



(11) **EP 2 360 355 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
16.08.2017 Bulletin 2017/33

(51) Int Cl.:
F01K 23/06 ^(2006.01) **F01K 13/00** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11290052.7**

(22) Date de dépôt: **28.01.2011**

(54) **Dispositif de contrôle d'un fluide de travail à bas point de congélation circulant dans un circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine et procédé utilisant un tel dispositif**

Vorrichtung zur Steuerung eines in einem wie ein Rankinezyklus arbeitenden geschlossenen Kreislauf fließenden Arbeitsfluid mit niedrigem Gefrierpunkt und Verfahren unter Verwendung einer solchen Vorrichtung

Apparatus for controlling a working fluid with a low freezing point flowing through a closed cycle operating according to a Rankine cycle and method using such an apparatus

(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: **11.02.2010 FR 1000572**

(43) Date de publication de la demande:
24.08.2011 Bulletin 2011/34

(73) Titulaire: **IFP Énergies nouvelles
92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Ternel, Cyprien
92310 Sevres (FR)**
• **Leduc, Pierre
78650 Beynes (FR)**
• **Duparchy, Alexandre
75018 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
EP-A1- 1 806 533 EP-A1- 2 357 349
DE-A1- 10 228 868 GB-A- 750 071

EP 2 360 355 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 rapporte à un dispositif de contrôle d'un fluide de travail à bas point de congélation, en particulier de l'eau, contenu dans un circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine et à un procédé utilisant un tel dispositif.

[0002] Elle vise notamment l'association de ce dispositif à un moteur à combustion interne, en particulier pour véhicule automobile.

[0003] Comme cela est connu, le cycle de Rankine est un cycle thermodynamique à circuit fermé ayant pour particularité de faire appel à un changement de phase (liquide/vapeur) d'un fluide de travail.

[0004] Ce cycle se décompose généralement en une étape durant laquelle le fluide de travail utilisé, ici de l'eau sous forme liquide, est comprimée de manière isentropique, suivie d'une étape où cette eau comprimée est chauffée et vaporisée au contact d'une source de chaleur, cette vapeur d'eau est ensuite détendue, au cours d'une autre étape, de manière isentropique dans une machine de détente, puis, dans une dernière étape, cette vapeur détendue est refroidie et condensée au contact d'une source froide.

[0005] Pour réaliser ces différentes étapes, le circuit comprend une pompe volumétrique (ou compresseur) pour comprimer l'eau sous forme liquide, un échangeur de chaleur (ou évaporateur) qui est balayé par un fluide chaud pour réaliser la vaporisation au moins partielle de l'eau comprimé, une machine de détente pour détendre la vapeur, telle qu'une turbine, qui transforme l'énergie de cette vapeur en une autre énergie, comme une énergie mécanique ou électrique, et un autre échangeur de chaleur (ou condenseur) grâce auquel la chaleur contenue dans la vapeur est cédée à une source froide, généralement de l'air extérieur qui balaye ce condenseur, pour transformer cette vapeur en de l'eau sous forme liquide.

[0006] Il est également connu, notamment par le document FR 2 884 555, d'utiliser l'énergie calorifique véhiculée par les gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne, en particulier celui utilisé pour des véhicules automobiles, comme source chaude pour assurer le chauffage et la vaporisation du fluide traversant l'évaporateur.

[0007] Ceci permet d'améliorer l'efficacité énergétique de ce moteur en récupérant une grande partie de l'énergie perdue à l'échappement pour la transformer en une énergie qui peut être utilisée pour le véhicule automobile au travers du circuit à cycle de Rankine.

[0008] Le choix de ce fluide de travail, qui subit une succession de transformation de phase liquide/vapeur, est donc déterminant.

[0009] En effet, la courbe de saturation de ce fluide doit être optimisée en fonction de la température de la source chaude et de la source froide.

[0010] A ce titre, l'utilisation d'un fluide de travail aqueux dans un circuit à cycle de Rankine présente

l'avantage d'avoir des caractéristiques permettant d'obtenir une courbe de saturation maximale tout en présentant l'avantage d'être non dangereuse.

[0011] Cependant, l'eau a pour spécificité d'avoir un point de congélation à des températures basses (aux environs de 0°C) et il est habituel de lui ajouter des additifs antigel, comme du glycol, pour baisser ce point de congélation à des niveaux de températures acceptables, de l'ordre de -15 à -30°C.

[0012] L'ajout de tels additifs a pour inconvénients de changer les caractéristiques de l'eau, en particulier ses caractéristiques de vaporisation, et la source chaude provenant des gaz d'échappement peut s'avérer insuffisante pour réaliser de manière satisfaisante cette vaporisation.

[0013] De plus au fil du temps, cette eau additivée subit un vieillissement imprévisible au fur et à mesure des changements de phases liquide/vapeur. Ce vieillissement imprévisible peut entraîner des changements de phases incomplets de cette eau, ce qui génère un dysfonctionnement du circuit à cycle de Rankine.

[0014] Il est également connu, par la demande de brevet DE 102 28 868, un circuit dans lequel le réservoir de fluide de travail est placé entre le condenseur et la pompe. Il est également connu, par la demande de brevet intermédiaire EP-2357349, un circuit dans lequel le réservoir de fluide travail est placé dans un même module avec le vase d'expansion du fluide de refroidissement d'un moteur. Cette disposition a pour inconvénient, lors de températures ambiantes basses, d'entraîner le gel d'une très grande quantité de fluide contenu dans le réservoir, quantité qui est par suite difficile à dégeler pour pouvoir réaliser le fonctionnement du circuit.

