réservoir 19 est directement liée à la température de saturation, elle-même reliée la pression dans le circuit 11. De plus, le moyen d'asservissement 26 est configuré pour activer le dispositif de chauffage du fluide dans le réservoir 19, de sorte à piloter un écart entre la valeur mesurée 22 de température du fluide sous forme liquide 20-liq et la valeur mesurée 29 de température du fluide dans le réservoir 19. Ce mode de réalisation permet de piloter l'écart de température entre la température du fluide et la température du réservoir.

[0037] Il en résulte une régulation de l'écart entre la température de saturation et la température du fluide sous forme liquide. On parle aussi de loi de contrôle du sous-refroidissement. Cette loi de régulation permet de supprimer le risque de cavitation et présence de bulles au niveau de la pompe ou tout autre organe sensible.

[0038] La figure 3 représente une loi de contrôle du sous-refroidissement (axe des ordonnées) en fonction de la température du fluide liquide (axe des abscisses) selon l'invention. Le sous-refroidissement quantifie un écart entre la température de saturation et la température du fluide. A une température de fluide donnée (par exemple T_α), un niveau de sous-refroidissement (niveau α) est attribué. Dans notre mode de réalisation le fluide utilisé est de l'ammoniac. Dans ce cas, le besoin en sous-refroidissement augmente lorsque la température du fluide diminue car la solubilité des gaz non-condensables (NCG) diminue lorsque la température diminue. Ainsi la loi permet de garantir que les bulles de NCG sont bien dissoutes. Le choix des niveaux α et β est basé sur le sous-refroidissement nécessaire pour éliminer le risque de cavitation au niveau de la pompe et ou autres composants sensibles, ainsi que sur le volume de la boucle, la quantité de NCG estimée dans la boucle, la plage de fonctionnement en température. La courbe représentée sur la figure 3 est un exemple de courbe pour la loi de sous-refroidissement. Cette courbe est déterminée expérimentalement sur la base d'une pluralité de mesures de températures et correspond à un fluide caloporteur donné et un ensemble d'équipements donné. Le contrôle du sous-refroidissement est réalisé par le chauffage du fluide dans le réservoir pour piloter l'écart entre la température du fluide dans le réservoir donc la pression et le niveau de saturation dans la boucle et la température du fluide sous forme liquide, c'est-à-dire l'écart de température entre l'entrée de la pompe et le réservoir.

[0039] La figure 4 représente schématiquement un autre mode de réalisation d'un dispositif de contrôle 60 de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'invention. Dans ce mode de réalisation, le dispositif de contrôle 60 com-

prend en outre un calculateur 40 d'un écart 41 entre la valeur mesurée 24 de la pression dans le circuit 11 à un instant t et une valeur maximale 42 de la pression dans le circuit 11 mesurée sur une période préalablement définie. Le moyen d'asservissement 26 est configuré pour activer le dispositif d'ajustement 25 de la pression dans le circuit fermé 11 si l'écart 41 est supérieur à une valeur seuil 43 préalablement définie. Ce mode de réalisation permet d'enclencher une mise en pression du fluide dans le circuit fermé 11 pour limiter la variation de la température de saturation. Tout ce processus de contrôle peut être réalisé sur la base de températures de saturation au lieu de pressions.

[0040] Il en résulte un contrôle de l'amplitude de variation de la pression et donc de la température de saturation sur une période donnée. L'objectif est de limiter la hauteur de variation de la température de saturation sur une période définie pour limiter les cyclages thermiques des équipements dissipatifs.

[0041] La figure 5 représente l'évolution de la température de saturation (axe des ordonnées) en fonction du temps (axe des abscisses) en un point de la boucle fluide diphasique, sans (partie gauche de la figure) et avec (partie droite de la figure) un contrôle de la variation en température dans le temps selon l'invention.

[0042] La température des équipements est très liée à la température de saturation (fixée par la pression) dans la boucle. Les variations d'environnement du satellite génèrent des variations de température de saturation et donc de température au niveau des équipements dissipatifs. Ces variations peuvent poser des problèmes de fatigue dus aux nombreux cyclages sur la durée de vie du satellite. Ce phénomène est représenté sur la courbe à gauche de la figure 5. Sans contrôle de la variation en température dans le temps, on voit que la température de saturation oscille entre une valeur maximale 42 et des valeurs minimales. Dans ce cas, l'écart 44 entre la température de saturation et la valeur maximale peut être très important.

[0043] La solution innovante de l'invention est une loi qui limite la variation de la température de saturation sur une période donnée. Par exemple, sur une certaine période, la température maximale du fluide dans le réservoir est observée. C'est ainsi que l'on peut déterminer la valeur maximale 42. Une valeur seuil 43 entre la valeur mesurée 29 de la température du fluide dans le réservoir (température de saturation) et la valeur maximale 42 est définie. La valeur seuil 43 est choisie en fonction des contraintes de fatigue des équipements dissipatifs. La durée glissante sur laquelle ce contrôle est effectué dépend du type de satellite de son orbite et des équipements dissipatifs à contrôler. Une fois la valeur seuil 43 et la valeur maximale 42 définies, le dispositif de contrôle 60 est configuré pour observer à intervalles réguliers, la température du réservoir actuelle 29 et déterminer si l'écart actuel 41 entre la température du réservoir actuelle 29 et la température maximale 42 est inférieur à la valeur seuil 43. S'il est inférieur, cela signifie que la tem-

pérature du réservoir 29 actuelle se situe dans la zone acceptable de température. S'il est supérieur, afin d'éviter de trop grandes variations thermiques dans la boucle, le dispositif d'ajustement 25 de la pression dans le circuit fermé 11 est activé. Autrement dit, la pressurisation dans la boucle est activée.

