



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
06.03.2019 Bulletin 2019/10

(51) Int Cl.:
F25B 49/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18192605.6**

(22) Date de dépôt: **04.09.2018**

(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
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **ABOU-EID, Rami**
75014 PARIS (FR)
• **STAINO, Andrea**
75011 PARIS (FR)
• **CHEVALIER, Philippe**
92500 RUEIL MALMAISON (FR)

(30) Priorité: **05.09.2017 FR 1758158**

(74) Mandataire: **Lavoix**
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(71) Demandeur: **ALSTOM Transport Technologies**
93400 Saint-Ouen (FR)

Remarques:

Revendications modifiées conformément à la règle 137(2) CBE.

(54) **PROCÉDÉ DE SUPERVISION D'UN SYSTÈME DE CLIMATISATION D'UN VÉHICULE FERROVIAIRE ET VÉHICULE FERROVIAIRE COMPORTANT UN SYSTÈME DE CLIMATISATION METTANT EN OEUVRE CE PROCÉDÉ**

(57) L'invention concerne un procédé de supervision d'un système de climatisation (8) d'un véhicule ferroviaire. Ce procédé comporte des étapes consistant à a) postérieurement à la mise en marche du système de climatisation (8), mesurer des grandeurs physiques relatives au fluide frigorigène, b) à partir des grandeurs physiques mesurées lors de l'étape a), calculer des grandeurs thermodynamiques, c) à partir des grandeurs thermodynamiques calculées lors de l'étape b), calculer la masse volumique, éventuellement moyennée, du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de

climatisation, d) à l'aide de données constructeur, lesquelles incluent les dimensions de chaque composant du système de climatisation, calculer le volume de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation, e) utiliser les valeurs calculées aux étapes c) et d) pour calculer la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'intérieur du système de climatisation, et f) comparer la masse totale de fluide réfrigérant calculée à l'étape e) avec la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation.

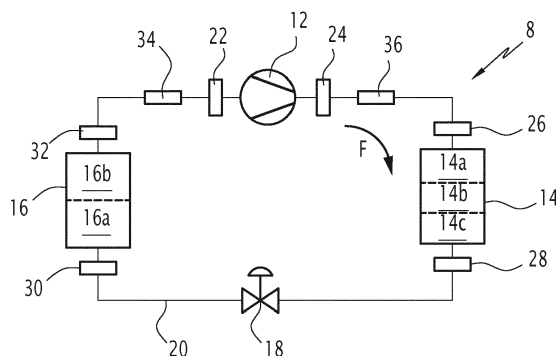


FIG.2

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de supervision d'un système de climatisation d'un véhicule ferroviaire. L'invention concerne également un véhicule ferroviaire comportant un système de climatisation mettant en oeuvre ce procédé.

[0002] De façon connue, les véhicules ferroviaires contemporains destinés à transporter des passagers sont généralement équipés de systèmes de climatisation afin d'améliorer le confort des voyageurs. Ces systèmes de climatisation, par ailleurs connus sous la dénomination HVAC, pour « Heating, Ventilation and Air Conditioning » en langue anglaise, sont typiquement basés sur un cycle thermodynamique de réfrigération utilisant un fluide frigorigène.

[0003] US 2007/0163276 A1 divulgue un procédé pour évaluer la quantité de fluide réfrigérant circulant dans un système de climatisation. Le système comprend classiquement un évaporateur, un condenseur, un compresseur et un détendeur. Ce procédé est du type semi-empirique, c'est-à-dire que l'on utilise des données ajustées sur des résultats expérimentaux afin de simplifier les calculs. Typiquement, le paragraphe [0034] de US 2007/0163276 A1 explique que certains paramètres, notamment le paramètre k_{ch} , sont calculés à partir d'un modèle expérimental. Ce modèle expérimental est établi en faisant varier, sur plusieurs cycles, la masse du fluide réfrigérant de 60 à 140% par rapport à une masse nominale, le flux d'air de l'évaporateur, également de 60 à 140% par rapport à un flux d'air nominal, le flux d'air du condenseur, de 32% à 100% de sa valeur nominale, etc. On comprend donc que ce modèle expérimental doit être établi pour chaque gamme de climatiseur, ce qui est particulièrement onéreux.

[0004] US 2011/0036104 A1 divulgue un procédé sensiblement équivalent, dans lequel certaines constantes sont établies, en avance, à partir de résultats expérimentaux (Voir en particulier le paragraphe [0168]).

[0005] C'est à ces inconvénients que vise à remédier l'invention, en proposant un nouveau procédé de supervision permettant de calculer en temps réel la masse de fluide réfrigérant contenue dans le système, sans effectuer un quelconque test auparavant. Les opérations de maintenance peuvent donc être planifiées de manière intelligente, par exemple lorsque la perte de masse excède un certain seuil, signifiant la présence d'une fuite.

[0006] A cet effet, l'invention concerne un procédé de supervision d'un système de climatisation d'un véhicule ferroviaire, ce système de climatisation comprenant plusieurs composants parmi lesquels figurent un compresseur, un condenseur, un évaporateur, un détendeur et un circuit de fluide frigorigène, ce système de climatisation étant destiné à climatiser une zone située à l'intérieur du véhicule ferroviaire. Ce procédé comporte des étapes consistant à :

- a) postérieurement à la mise en marche du système de climatisation, mesurer des grandeurs physiques relatives au fluide frigorigène,
- b) à partir des grandeurs physiques mesurées lors de l'étape a), calculer des grandeurs thermodynamiques,
- c) à partir des grandeurs thermodynamiques calculées lors de l'étape b), calculer la masse volumique, éventuellement moyennée, du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
- d) à l'aide de données constructeur, lesquelles incluent les dimensions de chaque composant du système de climatisation, calculer le volume de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
- e) utiliser les valeurs calculées aux étapes c) et d) pour calculer la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'intérieur du système de climatisation, et
- f) comparer la masse totale de fluide réfrigérant calculée à l'étape e) avec la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation.

[0007] Grâce à l'invention, en calculant en temps réel la masse de fluide réfrigérant présent dans le système de climatisation à partir de grandeurs physiques mesurées lors de son fonctionnement, on bénéficie d'une information en temps réel sur l'état de santé du système de climatisation. De surcroît, le procédé est mis en oeuvre de façon non invasive, pendant le fonctionnement du système. Cela signifie qu'il n'est pas nécessaire d'ouvrir ou de démonter le système pour effectuer des mesures des grandeurs physiques. Au contraire, les capteurs sont intégrés au système. Il n'y a donc pas besoin d'interrompre le cycle frigorifique par exemple ou de déposer le système et le rendre indisponible afin d'exécuter l'évaluation.