[0015] La présente invention se propose de remédier aux inconvénients ci-dessus grâce à un dispositif et à un procédé qui limitent, voire empêchent, le gel du fluide de travail sans que cela entraîne une modification de ses caractéristiques de transformation de phase liquide/vapeur.

[0016] A cet effet, l'invention concerne un circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine comprenant un dispositif de contrôle du fluide de travail à bas point de congélation circulant dans ce circuit, ledit circuit comprenant une pompe de compression du fluide sous forme liquide, un échangeur de chaleur balayé par une source chaude pour l'évaporation dudit fluide, des moyens de détente du fluide sous forme vapeur, et un échangeur de refroidissement balayé par une source froide pour la condensation du fluide de travail, caractérisé en ce qu'il comprend un réservoir de réception du fluide pour la vidange dudit circuit et au moins une conduite portant une vanne pour relier le circuit audit réservoir et en ce que le réservoir comporte un système de chauffage placé dans ledit réservoir pour chauffer le fluide qui y est contenu.

[0017] Le réservoir peut être un réservoir calorifugé, un réservoir expansible, un réservoir comprenant une contenance plus grande que le volume du fluide contenu dans le circuit.

[0018] Le circuit peut comprendre une conduite pour la vidange du fluide du circuit dans le réservoir et une conduite pour le remplissage du circuit par le fluide de ce réservoir.

[0019] Au moins une des conduites peut comprendre une pompe de circulation de fluide.

[0020] Au moins une des conduites peut être reliée en un point d'une conduite de circulation entre la pompe de compression et l'échangeur de chaleur pour l'évaporation dudit fluide.

[0021] La conduite de circulation peut porter une vanne placée entre le point et l'échangeur de chaleur pour l'évaporation dudit fluide.

[0022] Préférentiellement, le fluide de travail peut être de l'eau dépourvue d'additif antigel.

[0023] La source chaude peut provenir des gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne.

[0024] L'invention concerne également un procédé de contrôle d'un circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine avec un fluide de travail à bas point de congélation, ledit circuit comprenant une pompe de compression du fluide sous forme liquide, un échangeur de chaleur balayé par une source chaude pour l'évaporation dudit fluide, des moyens de détente du fluide sous forme vapeur, et un échangeur de refroidissement balayé par une source froide pour la condensation du fluide de travail, caractérisé en ce qu'il consiste, lors de l'arrêt du fonctionnement du circuit, à transférer au moins une partie du fluide contenu dans ledit circuit vers un réservoir par au moins une conduite portant une vanne et à chauffer le fluide qui y est contenu par un système de chauffage placé dans ledit réservoir lorsque ledit fluide est susceptible d'y geler.

[0025] Le procédé peut consister à transférer le fluide vers le réservoir, lors de l'arrêt du fonctionnement du circuit, lorsque la température ambiante est inférieure à la température de congélation du fluide.

[0026] Le procédé peut consister à transférer le fluide contenu dans le réservoir vers le circuit lors de la mise en fonctionnement du circuit.

[0027] Le procédé peut consister à faire circuler le fluide dans une conduite reliant le circuit au réservoir sous l'action de la pompe de compression.

[0028] Le procédé peut consister à faire circuler le fluide dans une conduite reliant le circuit au réservoir sous l'action d'une pompe de circulation portée par ladite conduite.

[0029] Le procédé peut consister à transférer par gravité le fluide contenu dans le réservoir vers le circuit lors de la mise en fonctionnement du circuit.

[0030] Les autres caractéristiques et avantages de l'invention vont apparaître à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre uniquement illustratif et non limitatif, et à laquelle sont annexées :

- la figure 1 qui montre un dispositif de contrôle d'un circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine, et

- la figure 2 qui illustre une variante du dispositif de la figure 1.

[0031] Sur la figure 1, le circuit fermé à cycle de Rankine 10 comprend une pompe de circulation et de compression 12 (ou compresseur) d'un fluide de travail avec une entrée 14 du fluide de travail sous forme liquide et une sortie 16 de ce fluide de travail également sous forme liquide mais comprimé sous une pression élevée. Ce compresseur est avantageusement entraîné en rotation par un moteur électrique (non représenté).

[0032] Ce circuit comporte aussi un échangeur de chaleur 18, dénommé évaporateur, traversé par le fluide de travail comprimé entre une entrée 20 de ce fluide liquide et une sortie 22 au travers de laquelle le fluide de travail ressort de cet évaporateur sous forme de vapeur comprimée. Cet évaporateur est parcouru par une source chaude 24 provenant des gaz d'échappement circulant dans la ligne d'échappement 26 d'un moteur à combustion interne 28 et plus particulièrement d'un moteur pour véhicule automobile.

[0033] Ce circuit comporte également une machine de détente 30, baptisée détendeur, recevant par son entrée 32 le fluide de travail sous forme de vapeur comprimée à haute pression, ce fluide ressortant par la sortie 34 de ce détendeur sous forme de vapeur détendue à basse pression.