[0044] Avantageusement, le dispositif de mesure 21 de la température du fluide sous forme liquide 20-liq est un capteur de température immergé dans le circuit fermé 11 ou disposé sur une paroi extérieure du circuit fermé 11.

[0045] Avantageusement, le dispositif de mesure 23 de la pression du fluide en un point du circuit fermé 11 est un capteur de pression disposé dans le circuit fermé 11, à n'importe quel endroit du circuit fermé 11, ou un capteur de température du fluide sous forme partiellement gazeuse 20-g disposé dans le circuit fermé 11 entre la sortie 14 de l'évaporateur 12 et l'entrée 16 du condenseur 15, c'est-à-dire dans la zone dite diphasique, ou encore, dans le cas de l'utilisation d'un réservoir diphasique 19, un capteur de température du fluide dans le réservoir 19 du circuit 11.

[0046] Avantageusement, le dispositif d'ajustement 25 de la pression dans le circuit fermé 11 est un dispositif mécanique de contrôle de pression, par exemple un piston ou une membrane, ou un dispositif de chauffage du fluide dans le réservoir 19.

[0047] La figure 6 représente schématiquement un organigramme des étapes du procédé de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'invention. Le procédé de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique telle que décrite précédemment, comprend les étapes suivantes :

- une étape 101 de mesure de la température du fluide sous forme liquide 20-liq fournissant une valeur mesurée 22 de température du fluide sous forme liquide;
- une étape 102 de mesure de la pression ou de la température de saturation du fluide du circuit fermé fournissant une valeur mesurée 24 de pression du fluide ou de la température de saturation 29. Cette valeur 29 est stockée sur une période donnée. Le maximum de la valeur 29 sur cette période donnée est la valeur maximale 42.
- une étape 103 d'ajustement de la pression ou de la température de saturation dans le circuit fermé en fonction de la valeur mesurée 24 de pression du fluide ou de la température de saturation et d'une valeur de consigne P_{cons} de pression ou T_{cons} de température, ladite valeur de consigne P_{cons} de pression ou T_{cons} de température étant variable selon la valeur mesurée 22 de température du fluide sous forme liquide et de la pression ou température de saturation maximale 42 sur une période donnée.

[0048] Les étapes 101 et 102 de mesure de tempéra-

ture et pression peuvent être réalisées simultanément ou séquentiellement.

[0049] Dans un mode de réalisation du procédé de l'invention, l'étape 103 d'ajustement de la pression est réalisée par chauffage 104 du fluide, ou par action mécanique, dans le réservoir 19, de sorte à piloter un écart entre la valeur mesurée 22 de température du fluide sous forme liquide et des valeurs mesurées 29 et 42 de température du fluide dans le réservoir diphasique 19.

[0050] Dans un autre mode de réalisation de l'invention, en complément ou alternativement du mode de réalisation précédent, l'étape 103 d'ajustement de la pression est réalisée si un écart 41 entre la valeur mesurée 22 de la température du fluide sous forme liquide et une valeur maximale 42 de la température du fluide dans le réservoir diphasique 19 préalablement définie est supérieure à une valeur seuil 43 préalablement définie.

[0051] Grâce à l'invention, la régulation se base directement sur des paramètres mis en jeu dans les contraintes opérationnelles des équipements dissipatifs ou du satellite lui-même. La solution propose ainsi une régulation qui garantit la bonne santé de la boucle fluide mais aussi des équipements dissipatifs tout en optimisant les capacités de transport thermique du système.

[0052] L'invention assure un contrôle dynamique de la saturation dans la boucle fluide. On parle de contrôle actif car l'ajustement de la pression dans le circuit fermé se fait en temps réel en fonction des paramètres observés et des valeurs de consigne des lois implémentées.

[0053] L'invention permet aussi de réaliser un contrôle dynamique du sous-refroidissement en pilotant un écart entre la température actuelle du fluide sous forme liquide et celle du fluide dans le réservoir. Ce contrôle dynamique du sous-refroidissement est réalisé par réchauffage du fluide dans le réservoir, non pas de manière constante, mais en adéquation avec la température du fluide sous forme liquide dans le circuit fermé.

[0054] L'invention permet en outre de contrôler l'amplitude du cyclage en température des équipements.

[0055] Enfin, l'invention assure un contrôle actif du niveau de solubilité des NCG grâce à la prise en compte du sous-refroidissement.

[0056] Il apparaîtra plus généralement à l'Homme du métier que diverses modifications peuvent être apportées aux modes de réalisation décrits ci-dessus, à la lumière de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.