[0008] Le procédé permet de détecter rapidement une perte de masse en fluide réfrigérant, et donc la présence d'une fuite. Le calcul de la masse de fluide réfrigérant ne nécessite aucun test ou autre expérimentation préalable et est transposable à tout type de système de climatisation, c'est-à-dire quelle que soit la taille du système. Par ailleurs, les interventions de maintenance peuvent être mises en place uniquement lorsque l'on détecte une perte de masse, c'est-à-dire une fuite. Ainsi, le coût de maintenance du système de climatisation est réduit, et le risque de panne inopinée du système de climatisation est limité.

[0009] Selon des aspects avantageux mais non obligatoires de l'invention, un tel procédé peut incorporer une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toute combinaison techniquement admissible :

- Lors de l'étape a), les grandeurs physiques suivantes sont mesurées :

- la pression du fluide frigorigène à l'entrée du compresseur,
- la pression du fluide frigorigène en sortie du compresseur,
- la température du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur,
- la température du fluide frigorigène en sortie du condenseur,
- la température du fluide frigorigène à l'entrée de l'évaporateur,
- la température du fluide frigorigène en sortie de l'évaporateur,
- la température du fluide frigorigène à l'entrée du compresseur, et
- la température du fluide frigorigène en sortie du compresseur.

- Lors de l'étape a), la température du fluide frigorigène à l'entrée du compresseur et la température du fluide frigorigène en sortie de l'évaporateur sont mesurées par un même capteur de température et/ou la température du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur et la température du fluide frigorigène en sortie du compresseur sont mesurées par un même capteur de température.

- Les étapes a) à f) sont répétées au cours du temps pendant le fonctionnement du système de climatisation, de préférence de façon régulière avec une fréquence prédéfinie.

- L'étape a) est effectuée automatiquement au moyen de capteurs et les étapes b) à f) sont effectuées automatiquement par un calculateur électronique.

- L'étape f) consiste à déterminer un indice de santé du système de climatisation, en effectuant le quotient de la masse totale de fluide réfrigérant calculée à l'étape e) sur la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation.

- L'indice de santé est comparé avec une valeur de référence, par exemple de l'ordre de 80%, le système de climatisation étant alors considéré comme ne fonctionnant plus de manière satisfaisante si l'indice de santé est inférieur à la valeur de référence et, dans le cas contraire, étant considéré comme fonctionnant de manière satisfaisante.

- Le procédé comporte en outre une étape g) consistant à émettre un signal d'alerte si, à l'issue de l'étape d), le système de climatisation est déterminé comme ne fonctionnant plus de manière satisfaisante.

- Les grandeurs thermodynamiques calculées à l'étape b) incluent :

- l'enthalpie en entrée de l'évaporateur,
- l'enthalpie en sortie de l'évaporateur,
- le débit massique du compresseur,
- l'enthalpie en entrée du condenseur,
- l'enthalpie en sortie du condenseur,
- l'enthalpie absorbée par le compresseur, et
- l'enthalpie fournie par le compresseur.

[0010] Selon un autre aspect, l'invention concerne un véhicule ferroviaire comportant un système de climatisation pour climatiser une zone située à l'intérieur du véhicule ferroviaire, ce système de climatisation comprenant plusieurs composants parmi lesquels figurent un compresseur, un condenseur, un évaporateur, un détendeur et un circuit de fluide frigorigène, le système de climatisation comprenant en outre des capteurs pour mesurer des grandeurs physiques relatives au fluide frigorigène postérieurement à la mise en marche du système de climatisation. Conformément à l'invention, le véhicule ferroviaire comporte un calculateur électronique destiné à piloter le système de climatisation et programmé pour mettre en oeuvre des étapes consistant à :

- calculer des grandeurs thermodynamiques à partir des grandeurs physiques mesurées,
- calculer la masse volumique, éventuellement moyennée, du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation, à partir des grandeurs thermodynamiques,
- à l'aide de données constructeur, lesquelles incluent les dimensions de chaque composant du système de climatisation, calculer le volume de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
- à partir des densités volumiques et des volumes de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant, calculer la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'intérieur du système de climatisation, et
- comparer la masse calculée avec la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation

[0011] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui va suivre, d'un mode de réalisation d'un procédé de supervision et d'un système de climatisation pour un véhicule ferroviaire, donné uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique simplifiée d'un véhicule ferroviaire comportant un système de climatisation conforme à l'invention ;
- la figure 2 est un schéma synoptique simplifié d'un système de climatisation du véhicule ferroviaire de la figure 1 ;
- la figure 3 est un diagramme Température-entropie du système de climatisation en fonctionnement ; et
- la figure 4 est un schéma synoptique représentatif d'un calculateur du système de climatisation.

[0012] La figure 1 représente un véhicule ferroviaire 2, par exemple un train de passagers ou un véhicule ferroviaire de transport urbain, tel qu'un tramway ou un métro.

[0013] De façon connue, le véhicule 3 est adapté pour rouler sur une voie ferrée 4 et comporte à cet effet des roues ferroviaires et au moins un moteur apte à propulser le véhicule 2.

[0014] Le véhicule 3 comporte une ou plusieurs voitures ferroviaires 6 destinées à recevoir des passagers. Chaque voiture 6 est équipée d'un système de climatisation 8 qui est configuré pour climatiser un volume 10 à l'intérieur de la voiture 6. Par « climatiser », on entend ici que le système 8 est apte à amener la température de l'air à l'intérieur du volume 10 à une température de consigne prédéfinie.

[0015] Dans l'exemple illustré, chaque système de climatisation 8 est reçu dans un coffret technique dédié, ici logé sur le toit de la voiture 6 correspondante. D'autres agencements sont toutefois possibles.

[0016] Dans cet exemple, le volume 10, aussi nommé zone 10, occupe tout l'espace utile de la voiture 6.

[0017] En variante, plusieurs systèmes de climatisation 8 peuvent être associés à une même voiture 6, pour climatiser plusieurs zones 10 distinctes au sein d'une même voiture 6, ces zones 10 étant par exemple associées à des compartiments distincts de la voiture 6. Dans ce cas, les systèmes 8 peuvent fonctionner indépendamment.

[0018] Selon encore une autre variante, plusieurs systèmes 8 peuvent être utilisés pour climatiser une même zone 10. Dans ce cas, ils fonctionnent conjointement.

[0019] La figure 2 représente un exemple d'un système de climatisation 8. Ce système 8 comprend un compresseur 12, un condenseur 14, un évaporateur 16 et un détendeur 18, connectés fluidiquement entre eux par un circuit 20 de fluide frigorigène, aussi nommé fluide réfrigérant. Le condenseur 14 et l'évaporateur 16 sont ici pourvus d'échangeurs de chaleur destinés à faciliter le transfert de chaleur entre le fluide frigorigène et des flux d'air environnant.

[0020] Le compresseur 12 comporte un moteur électrique qui entraîne un organe mécanique adapté pour comprimer le fluide frigorigène. Le compresseur 12 est donc adapté pour fournir un travail mécanique au fluide frigorigène. Le compresseur 12 est, par exemple, un compresseur à piston, ou un compresseur rotatif, ou un compresseur selon toute autre technologie appropriée. Le moteur du compresseur 12 est ici alimenté électriquement par une source d'alimentation extérieure au système 8, par exemple au moyen d'un système d'alimentation électrique du véhicule 3.