[0034] Avantageusement, ce détendeur peut être sous la forme d'une turbine de détente dont le rotor est entraîné en rotation par le fluide de travail sous forme de vapeur en entraînant un arbre de liaison (non représenté). De manière préférentielle, cet arbre permet de transmettre l'énergie récupérée à tout dispositif transformateur, comme par exemple une génératrice électrique.

[0035] Le circuit comporte encore un échangeur de refroidissement 36, ou condenseur, avec une entrée 38 pour la vapeur basse pression détendue et une sortie 40 pour le fluide de travail transformé sous forme liquide après son passage dans ce condenseur. Ce condenseur est balayé par une source froide, généralement un fluide froid (Flèche F) avec de l'air à température ambiante, de manière à refroidir la vapeur détendue pour qu'elle se condense et se transforme en liquide.

[0036] Des conduites de circulation de fluide 42, 44, 46 et 48 permettent de relier successivement les différents éléments de ce circuit pour que le fluide circule selon le sens indiqué par les flèches C. Plus précisément, la conduite 42 relie la sortie du compresseur à l'entrée de l'évaporateur, la conduite 44 raccorde la sortie de cet évaporateur à l'entrée du détendeur, la conduite 46 établit une liaison entre la sortie du détendeur et l'entrée 42 du condenseur et la conduite 48 connecte la sortie du condenseur avec l'entrée du compresseur.

[0037] Dans la suite de la description, il est fait mention de l'eau comme fluide de travail à bas point de congélation (aux environs de 0°C) circulant dans ce circuit. Cette eau possède la particularité de ne comporter aucun additif et plus particulièrement aucun additif évitant son gel.

A titre de fluide de travail, tout autre fluide à changement de phase (liquide/vapeur) sans additif antigel, pouvant geler à basse température (aux environs de 0°C), peut être utilisé, comme par exemple des fluides organiques.

[0038] Comme illustré sur cette figure, un dispositif de contrôle du fluide de travail 50 avec des moyens de stockage de l'eau contenue dans le circuit est associé à ce circuit.

[0039] Ces moyens comprennent un réservoir fermé de stockage 52 de l'eau recueillie après la vidange du circuit. Ce réservoir permet de conserver cette eau à l'état liquide même lorsque la température ambiante est à un niveau pouvant entraîner son gel ou de la laisser geler sans risque de détérioration du réservoir et/ou du circuit.

[0040] Plus précisément, le réservoir est un réservoir calorifugé 54 avec un revêtement périphérique 56 qui recouvre tout ou partie de ses parois 58 en l'isolant thermiquement de l'air ambiant.

[0041] Alternativement, le réservoir est un réservoir expansible 60 avec au moins une partie de ses parois 62 qui soit élastiquement déformable sous l'effet de l'augmentation de volume de l'eau gelée.

[0042] Il peut également être prévu d'utiliser un réservoir de grand volume. Ce réservoir a une configuration telle qu'il comprend un volume interne qui soit supérieur au volume de l'eau contenu dans le circuit en laissant subsister un ciel gazeux 64 entre le niveau de l'eau et la paroi supérieure de ce réservoir. Ce ciel gazeux comprend un volume au moins égale à l'augmentation de volume de l'eau après son gel.

[0043] Dans toutes les dispositions de réservoirs mentionnées ci-dessus, le réservoir comporte un système de chauffage 66 de liquide contenu dans le réservoir. Ce système comprend, à titre d'exemple, une résistance électrique de chauffage 68 placée à l'intérieur de ce réservoir et alimentée en courant par des conducteurs électriques 70.

[0044] Bien entendu, tous moyens de contrôle à la portée de l'homme du métier sont connectés à ce système de chauffage pour le réguler et/ou le mettre en action avec par exemple une mesure de la température ambiante grâce à un capteur de température.

[0045] Ce réservoir est relié à la conduite de circulation 42 par une conduite de vidange 72 partant de la partie haute de ce réservoir et arrivant à un point de raccordement 74 avec la conduite 42. Cette conduite de vidange porte une vanne 76 à deux positions, de pleine ouverture et de pleine fermeture, permettant de contrôler la circulation de l'eau dans cette conduite. Une conduite de remplissage 78 relie également le fond du réservoir à un point de jonction 80 avec la conduite 42. Cette conduite de remplissage comporte également une vanne 82 à deux positions, de pleine ouverture et de pleine fermeture, et une pompe de circulation 84, de préférence électrique, qui permet de gérer la circulation de l'eau dans cette conduite. De manière préférentielle, les conduites de vidange et de remplissage peuvent être calorifugées de façon à limiter le gel de l'eau contenue dans ces con-

duites.

[0046] Enfin, la conduite 42 porte une vanne de contrôle 86 placée en aval des deux points de jonction et de raccordement et en amont de l'entrée 20 de l'évaporateur 18.

[0047] Bien entendu, les vannes 76, 82 et 86 sont commandées par tous moyens connus, comme des moteurs électriques, sous le contrôle d'une unité de calcul et plus particulièrement du calculateur du moteur à combustion interne.

[0048] De même, cette unité de calcul contrôle les moteurs d'entraînement du compresseur 12 et de la pompe 84.

[0049] En fonctionnement, l'eau circule uniquement dans le circuit selon un sens horaire en considérant la figure 1 (flèches C). Pour cela, les vannes de vidange 76 et de remplissage 82 sont dans une position de fermeture pour les conduites 72 et 78 alors que la vanne 86 est dans une position d'ouverture pour la conduite 42. La pompe 84 est inactive et le compresseur 12 est entraîné en rotation par son moteur électrique.