Revendications

1. Dispositif de contrôle (10, 50, 60) de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique, la boucle fluide diphasique à pompage mécanique comprenant :

- un circuit fermé (11) dans lequel circule un fluide caloporteur (20);
- au moins un évaporateur (12) comprenant une

entrée (13) et une sortie (14), à travers lequel le fluide circule depuis l'entrée (13) de l'évaporateur (12) sous forme liquide (20-liq) vers la sortie (14) de l'évaporateur (12), l'évaporateur (12) étant configuré pour transformer le fluide sous forme liquide (20-liq) en fluide sous forme partiellement gazeuse (20-g) ;

- au moins un condenseur (15) comprenant une entrée (16) et une sortie (17), à travers lequel le fluide sous forme partiellement gazeuse (20-g) circule depuis l'entrée (16) du condenseur (15) vers la sortie (17) du condenseur (15), le condenseur (15) étant configuré pour transformer le fluide sous forme partiellement gazeuse (20-g) en fluide sous forme liquide (20-liq);

- une pompe (18), disposée entre la sortie (17) du condenseur (15) et l'entrée (13) de l'évaporateur (12), destinée à mettre en mouvement le fluide dans le circuit fermé (11) depuis l'évaporateur (12) vers le condenseur (15) sous forme partiellement gazeuse (20-g) et depuis le condenseur (15) vers l'évaporateur (12) sous forme liquide (20-liq);

- un réservoir de fluide (19) relié au circuit fermé (11), destiné à compenser les variations de volume de fluide dans le circuit fermé (11) ;

le dispositif de contrôle (10) comprenant

- un dispositif de mesure (21) de la température du fluide sous forme liquide (20-liq) apte à fournir une valeur mesurée (22) de température du fluide sous forme liquide;

- un dispositif de mesure (23) de la pression du fluide en un point du circuit fermé (11) apte à fournir une valeur mesurée (24) de pression du fluide;

- un dispositif d'ajustement (25) de la pression dans le circuit fermé (11) ;

- un moyen d'asservissement (26) du dispositif d'ajustement (25) de la pression, ou de la température de saturation, en fonction de la valeur mesurée (24, 29) de pression du fluide, ou de température de saturation, et d'une valeur de consigne (Pcons, Tcons) de pression, ou de température de saturation, 2. **caractérisé en ce que** ladite valeur de consigne de pression (Pcons), ou de température de saturation (Tcons), étant variable selon la valeur mesurée (22) de température du fluide sous forme liquide (20-liq) et d'une valeur maximale (42) de température du réservoir (19) ou de pression maximale dans le circuit fermé (11) sur une période préalablement définie.

2. Dispositif de contrôle (50) de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon la revendication 1, comprenant en

autre :

- un dispositif de mesure (28) de la température du fluide dans le réservoir (19), apte à fournir une valeur mesurée (29) de température du fluide dans le réservoir (19),
- un dispositif de chauffage (30) du fluide dans le réservoir (19),

et dans lequel le moyen d'asservissement (26) est configuré pour activer le dispositif de chauffage du fluide dans le réservoir (19), de sorte à piloter un écart entre la valeur mesurée (22) de température du fluide sous forme liquide (20-liq) et la valeur mesurée (29) de température du fluide dans le réservoir (19).

3. Dispositif de contrôle (60) de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon la revendication 1 ou 2, comprenant en outre :

- un calculateur (40) d'un écart (41) entre la valeur mesurée (29, 24) de la température de saturation, ou de la pression dans le circuit fermé (11), et une valeur maximale (42) de la température de saturation, ou de la pression dans le circuit fermé (11), préalablement définie,

et dans lequel le moyen d'asservissement (26) est configuré pour activer le dispositif d'ajustement (25) de la pression dans le circuit fermé (11) si l'écart (41) est supérieur à une valeur seuil (43) préalablement définie.

4. Dispositif de contrôle (10, 50, 60) de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le dispositif de mesure (21) de la température du fluide sous forme liquide (20-liq) est un capteur de température immergé dans le circuit fermé (11) ou disposé sur une paroi extérieure du circuit fermé (11).

5. Dispositif de contrôle (10, 50, 60) de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le dispositif de mesure (23) de la pression du fluide en un point du circuit fermé (11) est un capteur de pression disposé dans le circuit fermé (11) ou un capteur de température du fluide sous forme partiellement gazeuse (20-g) disposé dans le circuit fermé (11) entre la sortie (14) de l'évaporateur (12) et l'entrée (16) du condenseur (15) ou un capteur de température disposé sur le réservoir (19).

6. Dispositif de contrôle (10, 50, 60) de la pression d'un

fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le dispositif d'ajustement (25) de la pression dans le circuit fermé (11) est un dispositif mécanique de contrôle de pression ou un dispositif de chauffage du fluide dans le réservoir (19).

7. Procédé de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique, la boucle fluide diphasique à pompage mécanique comprenant:

- un circuit fermé (11) dans lequel circule un fluide caloporteur (20);
- au moins un évaporateur (12) comprenant une entrée (13) et une sortie (14), à travers lequel le fluide circule depuis l'entrée (13) de l'évaporateur (12) sous forme liquide (20-liq) vers la sortie (14) de l'évaporateur (12), l'évaporateur (12) étant configuré pour transformer le fluide sous forme liquide (20-liq) en fluide sous forme partiellement gazeuse (20-g) ;
- au moins un condenseur (15) comprenant une entrée (16) et une sortie (17), à travers lequel le fluide sous forme partiellement gazeuse (20-g) circule depuis l'entrée (16) du condenseur (15) vers la sortie (17) du condenseur (15), le condenseur (15) étant configuré pour transformer le fluide sous forme partiellement gazeuse (20-g) en fluide sous forme liquide (20-liq);
- une pompe (18), disposée entre la sortie (17) du condenseur (15) et l'entrée (13) de l'évaporateur (12), destinée à mettre en mouvement le fluide dans le circuit fermé (11) depuis l'évaporateur (12) vers le condenseur (15) sous forme partiellement gazeuse (20-g) et depuis le condenseur (15) vers l'évaporateur (12) sous forme liquide (20-liq);
- un réservoir de fluide (19) relié au circuit fermé (11), destiné à compenser les variations de volume de fluide dans le circuit fermé (11) ;
- une étape (101) de mesure de la température du fluide sous forme liquide (20-liq) fournissant une valeur mesurée (22) de température du fluide sous forme liquide;
- une étape (102) de mesure de la pression, ou de la température de saturation, du fluide du circuit fermé fournissant une valeur mesurée (24) de pression du fluide, ou de la température de saturation (29);
- une étape (103) d'ajustement de la pression, ou de la température de saturation, dans le circuit fermé en fonction de la valeur mesurée (24) de pression du fluide, ou de la température de saturation, et d'une valeur de consigne (Pcons, Tcons) de pression, ou de température, ladite valeur de consigne (Pcons, Tcons) de pression, ou de température, étant variable selon la valeur