[0021] Le circuit 20 est ici formé de plusieurs conduites connectées aux composants du système 8 de façon étanche. Une première conduite raccorde une sortie du compresseur 12 à une entrée du condenseur 14. Une deuxième conduite raccorde la sortie du condenseur 14 à une entrée du détendeur 18. Une troisième conduite connecte une sortie du détendeur 18 à une entrée de l'évaporateur 16. Une quatrième conduite connecte une sortie de l'évaporateur 16 à une entrée du compresseur 12. Le circuit 20 comporte un fluide réfrigérant, qui circule au sein du circuit 20.

[0022] Le système 8 comprend également une ouverture d'entrée d'air extérieur et une sortie d'air chaud, non illustrées, qui débouchent toutes deux à l'extérieur du véhicule 3.

[0023] Le système 8 comprend en outre une sortie d'air frais, non illustrée, qui débouche à l'intérieur de la voiture 6 pour fournir l'air frais destiné à climatiser le volume 10. Par exemple, la voiture 6 comprend un circuit de diffusion d'air incluant des conduites connectées à ladite sortie d'air frais et débouchant dans le volume 10 par des buses d'aération.

[0024] Le système 8 est ici adapté pour fonctionner selon un cycle thermodynamique de réfrigération, par exemple selon un cycle de compression de vapeur d'un fluide frigorigène, connu en soi.

[0025] Dans un fonctionnement normal du système 8, le fluide circule dans le circuit 20 selon le sens de circulation illustré par la flèche F, en transitant depuis la sortie du compresseur 12 vers le condenseur 14 puis vers le détendeur de détente 18 et l'évaporateur 16 avant de revenir dans l'entrée du compresseur 12.

[0026] L'air provenant de l'extérieur du véhicule 3 forme un flux d'air entrant qui circule au niveau de l'évaporateur 16, à l'extérieur de celui-ci, entre l'entrée d'air extérieur et la sortie d'air frais. Lorsque le système 8 est en fonctionnement et que le fluide frigorigène circule dans l'évaporateur 16, le fluide change d'état et s'évapore en absorbant une première quantité de chaleur Q_L lors de chaque cycle, ce qui refroidit le flux d'air entrant lors de son passage au niveau de l'évaporateur 16, notamment grâce à l'échangeur de chaleur. Cet air ainsi refroidi est acheminé vers l'intérieur de la voiture 6, par l'intermédiaire de la sortie d'air frais, pour climatiser le volume 10.

[0027] Le fluide frigorigène circule ensuite jusqu'au compresseur 12 puis vers le condenseur 14, où il change à nouveau d'état, et se condense en dégageant une deuxième quantité de chaleur Q_H vers l'extérieur lors de chaque cycle, ce qui réchauffe le flux d'air sortant lors de son passage au niveau du condenseur 14. L'air ainsi réchauffé est rejeté vers l'extérieur du véhicule 3, par l'intermédiaire de la sortie d'air chaud.

[0028] De façon avantageuse, le système 8 comprend des moyens de supervision, qui visent à mesurer en temps réel l'état de santé du système 8, nécessitant une intervention de maintenance.

[0029] Le système 8 comprend également un calculateur électronique 40 programmé pour piloter le système 8 et pour mettre en oeuvre la supervision de l'état de santé du système 8. Ce calculateur 40 est par exemple embarqué au sein du système 8, ici à l'intérieur du coffret technique dans lequel le système 8 est logé.

[0030] Le calculateur 40 est représenté schématiquement à la figure 4. Il comporte avantageusement une unité de calcul logique 42, comme un microprocesseur ou un microcontrôleur programmable, un support d'enregistrement d'informations 44, tel qu'une mémoire informatique, par exemple un module mémoire de technologie « Flash », une interface d'entrée 46 de données et une interface de sortie 48 de données.

[0031] Avantageusement, et comme visible à la figure 4, les composants du calculateur 40 sont connectés entre eux par un bus de données interne.

[0032] Le support 44 comporte des instructions exécutables pour mettre en oeuvre le procédé selon l'invention, notamment dans le but de superviser le fonctionnement du système 8. Ces instructions sont exécutées par l'unité logique 42.

[0033] L'interface d'entrée 46 est ici configurée pour recevoir des signaux de mesure provenant des différents capteurs précités équipant le système 8. Par exemple, l'interface d'entrée 46 est connectée à ces capteurs au moyen de liaisons filaires et/ou par des liaisons de données sans fil.

[0034] L'interface de sortie 48 est notamment configurée pour émettre des données représentatives de l'état de santé du système 8, telles qu'un signal représentatif de l'état de santé du système 8, voire un signal d'alerte indiquant une défaillance nécessitant une intervention. Ces données sont par exemple émises à destination d'un serveur informatique distant, par exemple installé au sein d'un centre de maintenance du véhicule 3. L'émission est réalisée au moyen d'une liaison de télécommunications, telle qu'une liaison radio, ou par l'intermédiaire du réseau internet et/ou d'un réseau de radiotéléphonie et/ou une liaison satellitaire. Les données peuvent également être stockées au sein du support 44 et/ou au sein d'un ordinateur de bord du véhicule 3.

[0035] Ainsi, dans cet exemple, les capteurs et le calculateur 40 forment ensemble les moyens de supervision précités.

[0036] Un exemple de fonctionnement du procédé de supervision est maintenant décrit. On considère pour l'exemple que le système de climatisation n'est pas neuf, c'est-à-dire que le procédé est mis en oeuvre postérieurement à la mise en service du système de climatisation 8.

[0037] Lors d'une étape a), on mesure des grandeurs physiques relatives au fluide frigorigène. Typiquement, les grandeurs physiques suivantes sont mesurées :

- la pression du fluide frigorigène P_{suc} à l'entrée du compresseur 12,
- la pression du fluide frigorigène P_{dis} en sortie du compresseur 12,
- la température $T_{\text{cond,in}}$ du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur 14,
- la température $T_{\text{cond,out}}$ du fluide frigorigène en sortie du condenseur 14,
- la température $T_{\text{evap,in}}$ du fluide frigorigène à l'entrée de l'évaporateur 16,
- la température $T_{\text{evap,out}}$ du fluide frigorigène en sortie de l'évaporateur 16,
- la température T_{suc} du fluide frigorigène à l'entrée du compresseur 12, et
- la température T_{dis} du fluide frigorigène en sortie du compresseur 12.