[0050] Dans cette configuration, l'eau sort du compresseur 12 sous forme liquide avec une pression de l'ordre de 10 bars et une température voisine de 50°. Cette eau comprimée circule dans la conduite 42 pour aboutir à l'évaporateur 22 de par l'ouverture de la vanne de contrôle 86 et ne peut pas circuler dans les conduites 72 et 78 fermées par les vannes 76 et 82. Cette eau comprimée traverse l'évaporateur de manière à se transformer en vapeur sous l'effet de la chaleur balayant cet évaporateur et provenant des gaz d'échappement du moteur 28. La vapeur d'eau qui sort de l'évaporateur est véhiculée par la conduite 44 pour traverser le détendeur 30 en lui transmettant l'énergie qu'elle contient. La vapeur d'eau détendue sortant de ce détendeur circule dans la conduite 46 pour traverser le condenseur 36 dans lequel elle se transforme en une eau liquide. Cette eau liquide est ensuite amenée par la conduite 48 au compresseur 12 pour y être comprimé.

[0051] Lors de l'arrêt du fonctionnement du circuit à cycle de Rankine, l'unité de calcul commande la vanne de contrôle 86 pour qu'elle interdise toute circulation de l'eau comprimée contenue dans la conduite 42 vers l'entrée de l'évaporateur 18 tout en maintenant la position de fermeture de la vanne de remplissage 82 pour la conduite de remplissage 78 ainsi que l'inaction de la pompe 84.

[0052] Cette unité commande également la vanne de vidange 76 pour qu'elle soit en position d'ouverture de la conduite de vidange 72 de façon à établir une communication entre la conduite 42 et le réservoir 52 au travers du point de raccordement 74 et de cette conduite de vidange 72.

[0053] L'entraînement du compresseur 12 est maintenu et l'eau qui sort du compresseur 12 est introduite dans la conduite de remplissage 72 au travers du point 74 pour être transférée dans réservoir, ici dans le haut du réservoir, selon les flèches V de la figure 1.

[0054] Bien étendu, il est à la portée de l'homme du métier de calculer le moment où l'entraînement du compresseur est arrêté pour procéder à la vidange complète de l'eau du circuit et son stockage dans le réservoir, ou, tout du moins de manière à ce qu'il ne reste dans le circuit qu'un volume d'eau minime qui, s'il venait à geler, n'endommagerait pas les éléments du circuit.

[0055] De même, l'homme du métier placera au plus près de la sortie 16 du compresseur 12 les points de raccordement 74 et de piquage 80 ainsi que la vanne de contrôle 86 et limitera l'étendue des conduites 72 et 78. Ceci permet de limiter les zones où l'eau résiduelle peut geler.

[0056] L'eau stockée dans le réservoir et qui est initialement à la température de sortie du compresseur (de l'ordre de 50°C), est alors protégée des risques de gel par le calorifugeage 56 du réservoir calorifugé 54 ou peut geler, soit en déformant les parois du réservoir déformable 60, soit en occupant le volume du ciel gazeux 64 du réservoir de grand volume sans porter atteinte à l'intégrité de ce réservoir.

[0057] Bien entendu, il est envisagé de mettre en fonctionnement le système de chauffage 66 lorsque ses moyens de contrôle détecteront une température de l'air ambiant susceptible de générer le gel de cette eau. Dans le cas d'un gel de l'eau dans le réservoir, le système de chauffage 66 est actionné par le calculateur de manière à réaliser le dégel de cette eau pour assurer le démarrage du circuit 10.

[0058] Lors de la remise en fonctionnement du circuit à cycle de Rankine, la vanne de contrôle 86 est en position d'ouverture de la conduite de circulation 42, la vanne 76 est placée en position de fermeture de la conduite de remplissage 72 et la vanne 82 est mise dans une position d'ouverture de la conduite de remplissage 78.

[0059] Le compresseur 12 ainsi que la pompe 84 sont mis en action avec pour résultat d'introduire dans la conduite 42, au travers du point de jonction 80, l'eau contenue dans le réservoir. Cette eau est soutirée du réservoir sous l'action de la pompe pour circuler dans la conduite de remplissage 78 puis circule dans la conduite 42 selon les flèches R de la figure 1. Cette eau introduite dans la conduite 42 est ensuite mise en circulation dans le circuit 10 sous l'effet du compresseur 12 en subissant les différents changements de phase, comme mentionné ci-dessus.

[0060] L'homme du métier paramétrera le temps de fonctionnement de la pompe 84 pour déterminer son arrêt après la réintroduction de la totalité de l'eau du réservoir dans le circuit 10. Il pourra alternativement placer un moyen de détection dans le réservoir, comme un flotteur, qui commandera l'interruption de l'entraînement de la pompe 84 lorsque ce flotteur ne détectera aucune présence d'eau dans le réservoir.

[0061] Dans le cadre de la figure 1, il peut être prévu de supprimer la conduite vidange 72 et sa vanne 76 et de n'utiliser que la conduite 78 avec sa vanne 82 et sa pompe 84 en tant que conduite de vidange et de rem-

plissage avec la particularité que la pompe 84 est une pompe bidirectionnelle.