mesurée (22) de température du fluide sous forme liquide et de la pression, ou température, de saturation sur une période préalablement définie.

8. Procédé de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon la revendication 7, dans lequel l'étape (103) d'ajustement de la pression est réalisée par chauffage (104) du fluide, ou par action mécanique, dans le réservoir (19), de sorte à piloter un écart entre la valeur mesurée (22) de température du fluide sous forme liquide et une valeur mesurée (29) de température du fluide dans le réservoir (11).

9. Procédé de contrôle de la pression d'un fluide dans une boucle fluide diphasique à pompage mécanique selon l'une des revendications 7 ou 8, dans lequel l'étape (103) d'ajustement de la pression est réalisée si un écart (41) entre la valeur mesurée (29) de la température de saturation et une valeur maximale (42) de la température de saturation préalablement définie est supérieur à une valeur seuil (43) préalablement définie.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10, 50, 60) zum Steuern des Drucks eines Fluids in einer mechanisch gepumpten Zweiphasen-Fluidschleife, wobei die mechanisch gepumpte Zweiphasen-Fluidschleife Folgendes umfasst:

- einen geschlossenen Kreislauf (11), in dem ein Wärmeträgerfluid (20) zirkuliert;
- mindestens einen Verdampfer (12) umfassend einen Einlass (13) und einen Auslass (14), durch den das Fluid vom Einlass (13) des Verdampfers (12) in flüssiger Form (20-liq) zum Auslass (14) des Verdampfers (12) zirkuliert, wobei der Verdampfer (12) zum Umwandeln des Fluids in flüssiger Form (20-liq) in ein Fluid in teilweise gasförmiger Form (20-g) konfiguriert ist;
- mindestens einen Kondensator (15) umfassend einen Einlass (16) und einen Auslass (17), durch den das Fluid in teilweise gasförmiger Form (20-g) vom Einlass (16) des Kondensators (15) zum Auslass (17) des Kondensators (15) zirkuliert, wobei der Kondensator (15) zum Umwandeln des Fluids in teilweise gasförmiger Form (20-g) in ein Fluid in flüssiger Form (20-liq) konfiguriert ist;
- eine Pumpe (18), die zwischen dem Auslass (17) des Kondensators (15) und dem Einlass (13) des Verdampfers (12) angeordnet ist, die dazu dient, das Fluid im geschlossenen Kreislauf (11) vom Verdampfer (12) zum Kondensa-

tor (15) in teilweise gasförmiger Form (20-g) und vom Kondensator (15) zum Verdampfer (12) in flüssiger Form (20-liq) zu bewegen;

- ein Fluidreservoir (19), das mit dem geschlossenen Kreislauf (11) verbunden ist, das dazu dient, Änderungen des Fluidvolumens im geschlossenen Kreislauf (11) zu kompensieren;

wobei die Steuervorrichtung (10) Folgendes umfasst:

- eine Vorrichtung (21) zum Messen der Temperatur des Fluids in flüssiger Form (20-liq), die geeignet ist, einen Messwert (22) einer Temperatur des Fluids in flüssiger Form bereitzustellen;
- eine Vorrichtung (23) zum Messen des Fluiddrucks an einem Punkt des geschlossenen Kreislaufs (11), die geeignet ist, einen Messwert (24) eines Drucks des Fluids bereitzustellen;
- eine Vorrichtung (25) zum Einstellen des Drucks in dem geschlossenen Kreislauf (11);
- ein Regelungsmittel (26) für die Vorrichtung (25) zum Einstellen des Drucks oder der Sättigungstemperatur in Abhängigkeit vom Messwert (24, 29) des Fluiddrucks oder der Sättigungstemperatur und von einem Sollwert (Pcons, Tcons) des Drucks oder der Sättigungstemperatur, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sollwert des Drucks (Pcons) oder der Sättigungstemperatur (Tcons) gemäß dem Messwert (22) der Temperatur des Fluids in flüssiger Form (20-liq) und eines Maximalwerts (42) der Temperatur des Reservoirs (19) oder des Maximaldrucks in dem geschlossenen Kreislauf (11) über eine zuvor definierte Periode variabel ist.