[0038] A cet effet, le système 8 comporte un premier capteur de pression 22 et un second capteur de pression 24, adaptés pour mesurer respectivement les pressions P_{suc} et P_{dis} . Le système 8 comporte également un capteur de température 26 pour mesurer la température « $T_{\text{cond,in}}$ » du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur 14, un capteur de température 28 pour mesurer la température « $T_{\text{cond,out}}$ » du fluide frigorigène en sortie du condenseur 14, un capteur de température 30 pour mesurer la température « $T_{\text{evap,in}}$ » du fluide frigorigène à l'entrée de l'évaporateur 16, un capteur de température 32 pour mesurer la température « $T_{\text{evap,out}}$ » du fluide frigorigène en sortie de l'évaporateur 16, un capteur de température 34 pour mesurer la température « T_{suc} » du fluide frigorigène à l'entrée du compresseur 12 et un capteur de température 36 pour mesurer la température « T_{dis} » du fluide frigorigène en sortie du compresseur 12.

[0039] En variante, l'un des capteurs de température 32 et 34 peut être omis. En effet, dans les cas où le système 8 occupe un volume réduit et que l'évaporateur 16 est proche de l'entrée du compresseur 12, alors la variation de température du fluide frigorigène entre la sortie de l'évaporateur 16 et l'entrée du compresseur 12 est négligeable, de sorte qu'un seul des capteurs de température 32 et 34 est suffisant pour mesurer la température du fluide frigorigène en ces deux emplacements. En d'autres termes, la température « T_{suc} » et la température « $T_{\text{evap,out}}$ » sont alors mesurées par un même capteur de température 32 ou 34.

[0040] Il en va de même pour les capteurs de température 26 et 36, dont l'un d'eux peut être omis. En d'autres termes, la température « T_{dis} » et la température « $T_{\text{cond,in}}$ » sont alors mesurées par un même capteur de température 26 ou 36.

[0041] Lors d'une étape ultérieure b), on calcule des grandeurs thermodynamiques à partir des grandeurs physiques mesurées à l'étape a). Typiquement, les grandeurs thermodynamiques incluent :

- l'enthalpie en entrée de l'évaporateur : $h_{\text{evap,in}} = f(T_{\text{cond,out}} ; P_{\text{dis}})$

- l'enthalpie en sortie de l'évaporateur : $h_{\text{evap,out}} = f(T_{\text{evap,out}}; P_{\text{suc}})$
- le débit massique du compresseur : $\dot{m}_{\text{ref}} = f(P_{\text{dis}}; P_{\text{suc}})$
- l'enthalpie en entrée du condenseur : $h_{\text{cond,in}} = f(T_{\text{cond,in}}; P_{\text{dis}})$
- l'enthalpie en sortie du condenseur : $h_{\text{cond,out}} = f(T_{\text{cond,out}}; P_{\text{dis}})$
- l'enthalpie absorbée par le compresseur : $h_{\text{suc}} = f(T_{\text{suc}}; P_{\text{suc}})$
- l'enthalpie fournie par le compresseur : $h_{\text{dis}} = f(T_{\text{dis}}; P_{\text{dis}})$

[0042] Dans les définitions ci-dessus et ci-après, la notation $f(\dots)$ indique de façon générique qu'une grandeur est fonction d'une ou plusieurs grandeurs physiques mesurées et/ou calculées, suivant une relation prédéfinie. Cette relation prédéfinie n'est pas nécessairement la même pour toutes les définitions, bien que la même notation $f(\dots)$ soit ici utilisée. Les formules de calcul des grandeurs thermodynamiques sont bien connues de la littérature sur le sujet, c'est pourquoi elles ne sont pas rappelées dans le présent document.

[0043] Les calculs de cette étape b) sont opérés automatiquement par le calculateur 40.

[0044] Lors d'une étape ultérieure c), on calcule, à partir des grandeurs thermodynamiques calculées lors de l'étape b), la masse volumique, éventuellement moyennée, du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation.

[0045] Plus précisément, le calculateur 40 calcule en particulier :

- la masse volumique moyenne du réfrigérant à l'intérieur de l'évaporateur 16 :

$$\bar{\rho}_{\text{evap}} = f(h_{\text{evap,in}}, h_{\text{evap,out}}, p_{\text{suc}}, \dot{m}_{\text{ref}});$$

- la masse volumique moyenne de réfrigérant à l'intérieur du condenseur 14 :

$$\bar{\rho}_{\text{cond}} = f(h_{\text{cond,in}}, h_{\text{cond,out}}, p_{\text{dis}}, \dot{m}_{\text{ref}});$$

- la masse volumique moyenne de réfrigérant dans le circuit 20 :

$$\bar{\rho}_{\text{tube},i} = f(h_{\text{tube},i}, p_{\text{tube},i}, \dot{m}_{\text{ref}});$$

[0046] De manière optionnelle, le système de climatisation 8 comprend également un accumulateur (non représenté) disposé entre le condenseur 14 et le détendeur 18. L'accumulateur permet de stocker une partie du fluide réfrigérant dans le cas où tout le fluide réfrigérant ne serait pas utilisé dans le cycle frigorifique. Dans ce cas, on calcule également, à l'aide du calculateur, la masse volumique moyenne de réfrigérant à l'intérieur de l'accumulateur : $\bar{\rho}_{\text{receiver}} = f(h_{\text{cond,out}}, p_{\text{dis}}, \dot{m}_{\text{ref}})$.

[0047] Lors d'une étape ultérieure d), on calcule, à l'aide de données constructeur, le volume de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation, c'est-à-dire :

- le volume $V_{\text{internal,evap}}$ de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de l'évaporateur,
- le volume $V_{\text{internal,cond}}$ de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur du condenseur,
- le volume $V_{\text{internal,tube},i}$ de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque conduite 20i du circuit 20, et éventuellement,
- le volume de l'accumulateur $V_{\text{internal,receiver}}$.

[0048] Les données constructeur incluent typiquement les dimensions de chaque composant du système de climatisation (longueur, largeur, hauteur, section, etc.). Ces données sont connues, et sont donc simplement enregistrées comme des paramètres d'entrée dans le support d'enregistrement d'informations 44 du calculateur, c'est-à-dire dans la mémoire.

[0049] La figure 3 est un diagramme enthalpique montrant le cycle réfrigérant du système de climatisation 8. La courbe en forme de dôme est la courbe de phase. En dessous de la courbe, le fluide est dans un état diphasique, c'est-à-dire sous la forme d'un mélange liquide-vapeur. A droite de la courbe, le fluide est à l'état gazeux. A gauche de la courbe, le fluide est à l'état liquide.

[0050] Les flèches montrent l'ordre des transformations de phase. Entre les points A et B, le fluide subit une détente

dans le détendeur 18 et passe de l'état liquide à l'état diphasique. Entre les points B et C, le fluide traverse l'évaporateur 16 et passe de l'état diphasique à l'état de vapeur (un seul changement de phase). Ainsi, l'évaporateur comprend un tronçon 16a, suivant lequel le fluide est à l'état diphasique, et un tronçon 16b, suivant lequel le fluide est à l'état de vapeur. Entre les points C et D, le fluide est comprimé par le compresseur 12. Entre les points D et A, le fluide traverse le condenseur 14. A travers le condenseur 14, le fluide passe de l'état gazeux à un état diphasique, puis de l'état diphasique à l'état liquide (deux changements de phase). Ainsi, le condenseur 14 comprend un tronçon 14a, suivant lequel le fluide est à l'état gazeux, un tronçon 14b suivant lequel le fluide est à l'état diphasique, et un tronçon 14c suivant lequel le fluide est à l'état liquide.