[0062] Dans ce cas, lors de l'arrêt du fonctionnement du circuit, la vanne 86 est placée dans une position de fermeture de la conduite 42 et la vanne 82 est en position d'ouverture de la conduite 42. Le compresseur 12 et la pompe 84 sont actionnés dans un même sens de rotation pour introduire l'eau du circuit dans la conduite 78 puis dans le fond du réservoir 52 selon les flèches V'.

[0063] Lors du redémarrage de ce circuit, la vanne 82 reste en position d'ouverture de la conduite 78 et la vanne 86 bascule en une position de pleine ouverture de la conduite de circulation 42.

[0064] Le compresseur est actionné dans le même sens que pour la vidange et la pompe est commandée dans un sens inverse à celui de la vidange de manière à extraire l'eau contenue dans le réservoir pour la faire circuler dans la conduite 78 selon les flèches R, comme précédemment mentionné.

[0065] La variante de la figure 2 se différencie de l'exemple de la figure 1 par un positionnement spécifique du réservoir 52 et par la suppression de la pompe de circulation sur la conduite de remplissage 78.

[0066] Comme visible sur cette figure 2, le réservoir est positionné par rapport au circuit 10 d'une façon telle que le point de liaison 88 de la conduite de remplissage 78 avec le réservoir, placé ici dans le fond de ce réservoir, est situé au dessus du point de jonction 80 de cette conduite avec la conduite de circulation 42.

[0067] Pour cette variante, le fonctionnement du circuit est semblable à celui de la figure 1 avec les fermetures des vannes 76 et 82, l'ouverture de la vanne 86 et une circulation de l'eau selon les flèches C sous l'action du compresseur 12.

[0068] L'étape de vidange de l'eau dans le réservoir 52 pour l'arrêt du fonctionnement du circuit est également identique à celle de la figure 1 avec les fermetures des vannes 82 et 86, l'ouverture de la vanne 76 et une mise en action du compresseur 12 pour obtenir une circulation de l'eau selon les flèches V.

[0069] Pour l'étape de remplissage du circuit, la vanne 76 est en position de fermeture de la conduite 72, les vannes 82, 86 sont en position d'ouverture des conduites 78 et 42 et le compresseur 12 est actionné.

[0070] De par la gravité, l'eau contenue dans le réservoir s'écoule au travers du point de liaison 88 et circule dans la conduite de remplissage 78 puis dans la conduite de circulation 42 selon les flèches R.

[0071] Bien entendu et cela sans sortir du cadre de l'invention, il peut être envisagé de procéder, après l'arrêt du fonctionnement du circuit, à sa vidange que si la température ambiante est susceptible d'entraîner le gel de l'eau contenu dans le circuit, notamment lorsqu'elle est inférieure à sa température de congélation.

[0072] Pour cela, il peut être utilisé un capteur de température dédié à cette mesure ou le capteur qui est associé au système de chauffage 66.

Revendications

1. Circuit fermé (10) fonctionnant selon un cycle de Rankine comprenant un dispositif de contrôle du fluide de travail à bas point de congélation circulant dans ce circuit, ledit circuit comprenant une pompe de compression (12) du fluide sous forme liquide, un échangeur de chaleur (18) balayé par une source chaude (24) pour l'évaporation dudit fluide, des moyens de détente (30) du fluide sous forme vapeur, et un échangeur de refroidissement (36) balayé par une source froide (F) pour la condensation du fluide de travail, comprenant un réservoir (52) de réception du fluide pour la vidange dudit circuit et au moins une conduite (72, 78) portant une vanne (76, 82) pour relier le circuit (10) audit réservoir et **caractérisé en ce que** le réservoir (52) comporte un système de chauffage (66) placé dans ledit réservoir pour chauffer le fluide qui y est contenu. 5
2. Circuit selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le réservoir est un réservoir calorifugé (54). 10
3. Circuit selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le réservoir est un réservoir expansible (60). 15
4. Circuit selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le réservoir comprend une contenance plus grande que le volume du fluide contenu dans le circuit. 20
5. Circuit selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comprend une conduite (72) pour la vidange du fluide du circuit (10) dans le réservoir et une conduite (78) pour le remplissage du circuit (10) par le fluide dudit réservoir. 25
6. Circuit selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au** moins une des conduites (72, 78) comprend une pompe de circulation de fluide (84). 30
7. Circuit selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au** moins une des conduites (72, 78) est reliée en un point (74, 80) d'une conduite de circulation (42) entre la pompe de compression (12) et l'échangeur de chaleur (18) pour l'évaporation dudit fluide. 35
8. Circuit selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la conduite de circulation (42) porte une vanne (86) placée entre ledit point et l'échangeur de chaleur (18) pour l'évaporation dudit fluide. 40
9. Circuit selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le fluide est de l'eau dépourvue d'additif antigel. 45
10. Circuit selon la revendication 1, **caractérisé en ce**

que la source chaude (24) provient des gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne (28).