2. Vorrichtung (50) zum Steuern des Drucks eines Fluids in einer mechanisch gepumpten Zweiphasen-Fluidschleife nach Anspruch 1, die ferner Folgendes umfasst:

- eine Vorrichtung (28) zum Messen der Temperatur des Fluids in dem Reservoir (19), die geeignet ist, einen Messwert (29) der Temperatur des Fluids in dem Reservoir (19) bereitzustellen,
- eine Vorrichtung (30) zum Erwärmen des Fluids in dem Reservoir (19),

und wobei das Regelungsmittel (26) zum Aktivieren der Erwärmungsvorrichtung für das Fluid in dem Reservoir (19) konfiguriert ist, um eine Abweichung zwischen dem Messwert (22) der Temperatur des Fluids in flüssiger Form (20-liq) und dem Messwert (29) der Temperatur des Fluids in dem Reservoir (19) zu regeln.

3. Vorrichtung (60) zum Steuern des Drucks eines Fluids in einer mechanisch gepumpten Zweiphasen-Fluidschleife nach Anspruch 1 oder 2, die ferner Folgendes umfasst:

- einen Rechner (40) für eine Abweichung (41) zwischen dem Messwert (29, 24) der Sättigungstemperatur, oder des Drucks in dem geschlossenen Kreislauf (11), und einem zuvor definierten Maximalwert (42) der Sättigungstemperatur, oder des Drucks in dem geschlossenen Kreislauf (11),

und wobei das Regelungsmittel (26) zum Aktivieren der Vorrichtung (25) zum Einstellen des Drucks in dem geschlossenen Kreislauf (11) konfiguriert ist, wenn die Abweichung (41) größer als ein zuvor definierter Schwellenwert (43) ist.

4. Vorrichtung (10, 50, 60) zum Steuern des Drucks eines Fluids in einer mechanisch gepumpten Zweiphasen-Fluidschleife nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Vorrichtung (21) zum Messen der Temperatur des Fluids in flüssiger Form (20-liq) ein Temperatursensor ist, der in den geschlossenen Kreislauf (11) eingetaucht oder an einer Außenwand des geschlossenen Kreislaufs (11) angeordnet ist.

5. Vorrichtung (10, 50, 60) zum Steuern des Drucks eines Fluids in einer mechanisch gepumpten Zweiphasen-Fluidschleife nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Vorrichtung (23) zum Messen des Drucks des Fluids an einem Punkt des geschlossenen Kreislaufs (11) ein in dem geschlossenen Kreislauf (11) angeordneter Drucksensor oder ein Temperatursensor für das Fluid in teilweise gasförmiger Form (20-g) ist, der in dem geschlossenen Kreislauf (11) zwischen dem Auslass (14) des Verdampfers (12) und dem Einlass (16) des Kondensators (15) angeordnet ist, oder ein an dem Reservoir (19) angeordneter Temperatursensor ist.

6. Vorrichtung (10, 50, 60) zum Steuern des Drucks eines Fluids in einer mechanisch gepumpten Zweiphasen-Fluidschleife nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Vorrichtung (25) zum Einstellen des Drucks in dem geschlossenen Kreislauf (11) eine mechanische Drucksteuervorrichtung oder eine Vorrichtung zum Erwärmen des Fluids in dem Reservoir (19) ist.

7. Verfahren zum Steuern des Drucks eines Fluids in einer mechanisch gepumpten Zweiphasen-Fluidschleife, wobei die mechanisch gepumpte Zweiphasen-Fluidschleife Folgendes umfasst:

- einen geschlossenen Kreislauf (11), in dem ein Wärmeträgerfluid (20) zirkuliert;

- mindestens einen Verdampfer (12) umfassend einen Einlass (13) und einen Auslass (14), durch den das Fluid vom Einlass (13) des Verdampfers (12) in flüssiger Form (20-liq) zum Auslass (14) des Verdampfers (12) zirkuliert, wobei der Verdampfer (12) zum Umwandeln des Fluids in flüssiger Form (20-liq) in ein Fluid in teilweise gasförmiger Form (20-g) konfiguriert ist;

- mindestens einen Kondensator (15) umfassend einen Einlass (16) und einen Auslass (17), durch den das Fluid in teilweise gasförmiger Form (20-g) vom Einlass (16) des Kondensators (15) zum Auslass (17) des Kondensators (15) zirkuliert, wobei der Kondensator (15) zum Umwandeln des Fluids in teilweise gasförmiger Form (20-g) in ein Fluid in flüssiger (20-liq) konfiguriert ist;

- eine Pumpe (18), die zwischen dem Auslass (17) des Kondensators (15) und dem Einlass (13) des Verdampfers (12) angeordnet ist, die dazu dient, das Fluid im geschlossenen Kreislauf (11) vom Verdampfer (12) zum Kondensator (15) in teilweise gasförmiger Form (20-g) und vom Kondensator (15) zum Verdampfer (12) in flüssiger Form (20-liq) zu bewegen;

- ein Fluidreservoir (19), das mit dem geschlossenen Kreislauf (11) verbunden ist, das dazu dient, die Änderungen eines Fluidvolumens im geschlossenen Kreislauf (11) zu kompensieren;

- einen Schritt (101) des Messens der Temperatur des Fluids in flüssiger Form (20-liq), der einen Messwert (22) der Temperatur des Fluids in flüssiger Form bereitstellt;

- einen Schritt (102) des Messens des Drucks oder der Sättigungstemperatur des Fluids in dem geschlossenen Kreislauf, der einen Messwert (24) des Drucks des Fluids oder der Sättigungstemperatur (29) bereitstellt;

- einen Schritt (103) des Einstellens des Drucks oder der Sättigungstemperatur in dem geschlossenen Kreislauf in Abhängigkeit vom Messwert (24) des Fluiddrucks oder der Sättigungstemperatur und von einem Sollwert (Pcons, Tcons) des Drucks, oder der Temperatur, wobei der Sollwert (Pcons, Tcons) des Drucks, oder der Temperatur, in Abhängigkeit vom Messwert (22) der Temperatur des Fluids in flüssiger Form und dem Sättigungsdruck oder der Sättigungstemperatur, über einen zuvor definierten Zeitraum variabel ist.