[0051] Dans le cas où le fluide est à l'état diphasique, on applique, pour le calcul des masses volumiques, un coefficient a . Ce coefficient a est mieux connu sous le nom de fraction volumique, ou taux de vide. Il s'agit du rapport entre le volume occupé par le gaz et le volume occupé par le liquide. De façon bien connue de la littérature, il se calcule à partir de grandeurs thermodynamiques suivant des corrélations semi-empiriques.

[0052] Typiquement, les volumes des tronçons 14b et 16a sont pondérés avec ce coefficient a .

[0053] Lors d'une étape ultérieure e), les valeurs calculées aux étapes c) et d) sont ensuite utilisées pour calculer la masse totale M de fluide réfrigérant contenu à l'intérieur du système de climatisation, suivant la formule suivante :

$$M = \bar{p}_{\text{evap}} * V_{\text{internal, evap}} + \bar{p}_{\text{cond}} * V_{\text{internal, cond}} + \bar{p}_{\text{receiver}} * V_{\text{internal, receiver}} + \sum_i \bar{p}_{\text{tube, i}} * V_{\text{internal, tube, i}}$$

[0054] On compare ensuite, lors d'une étape f), la masse totale M de fluide réfrigérant calculée à l'étape e) avec la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation.

[0055] Plus précisément, l'étape f) consiste avantageusement à déterminer un indice de santé HI_{charge} du système de climatisation 8, en effectuant le quotient de la masse totale M de fluide réfrigérant calculée à l'étape e) sur la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation. Typiquement, la masse totale M de fluide réfrigérant est calculée à l'étape e) par le calculateur 40, lequel calcule également l'indice de santé HI_{charge} du système de climatisation 8. Pour ce faire, la masse de fluide réfrigérant contenue à l'origine dans le système de climatisation 8, c'est-à-dire à l'état neuf, est enregistrées comme un paramètre d'entrée dans le support d'enregistrement d'informations 44 du calculateur, c'est-à-dire dans la mémoire.

[0056] Typiquement, l'indice de santé HI_{charge} est comparé avec une valeur de référence, par exemple de l'ordre de 80%, le système de climatisation étant alors considéré comme ne fonctionnant plus de manière satisfaisante si l'indice de santé est inférieur à la valeur de référence et, dans le cas contraire, étant considéré comme fonctionnant de manière satisfaisante.

[0057] De préférence, le procédé comprend une étape g) consistant à émettre automatiquement un signal d'alerte si, à l'issue de l'étape d), le système de climatisation est déterminé comme ne fonctionnant plus de manière satisfaisante. Ce signal d'alerte peut par exemple prendre la forme d'un témoin lumineux s'allumant sur le tableau de bord du conducteur.

[0058] Avantageusement, les étapes a) à f) sont répétées au cours du temps pendant le fonctionnement du système de climatisation 8, de préférence de façon régulière avec une fréquence prédéfinie. Typiquement, les étapes b) à f) sont effectuées automatiquement par le calculateur électronique 40.

[0059] En variante, le système de climatisation 8 selon l'invention est également applicable à des véhicules ferroviaires n'étant pas destinés à transporter des passagers, par exemple des locomotives, des engins de manoeuvre tels que des locotracteurs, ou encore des engins de maintenance ferroviaire. Le système de climatisation 8 sert alors avantageusement à climatiser un volume 10 reçu à l'intérieur de ce véhicule, par exemple associé à une cabine de conduite ou à espace de transport de marchandises.

[0060] Les caractéristiques du mode de réalisation et des différentes variantes non représentées envisagées peuvent être combinées entre elles pour générer de nouveaux modes de réalisation.

Revendications

1. Procédé de supervision d'un système de climatisation (8) d'un véhicule ferroviaire (3), ce système de climatisation (8) comprenant plusieurs composants parmi lesquels figurent un compresseur (12), un condenseur (14), un évaporateur (16), un détendeur (18) et un circuit (20) de fluide frigorigène, ce système de climatisation (8) étant destiné à climatiser une zone (10) située à l'intérieur du véhicule ferroviaire (3), ce procédé étant **caractérisé en ce qu'il** comporte des étapes consistant à :

a) postérieurement à la mise en marche du système de climatisation (8), mesurer des grandeurs physiques

relatives au fluide frigorigène,

- b) à partir des grandeurs physiques mesurées lors de l'étape a), calculer des grandeurs thermodynamiques,
 c) à partir des grandeurs thermodynamiques calculées lors de l'étape b), calculer la masse volumique, éventuellement moyennée, du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
 d) à l'aide de données constructeur, lesquelles incluent les dimensions de chaque composant du système de climatisation, calculer le volume de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
 e) utiliser les valeurs calculées aux étapes c) et d) pour calculer la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'intérieur du système de climatisation, et
 f) comparer la masse totale (M) de fluide réfrigérant calculée à l'étape e) avec la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape a), les grandeurs physiques suivantes sont mesurées :

- la pression du fluide frigorigène (P_{suc}) à l'entrée du compresseur (12),
- la pression du fluide frigorigène (P_{dis}) en sortie du compresseur (12),
- la température ($T_{\text{cond,in}}$) du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur (14),
- la température ($T_{\text{cond,out}}$) du fluide frigorigène en sortie du condenseur (14),
- la température ($T_{\text{evap,in}}$) du fluide frigorigène à l'entrée de l'évaporateur (16),
- la température ($T_{\text{evap,out}}$) du fluide frigorigène en sortie de l'évaporateur (16),
- la température (T_{suc}) du fluide frigorigène à l'entrée du compresseur (12), et
- la température (T_{dis}) du fluide frigorigène en sortie du compresseur (12).

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape a), la température (T_{suc}) du fluide frigorigène à l'entrée du compresseur (12) et la température ($T_{\text{evap,out}}$) du fluide frigorigène en sortie de l'évaporateur (16) sont mesurées par un même capteur de température (32, 34) et/ou la température ($T_{\text{cond,in}}$) du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur (14) et la température (T_{dis}) du fluide frigorigène en sortie du compresseur (12) sont mesurées par un même capteur de température (26, 36).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les étapes a) à f) sont répétées au cours du temps pendant le fonctionnement du système de climatisation (8), de préférence de façon régulière avec une fréquence prédéfinie.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape a) est effectuée automatiquement au moyen de capteurs (22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36) et les étapes b) à f) sont effectuées automatiquement par un calculateur électronique (40).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape f) consiste à déterminer un indice de santé (HI_{charge}) du système de climatisation (8), en effectuant le quotient de la masse totale (M) de fluide réfrigérant calculée à l'étape e) sur la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation.

7. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'indice de santé (HI_{charge}) est comparé avec une valeur de référence, par exemple de l'ordre de 80%, le système de climatisation étant alors considéré comme ne fonctionnant plus de manière satisfaisante si l'indice de santé est inférieur à la valeur de référence et, dans le cas contraire, étant considéré comme fonctionnant de manière satisfaisante.

8. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre une étape g) consistant à émettre un signal d'alerte si, à l'issue de l'étape d), le système de climatisation est déterminé comme ne fonctionnant plus de manière satisfaisante.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les grandeurs thermodynamiques calculées à l'étape b) incluent :

- l'enthalpie ($h_{\text{evap,in}}$) en entrée de l'évaporateur,
- l'enthalpie ($h_{\text{evap,out}}$) en sortie de l'évaporateur,
- le débit massique (m_{ref}) du compresseur,

- l'enthalpie ($h_{\text{cond, in}}$) en entrée du condenseur,
- l'enthalpie ($h_{\text{cond, out}}$) en sortie du condenseur,
- l'enthalpie (h_{suc}) absorbée par le compresseur, et
- l'enthalpie (h_{dis}) fournie par le compresseur.

10. Véhicule ferroviaire (3) comportant un système de climatisation (8) pour climatiser une zone (10) située à l'intérieur du véhicule ferroviaire (3), ce système de climatisation (8) comprenant plusieurs composants parmi lesquels figurent un compresseur (12), un condenseur (14), un évaporateur (16), un détendeur (18) et un circuit (20) de fluide frigorigène, le système de climatisation comprenant en outre des capteurs (22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36) pour mesurer des grandeurs physiques relatives au fluide frigorigène postérieurement à la mise en marche du système de climatisation (8), **caractérisé en ce que** le véhicule ferroviaire (3) comporte un calculateur électronique (40) destiné à piloter le système de climatisation (8) et programmé pour mettre en oeuvre des étapes consistant à :

- calculer des grandeurs thermodynamiques à partir des grandeurs physiques mesurées,
- calculer la masse volumique, éventuellement moyennée, du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation, à partir des grandeurs thermodynamiques,
- à l'aide de données constructeur, lesquelles incluent les dimensions de chaque composant du système de climatisation, calculer le volume de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
- à partir des densités volumiques et des volumes de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant, calculer la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'intérieur du système de climatisation, et
- comparer la masse calculée avec la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation.

Revendications modifiées conformément à la règle 137(2) CBE.

1. Procédé de supervision d'un système de climatisation (8) d'un véhicule ferroviaire (3), ce système de climatisation (8) comprenant plusieurs composants parmi lesquels figurent un compresseur (12), un condenseur (14), un évaporateur (16), un détendeur (18) et un circuit (20) de fluide frigorigène, ce système de climatisation (8) étant destiné à climatiser une zone (10) située à l'intérieur du véhicule ferroviaire (3), ce procédé étant **caractérisé en ce qu'il** comporte des étapes consistant à :

- a) postérieurement à la mise en marche du système de climatisation (8), mesurer des grandeurs physiques relatives au fluide frigorigène,
- b) à partir des grandeurs physiques mesurées lors de l'étape a), calculer des grandeurs thermodynamiques,
- c) à partir des grandeurs thermodynamiques calculées lors de l'étape b), calculer la masse volumique, éventuellement moyennée, du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
- d) à l'aide de données constructeur, lesquelles incluent les dimensions de chaque composant du système de climatisation, calculer le volume de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
- e) utiliser les valeurs calculées aux étapes c) et d) pour calculer la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'intérieur du système de climatisation, et
- f) comparer la masse totale (M) de fluide réfrigérant calculée à l'étape e) avec la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation,

en ce que l'étape f) consiste à déterminer un indice de santé (Hlcharge) du système de climatisation (8), en effectuant le quotient de la masse totale (M) de fluide réfrigérant calculée à l'étape e) sur la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation ;

et en ce que l'indice de santé (Hlcharge) est comparé avec une valeur de référence, par exemple de l'ordre de 80%, le système de climatisation étant alors considéré comme ne fonctionnant plus de manière satisfaisante si l'indice de santé est inférieur à la valeur de référence et, dans le cas contraire, étant considéré comme fonctionnant de manière satisfaisante.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape a), les grandeurs physiques suivantes sont mesurées :

- la pression du fluide frigorigène (P_{suc}) à l'entrée du compresseur (12),

- la pression du fluide frigorigène (P_{dis}) en sortie du compresseur (12),
- la température ($T_{cond,in}$) du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur (14),
- la température ($T_{cond,out}$) du fluide frigorigène en sortie du condenseur (14),
- la température ($T_{evap,in}$) du fluide frigorigène à l'entrée de l'évaporateur (16),
- la température ($T_{evap,out}$) du fluide frigorigène en sortie de l'évaporateur (16),
- la température (T_{suc}) du fluide frigorigène à l'entrée du compresseur (12), et
- la température (T_{dis}) du fluide frigorigène en sortie du compresseur (12).

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape a), la température (T_{suc}) du fluide frigorigène à l'entrée du compresseur (12) et la température ($T_{evap,out}$) du fluide frigorigène en sortie de l'évaporateur (16) sont mesurées par un même capteur de température (32, 34) et/ou la température ($T_{cond,in}$) du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur (14) et la température (T_{dis}) du fluide frigorigène en sortie du compresseur (12) sont mesurées par un même capteur de température (26, 36).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les étapes a) à f) sont répétées au cours du temps pendant le fonctionnement du système de climatisation (8), de préférence de façon régulière avec une fréquence prédéfinie.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape a) est effectuée automatiquement au moyen de capteurs (22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36) et les étapes b) à f) sont effectuées automatiquement par un calculateur électronique (40).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre une étape g) consistant à émettre un signal d'alerte si, à l'issue de l'étape d), le système de climatisation est déterminé comme ne fonctionnant plus de manière satisfaisante.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les grandeurs thermodynamiques calculées à l'étape b) incluent :

- l'enthalpie ($h_{evap,in}$) en entrée de l'évaporateur,
- l'enthalpie ($h_{evap,out}$) en sortie de l'évaporateur,
- le débit massique (m_{ref}) du compresseur,
- l'enthalpie ($h_{cond,in}$) en entrée du condenseur,
- l'enthalpie ($h_{cond,out}$) en sortie du condenseur,
- l'enthalpie (h_{suc}) absorbée par le compresseur, et
- l'enthalpie (h_{dis}) fournie par le compresseur.