11. Procédé de contrôle d'un circuit fermé (10) fonctionnant selon un cycle de Rankine avec un fluide de travail à bas point de congélation, ledit circuit comprenant une pompe de compression (12) du fluide sous forme liquide, un échangeur de chaleur (18) balayé par une source chaude (24) pour l'évaporation dudit fluide, des moyens de détente (30) du fluide sous forme vapeur, et un échangeur de refroidissement (36) balayé par une source froide (F) pour la condensation du fluide de travail, **caractérisé en ce qu'il** consiste, lors de l'arrêt du fonctionnement du circuit, à transférer au moins une partie du fluide contenu dans ledit circuit vers un réservoir (52) par au moins une conduite (72, 78) portant une vanne (76, 82) et à chauffer le fluide qui y est contenu par un système de chauffage placé dans ledit réservoir lorsque ledit fluide est susceptible d'y geler. 50
12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'il** consiste à transférer le fluide vers le réservoir, lors de l'arrêt du fonctionnement du circuit, lorsque la température ambiante est inférieure à la température de congélation du fluide. 55
13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce qu'il** consiste à transférer le fluide contenu dans le réservoir vers le circuit (10) lors de la mise en fonctionnement du circuit. 60
14. Procédé selon l'une des revendications 11 à 13, **caractérisé en ce qu'il** consiste à faire circuler le fluide dans une conduite (72) reliant le circuit (10) au réservoir (52) sous l'action de la pompe de compression (12). 65
15. Procédé selon l'une des revendications 11 à 13, **caractérisé en ce qu'il** consiste à faire circuler le fluide dans une conduite (78) reliant le circuit (10) au réservoir (52) sous l'action d'une pompe de circulation (84) portée par ladite conduite. 70
16. Procédé selon l'une des revendications 11 à 14, **caractérisé en ce qu'il** consiste à transférer par gravité le fluide contenu dans le réservoir vers le circuit (10) lors de la mise en fonctionnement du circuit. 75

Patentansprüche

1. Geschlossener Kreislauf (10), der nach einem Rankine-Zyklus funktioniert, umfassend eine Kontrollvorrichtung des Arbeitsfluids mit niedrigem Gefrierpunkt, das in dem Kreislauf zirkuliert, wobei der Kreislauf eine Kompressionspumpe (12) des Fluids in flüssiger Form, einen Wärmetauscher (18), der

- von einer Wärmequelle (24) für das Verdampfen des Fluids gespült wird, Mittel zum Entspannen (30) des Fluids in Dampfform und einen Kältetauscher (36) aufweist, der von einer Kältequelle (F) für das Kondensieren des Arbeitsfluids gespült wird, umfassend einen Behälter (52) zur Aufnahme des Fluids zum Entleeren des Kreislafs und mindestens eine Leitung (72, 78), die ein Ventil (76, 82) trägt, um den Kreislauf (10) mit dem Behälter zu verbinden, und **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter (52) ein Heizsystem (66) aufweist, das in dem Behälter angeordnet ist, um das Fluid, das darin enthalten ist, zu erwärmen.
2. Kreislauf nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter ein wärmegeprägter Behälter (54) ist.
 3. Kreislauf nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter ein ausdehnbarer Behälter (60) ist.
 4. Kreislauf nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter ein Fassungsvermögen aufweist, das größer als das Volumen des Fluids ist, das in dem Kreislauf enthalten ist.
 5. Kreislauf nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Leitung (72) zum Entleeren des Fluids des Kreislafs (10) in den Behälter und eine Leitung (78) zum Füllen des Kreislafs (10) durch das Fluid des Behälters aufweist.
 6. Kreislauf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Leitungen (72, 78) eine Fluidumwälzpumpe (84) aufweist.
 7. Kreislauf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Leitungen (72, 78) an einem Punkt (74, 80) einer Umlaufleitung (42) zwischen der Kompressionspumpe (12) und dem Wärmetauscher (18) für das Verdampfen des Fluids angeschlossen ist.
 8. Kreislauf nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umlaufleitung (42) ein Ventil (83) trägt, das zwischen dem Punkt und dem Wärmetauscher (18) für das Verdampfen des Fluids angeordnet ist.
 9. Kreislauf nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid Wasser ohne Frostschutzzusatz ist.
 10. Kreislauf nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmequelle (24) von den Abgasen einer Brennkraftmaschine (28) stammt.
 11. Verfahren zur Steuerung eines geschlossenen Kreislafs (10), der nach einem Rankine-Zyklus funktioniert, mit einem Arbeitsfluid mit niedrigem Gefrierpunkt, wobei der Kreislauf eine Kompressionspumpe (12) des Fluids in flüssiger Form, einen Wärmetauscher (18), der von einer Wärmequelle (24) für das Verdampfen des Fluids gespült wird, Mittel zum Entspannen (30) des Fluids in Dampfform und einen Kältetauscher (36) aufweist, der von einer Kältequelle (F) für das Kondensieren des Arbeitsfluids gespült wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** es darin besteht, beim Anhalten des Betriebs des Kreislafs, mindestens einen Teil des Fluids, das in dem Kreislauf enthalten ist, zu einem Behälter (52) durch mindestens eine Leitung (72, 78) zu überführen, die ein Ventil (72, 78) trägt, und das Fluid, das darin enthalten ist, durch ein Heizsystem, das in dem Behälter angeordnet ist, zu erwärmen, wenn das Fluid darin einfrieren kann.
 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** es darin besteht, das Fluid beim Anhalten des Betriebs des Kreislafs zu dem Behälter zu übertragen, wenn die Umgebungstemperatur niedriger als die Gefriertemperatur des Fluids ist.
 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** es darin besteht, das Fluid, das in dem Behälter enthalten ist, während der Inbetriebnahme des Kreislafs zu dem Kreislauf (10) zu überführen.
 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** es darin besteht, das Fluid unter der Einwirkung der Kompressionspumpe (12) in einer Leitung (72) zirkulieren zu lassen, die den Kreislauf (10) mit dem Behälter (52) verbindet.
 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** es darin besteht, das Fluid in einer Leitung (78), die den Kreislauf (10) mit dem Behälter (52) verbindet, unter der Einwirkung einer Umwälzpumpe (84), die von der Leitung getragen wird, zirkulieren zu lassen.
 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** es darin besteht, das Fluid, das in dem Behälter enthalten ist, während der Inbetriebnahme des Kreislafs durch Schwerkraft zu dem Kreislauf (10) zu überführen.