8. Verfahren zum Steuern des Drucks eines Fluids in einer mechanisch gepumpten Zweiphasen-Fluidschleife nach Anspruch 7, wobei der Schritt (103) des Einstellens des Drucks durch Erwärmen (104) des Fluids oder durch mechanische Einwirkung in dem Reservoir (19) durchgeführt wird, um eine Abweichung zwischen dem Messwert (22) der Tempe-

ratur des Fluids in flüssiger Form und einem Messwert (29) der Temperatur des Fluids in dem Reservoir (19) zu steuern.

9. Verfahren zum Steuern des Drucks eines Fluids in einer mechanisch gepumpten Zweiphasen-Fluidschleife nach einem von Ansprüchen 7 oder 8, wobei der Schritt (103) des Einstellens des Drucks durchgeführt wird, wenn eine Abweichung (41) zwischen dem Messwert (29) der Sättigungstemperatur und einem zuvor definierten Maximalwert (42) der Sättigungstemperatur größer ist als ein zuvor definierter Schwellenwert (43).

Claims

1. A device (10, 50, 60) for controlling the pressure of a fluid in a two-phase fluid loop with mechanical pumping, the two-phase fluid loop with mechanical pumping comprising:

- a closed circuit (11), through which a heat transfer fluid (20) flows;
- at least one evaporator (12) comprising an inlet (13) and an outlet (14), through which the fluid flows from the inlet (13) of the evaporator (12) in liquid form (20-liq) towards the outlet (14) of the evaporator (12), the evaporator (12) being configured to transform the fluid in liquid form (20-liq) into fluid in partially gaseous form (20-g);
- at least one condenser (15) comprising an inlet (16) and an outlet (17), through which the fluid in partially gaseous form (20-g) flows from the inlet (16) of the condenser (15) towards the outlet (17) of the condenser (15), the condenser (15) being configured to transform the fluid in partially gaseous form (20-g) into fluid in liquid form (20-liq);
- a pump (18), disposed between the outlet (17) of the condenser (15) and the inlet (13) of the evaporator (12), intended to move the fluid in the closed circuit (11) from the evaporator (12) towards the condenser (15) in partially gaseous form (20-g) and from the condenser (15) towards the evaporator (12) in liquid form (20-liq);
- a fluid reservoir (19) connected to the closed circuit (11), intended to compensate for the variations in the volume of fluid in the closed circuit (11);

the control device (10) comprising:

- a device (21) for measuring the temperature of the fluid in liquid form (20-liq) able to provide a measured value (22) of the temperature of the fluid in liquid form;
- a device (23) for measuring the pressure of the

fluid at a point of the closed circuit (11) able to provide a measured value (24) of the pressure of the fluid;

- a device (25) for adjusting the pressure in the closed circuit (11);
- a means (26) for controlling the device (25) for adjusting the pressure, or the saturation temperature, as a function of the measured value (24, 29) of the pressure of the fluid, or of the saturation temperature, and of a setpoint value (Pcons, Tcons) of the pressure, or of the saturation temperature, **characterised in that** said setpoint value of the pressure (Pcons), or of the saturation temperature (Tcons), is variable according to the measured value (22) of the temperature of the fluid in liquid form (20-liq) and of a maximum value (42) of the temperature of the reservoir (19) or of a maximum pressure in the closed circuit (11) over a previously defined period.

2. The device (50) for controlling the pressure of a fluid in a two-phase fluid loop with mechanical pumping according to claim 1, further comprising:

- a device (28) for measuring the temperature of the fluid in the reservoir (19), able to provide a measured value (29) of the temperature of the fluid in the reservoir (19),
- a device (30) for heating the fluid in the reservoir (19),

and wherein the control means (26) is configured to activate the device for heating the fluid in the reservoir (19), so as to control a deviation between the measured value (22) of the temperature of the fluid in liquid form (20-liq) and the measured value (29) of the temperature of the fluid in the reservoir (19).

3. The device (60) for controlling the pressure of a fluid in a two-phase fluid loop with mechanical pumping according to claim 1 or 2, further comprising:

- a computer (40) for computing a deviation (41) between the measured value (29, 24) of the saturation temperature, or of the pressure in the closed circuit (11), and a maximum value (42) of the previously defined saturation temperature, or of the pressure in the closed circuit (11),

and wherein the control means (26) is configured to activate the device (25) for adjusting the pressure in the closed circuit (11) if the deviation (41) is greater than a previously defined threshold value (43).

4. The device (10, 50, 60) for controlling the pressure of a fluid in a two-phase fluid loop with mechanical pumping according to any one of claims 1 to 3, wherein the device (21) for measuring the tempera-

ture of the fluid in liquid form (20-liq) is a temperature sensor immersed in the closed circuit (11) or disposed on an outer wall of the closed circuit (11).

5. The device (10, 50, 60) for controlling the pressure of a fluid in a two-phase fluid loop with mechanical pumping according to any one of claims 1 to 4, wherein the device (23) for measuring the pressure of the fluid at a point of the closed circuit (11) is a pressure sensor disposed in the closed circuit (11) or a temperature sensor of the fluid in partially gaseous form (20-g) disposed in the closed circuit (11) between the outlet (14) of the evaporator (12) and the inlet (16) of the condenser (15) or a temperature sensor disposed on the reservoir (19). 5 10 15
6. The device (10, 50, 60) for controlling the pressure of a fluid in a two-phase fluid loop with mechanical pumping according to any one of claims 1 to 5, wherein the device (25) for adjusting the pressure in the closed circuit (11) is a mechanical pressure control device or a device for heating the fluid in the reservoir (19). 20
7. A method for controlling the pressure of a fluid in a two-phase fluid loop with mechanical pumping, the two-phase fluid loop with mechanical pumping comprising: 25
- a closed circuit (11), through which a heat transfer fluid (20) flows; 30
- at least one evaporator (12) comprising an inlet (13) and an outlet (14), through which the fluid flows from the inlet (13) of the evaporator (12) in liquid form (20-liq) towards the outlet (14) of the evaporator (12), the evaporator (12) being configured to transform the fluid in liquid form (20-liq) into fluid in partially gaseous form (20-g); 35
- at least one condenser (15) comprising an inlet (16) and an outlet (17), through which the fluid in partially gaseous form (20-g) flows from the inlet (16) of the condenser (15) towards the outlet (17) of the condenser (15), the condenser (15) being configured to transform the fluid in partially gaseous form (20-g) into fluid in liquid form (20-liq); 40 45
- a pump (18), disposed between the outlet (17) of the condenser (15) and the inlet (13) of the evaporator (12), intended to move the fluid in the closed circuit (11) from the evaporator (12) towards the condenser (15) in partially gaseous form (20-g) and from the condenser (15) towards the evaporator (12) in liquid form (20-liq); 50
- a fluid reservoir (19) connected to the closed circuit (11), intended to compensate for the variations in the volume of fluid in the closed circuit (11); 55
- a step (101) of measuring the temperature of

the fluid in liquid form (20-liq), providing a measured value (22) of the temperature of the fluid in liquid form;

- a step (102) of measuring the pressure, or the saturation temperature, of the fluid of the closed circuit providing a measured value (24) of the pressure of the fluid, or of the saturation temperature (29);
 - a step (103) of adjusting the pressure, or the saturation temperature, in the closed circuit as a function of the measured value (24) of the pressure of the fluid, or of the saturation temperature, and of a setpoint value (Pcons, Tcons) of the pressure, or of the temperature, said setpoint value (Pcons, Tcons) of the pressure, or of the temperature, being variable according to the measured value (22) of the temperature of the fluid in liquid form and of the saturation pressure, or temperature, over a previously defined period.
8. The method for controlling the pressure of a fluid in a two-phase fluid loop with mechanical pumping according to claim 7, wherein the step (103) of adjusting the pressure is carried out by heating (104) the fluid, or by mechanical action, in the reservoir (19), so as to control a deviation between the measured value (22) of the temperature of the fluid in liquid form and a measured value (29) of the temperature of the fluid in the reservoir (19).
 9. The method for controlling the pressure of a fluid in a two-phase fluid loop with mechanical pumping according to any of claims 7 or 8, wherein the step (103) of adjusting the pressure is carried out if a deviation (41) between the measured value (29) of the saturation temperature and a maximum value (42) of the previously defined saturation temperature is greater than a previously defined threshold value (43).

[Fig. 1]

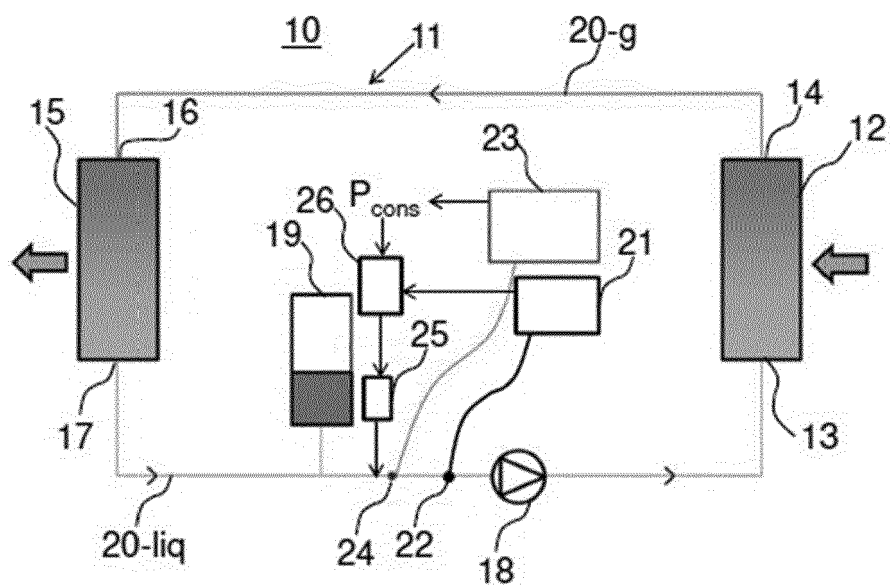


FIG. 1

[Fig. 2]