Claims

1. A closed circuit (10) operating on a Rankine cycle, said circuit comprising a device for controlling the low freezing point working fluid circulating in this circuit, said circuit comprising a compression pump

- (12) for the fluid in liquid form, a heat exchanger (18) swept by a hot source (24) for evaporation of said fluid, expansion means (30) for expanding the fluid in vapour form and a cooling exchanger (36) swept by a cold source (F) for condensation of the working fluid, comprising a fluid collection tank (52) for draining said circuit and at least one line (72, 78) carrying a valve (76, 82) for connecting circuit (10) to said tank and **characterized in that** tank (52) comprises a heating system (66) arranged in said tank for heating the fluid contained therein.
2. A circuit as claimed in claim 1, **characterized in that** the tank is a heat-insulated tank (54).
 3. A circuit as claimed in claim 1, **characterized in that** the tank is an expansible tank (60).
 4. A circuit as claimed in claim 1, **characterized in that** the capacity of the tank is larger than the volume of the fluid contained in the circuit.
 5. A circuit as claimed in claim 1, **characterized in that** it comprises a line (72) for draining off the fluid from circuit (10) into the tank and a line (78) for filling circuit (10) with the fluid from said tank.
 6. A circuit as claimed in any one of the previous claims, **characterized in that** at least one of lines (72, 78) comprises a fluid circulation pump (84).
 7. A circuit as claimed in any one of the previous claims, **characterized in that** at least one of lines (72, 78) is connected to a point (74, 80) of a circulation line (42) between compression pump (12) and heat exchanger (18) for evaporation of said fluid.
 8. A device as claimed in claim 7, **characterized in that** circulation line (42) carries a valve (86) arranged between said point and heat exchanger (18) for evaporation of said fluid.
 9. A device as claimed in claim 1, **characterized in that** the fluid is water without an antifreeze additive.
 10. A device as claimed in claim 1, **characterized in that** hot source (24) comes from the exhaust gas of an internal-combustion engine (28).
 11. A method of controlling a closed circuit (10) operating on a Rankine cycle with a low freezing point working fluid, said circuit comprising a compression pump (12) for the fluid in liquid form, a heat exchanger (18) swept by a hot source (24) for evaporation of said fluid, expansion means (30) for expanding the fluid in vapour form and a cooling exchanger (36) swept by a cold source (F) for condensation of the working fluid, **characterized in that** it consists, while the circuit is turned off, in transferring at least part of the fluid contained in said circuit into a tank (52) through at least one line (72, 78) carrying a valve (76, 82) and in heating the fluid contained therein by means of a heating system arranged in said tank when said fluid is likely to freeze.
 12. A method as claimed in claim 11, **characterized in that** it consists in transferring the fluid to the tank, while the circuit is turned off, when the ambient temperature is lower than the freezing temperature of the fluid.
 13. A method as claimed in claim 11 or 12, **characterized in that** it consists in transferring the fluid contained in the tank to circuit (10) when the circuit is turned on.
 14. A method as claimed in any one of claims 11 to 13, **characterized in that** it consists in circulating the fluid in a line (72) connecting circuit (10) to tank (52) under the action of compression pump (12).
 15. A method as claimed in any one of claims 11 to 13, **characterized in that** it consists in circulating the fluid in a line (78) connecting circuit (10) to tank (52) under the action of a circulation pump (84) carried by said line.
 16. A method as claimed in any one of claims 11 to 14, **characterized in that** it consists in transferring through gravity the fluid contained in the tank into circuit (10) when the circuit is turned on.

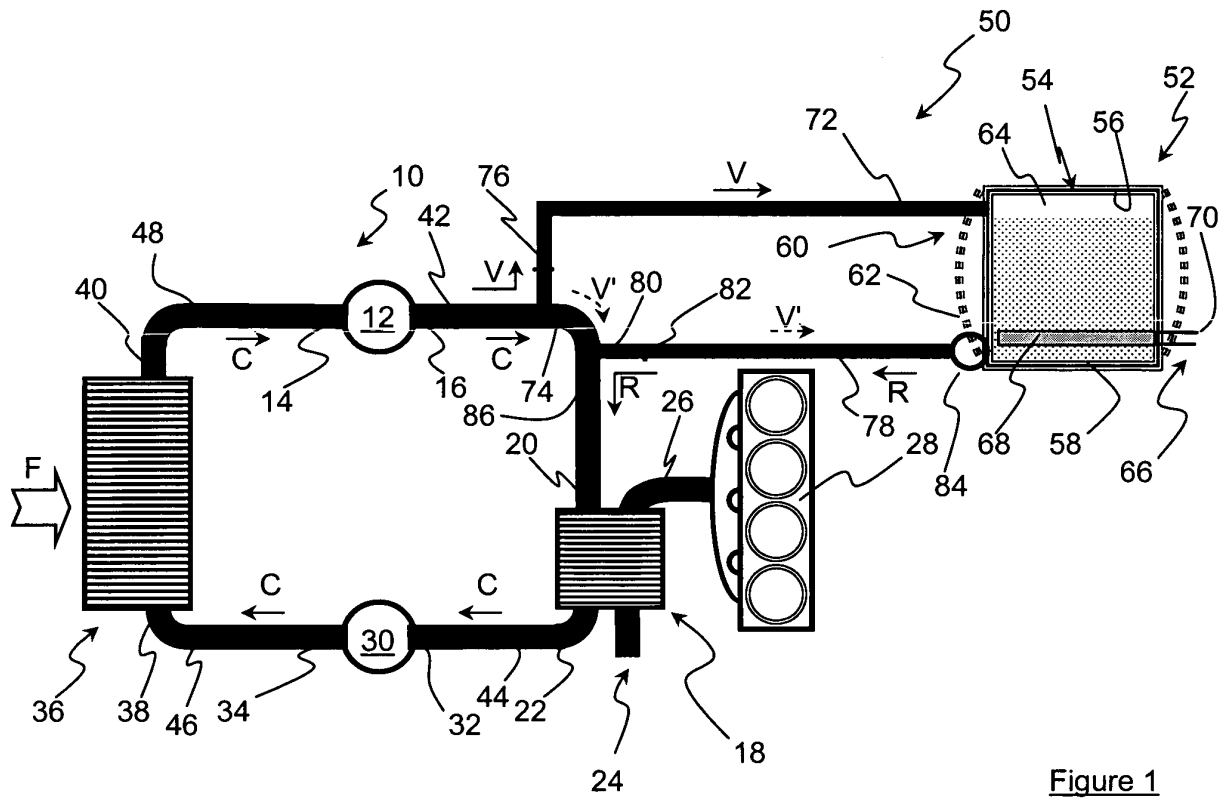


Figure 1

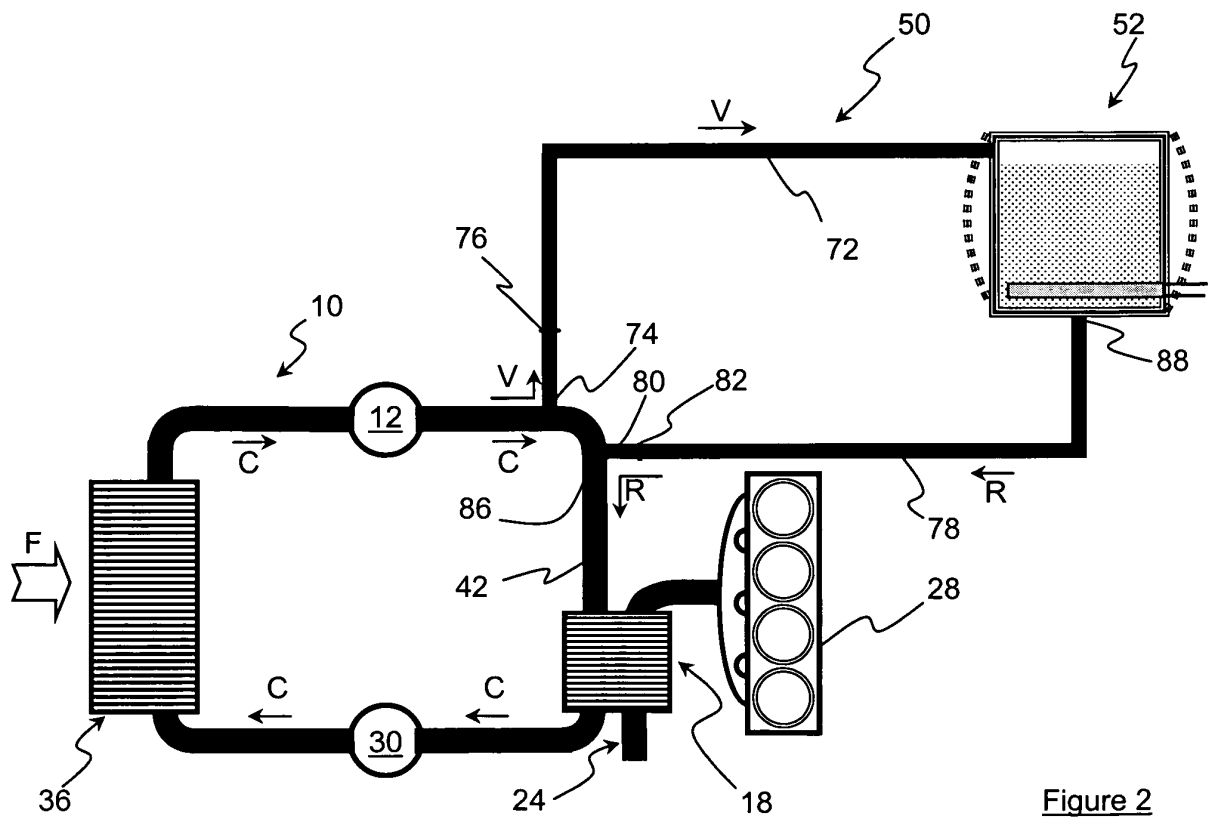


Figure 2

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- FR 2884555 [0006]
- DE 10228868 [0014]
- EP 2357349 A [0014]