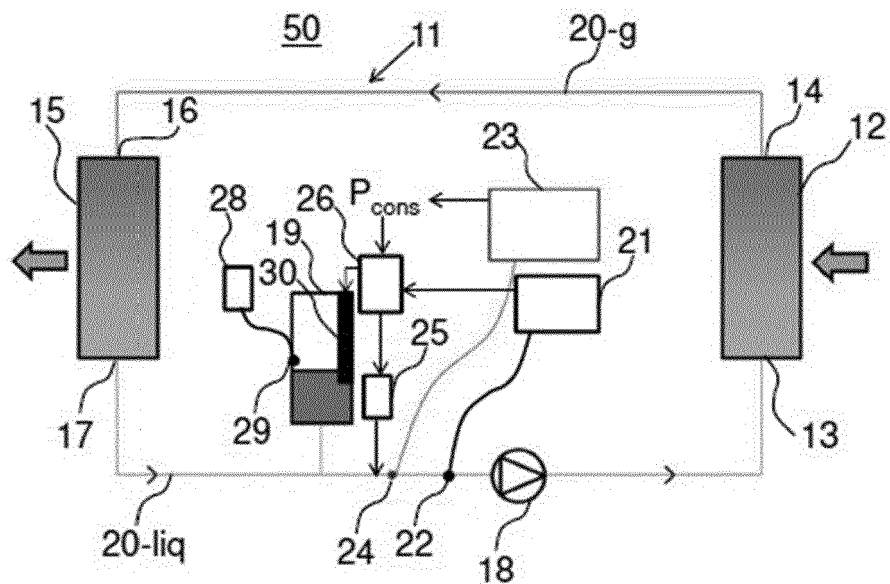


FIG. 2

[Fig. 3]

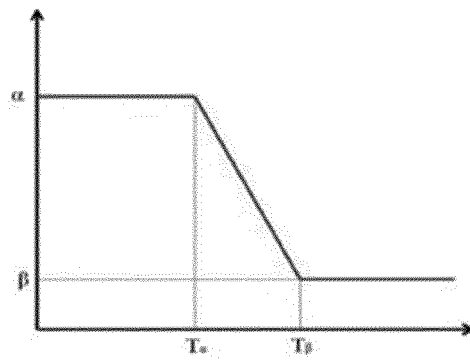


FIG. 3

[Fig. 4]

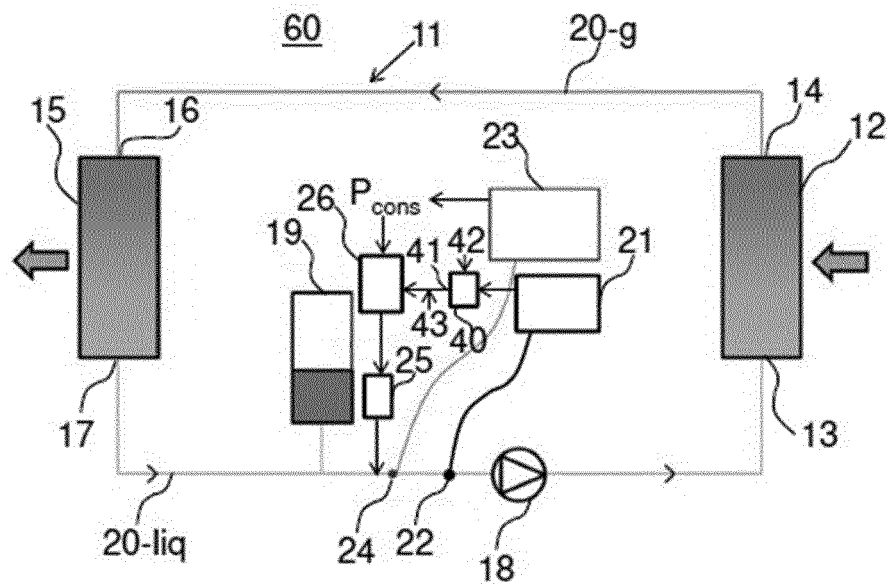


FIG. 4

[Fig. 5]

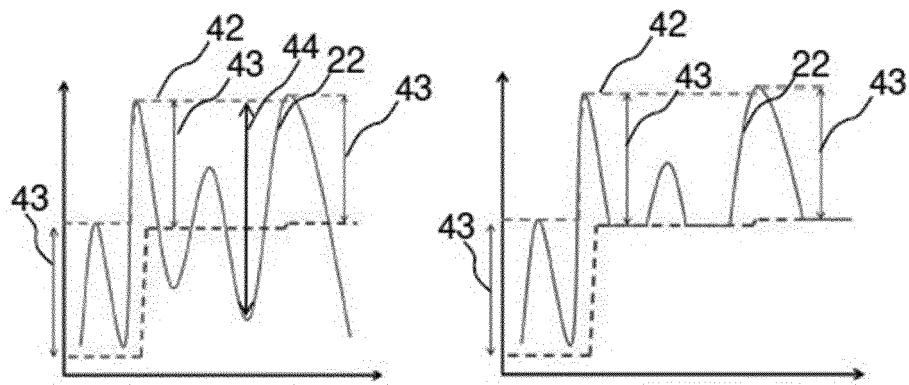


FIG. 5

[Fig. 6]

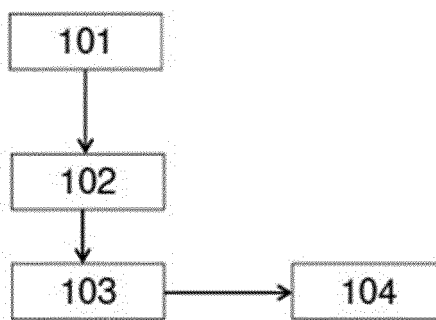


FIG. 6

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

- WO 2013034170 A [0010]