8. Véhicule ferroviaire (3) comportant un système de climatisation (8) pour climatiser une zone (10) située à l'intérieur du véhicule ferroviaire (3), ce système de climatisation (8) comprenant plusieurs composants parmi lesquels figurent un compresseur (12), un condenseur (14), un évaporateur (16), un détendeur (18) et un circuit (20) de fluide frigorigène, le système de climatisation comprenant en outre des capteurs (22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36) pour mesurer des grandeurs physiques relatives au fluide frigorigène postérieurement à la mise en marche du système de climatisation (8), **caractérisé en ce que** le véhicule ferroviaire (3) comporte un calculateur électronique (40) destiné à piloter le système de climatisation (8) et programmé pour mettre en oeuvre des étapes consistant à :

- calculer des grandeurs thermodynamiques à partir des grandeurs physiques mesurées,
- calculer la masse volumique, éventuellement moyennée, du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation, à partir des grandeurs thermodynamiques,
- à l'aide de données constructeur, lesquelles incluent les dimensions de chaque composant du système de climatisation, calculer le volume de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
- à partir des densités volumiques et des volumes de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant, calculer la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'intérieur du système de climatisation, et
- comparer la masse calculée avec la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation.

1. Procédé de supervision d'un système de climatisation (8) d'un véhicule ferroviaire (3), ce système de climatisation (8) comprenant plusieurs composants parmi lesquels figurent un compresseur (12), un condenseur (14), un évaporateur (16), un détendeur (18) et un circuit (20) de fluide frigorigène, le système de climatisation comprenant en outre des capteurs (22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36) pour mesurer des grandeurs physiques relatives au fluide frigorigène postérieurement à la mise en marche du système de climatisation (8), **caractérisé en ce que** le véhicule ferroviaire (3) comporte un calculateur électronique (40) destiné à piloter le système de climatisation (8) et programmé pour mettre en oeuvre des étapes consistant à :

porateur (16), un détendeur (18) et un circuit (20) de fluide frigorigène, ce système de climatisation (8) étant destiné à climatiser une zone (10) située à l'intérieur du véhicule ferroviaire (3), ce procédé étant **caractérisé en ce qu'il** comporte des étapes consistant à :

- 5 a) postérieurement à la mise en marche du système de climatisation (8), mesurer des grandeurs physiques relatives au fluide frigorigène,
- b) à partir des grandeurs physiques mesurées lors de l'étape a), calculer des grandeurs thermodynamiques,
- c) à partir des grandeurs thermodynamiques calculées lors de l'étape b), calculer la masse volumique moyenne du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
- 10 d) à l'aide de données constructeur, lesquelles incluent les dimensions de chaque composant du système de climatisation, calculer le volume de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
- e) utiliser les valeurs calculées aux étapes c) et d) pour calculer la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'intérieur du système de climatisation, et
- 15 f) comparer la masse totale (M) de fluide réfrigérant calculée à l'étape e) avec la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation,

et **en ce que** les grandeurs thermodynamiques calculées à l'étape b) incluent :

- 20 - l'enthalpie ($h_{\text{evap, in}}$) en entrée de l'évaporateur,
- l'enthalpie ($h_{\text{evap, out}}$) en sortie de l'évaporateur,
- le débit massique (m_{ref}) du compresseur,
- l'enthalpie ($h_{\text{cond, in}}$) en entrée du condenseur,
- l'enthalpie ($h_{\text{cond, out}}$) en sortie du condenseur,
- 25 - l'enthalpie (h_{suc}) absorbée par le compresseur, et
- l'enthalpie (h_{dis}) fournie par le compresseur.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape a), les grandeurs physiques suivantes sont mesurées :

- 30 - la pression du fluide frigorigène (P_{suc}) à l'entrée du compresseur (12),
- la pression du fluide frigorigène (P_{dis}) en sortie du compresseur (12),
- la température ($T_{\text{cond, in}}$) du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur (14),
- la température ($T_{\text{cond, out}}$) du fluide frigorigène en sortie du condenseur (14),
- 35 - la température ($T_{\text{evap, in}}$) du fluide frigorigène à l'entrée de l'évaporateur (16),
- la température ($T_{\text{evap, out}}$) du fluide frigorigène en sortie de l'évaporateur (16),
- la température (T_{suc}) du fluide frigorigène à l'entrée du compresseur (12), et
- la température (T_{dis}) du fluide frigorigène en sortie du compresseur (12).

40 3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape a), la température (T_{suc}) du fluide frigorigène à l'entrée du compresseur (12) et la température ($T_{\text{evap, out}}$) du fluide frigorigène en sortie de l'évaporateur (16) sont mesurées par un même capteur de température (32, 34) et/ou la température ($T_{\text{cond, in}}$) du fluide frigorigène à l'entrée du condenseur (14) et la température (T_{dis}) du fluide frigorigène en sortie du compresseur (12) sont mesurées par un même capteur de température (26, 36).

45 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les étapes a) à f) sont répétées au cours du temps pendant le fonctionnement du système de climatisation (8), de préférence de façon régulière avec une fréquence prédéfinie.

50 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape a) est effectuée automatiquement au moyen de capteurs (22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36) et les étapes b) à f) sont effectuées automatiquement par un calculateur électronique (40).

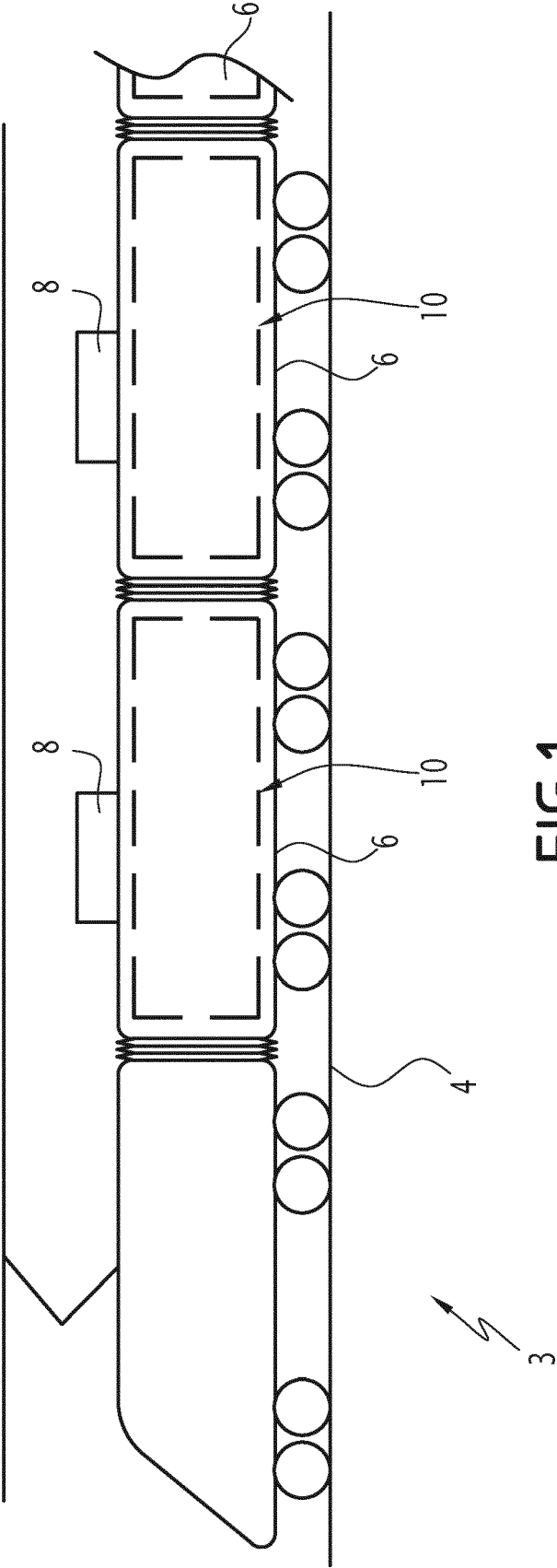
55 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape f) consiste à déterminer un indice de santé (HI_{Charge}) du système de climatisation (8), en effectuant le quotient de la masse totale (M) de fluide réfrigérant calculée à l'étape e) sur la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation.

7. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'indice de santé (HI_{charge}) est comparé avec une valeur de référence, par exemple de l'ordre de 80%, le système de climatisation étant alors considéré comme ne fonctionnant plus de manière satisfaisante si l'indice de santé est inférieur à la valeur de référence et, dans le cas contraire, étant considéré comme fonctionnant de manière satisfaisante.

8. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre une étape g) consistant à émettre un signal d'alerte si, à l'issue de l'étape d), le système de climatisation est déterminé comme ne fonctionnant plus de manière satisfaisante.

9. Véhicule ferroviaire (3) comportant un système de climatisation (8) pour climatiser une zone (10) située à l'intérieur du véhicule ferroviaire (3), ce système de climatisation (8) comprenant plusieurs composants parmi lesquels figurent un compresseur (12), un condenseur (14), un évaporateur (16), un détendeur (18) et un circuit (20) de fluide frigorigène, le système de climatisation comprenant en outre des capteurs (22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36) pour mesurer des grandeurs physiques relatives au fluide frigorigène postérieurement à la mise en marche du système de climatisation (8), **caractérisé en ce que** le véhicule ferroviaire (3) comporte un calculateur électronique (40) destiné à piloter le système de climatisation (8) et programmé pour mettre en oeuvre des étapes consistant à :

- calculer des grandeurs thermodynamiques à partir des grandeurs physiques mesurées,
- calculer la masse volumique, éventuellement moyennée, du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation, à partir des grandeurs thermodynamiques,
- à l'aide de données constructeur, lesquelles incluent les dimensions de chaque composant du système de climatisation, calculer le volume de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant du système de climatisation,
- à partir des densités volumiques et des volumes de passage du fluide réfrigérant à l'intérieur de chaque composant, calculer la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'intérieur du système de climatisation, et
- comparer la masse calculée avec la masse totale de fluide réfrigérant contenu à l'origine à l'intérieur du système de climatisation.



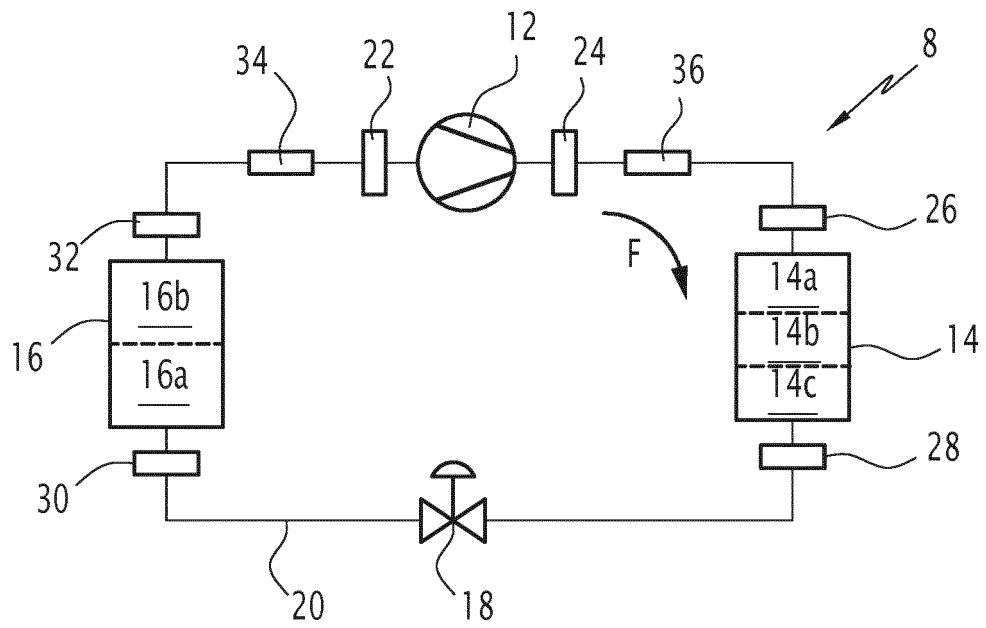


FIG.2

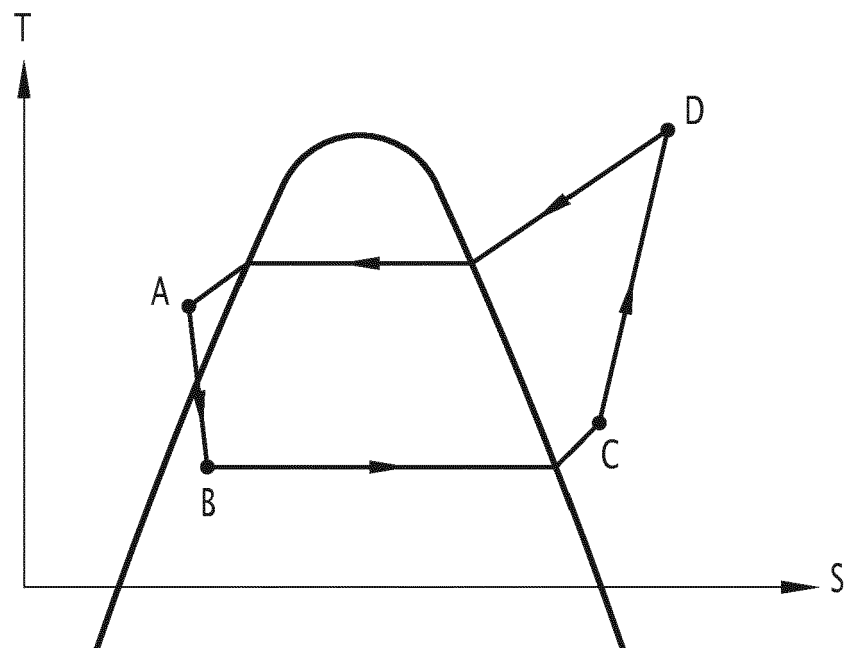


FIG.3

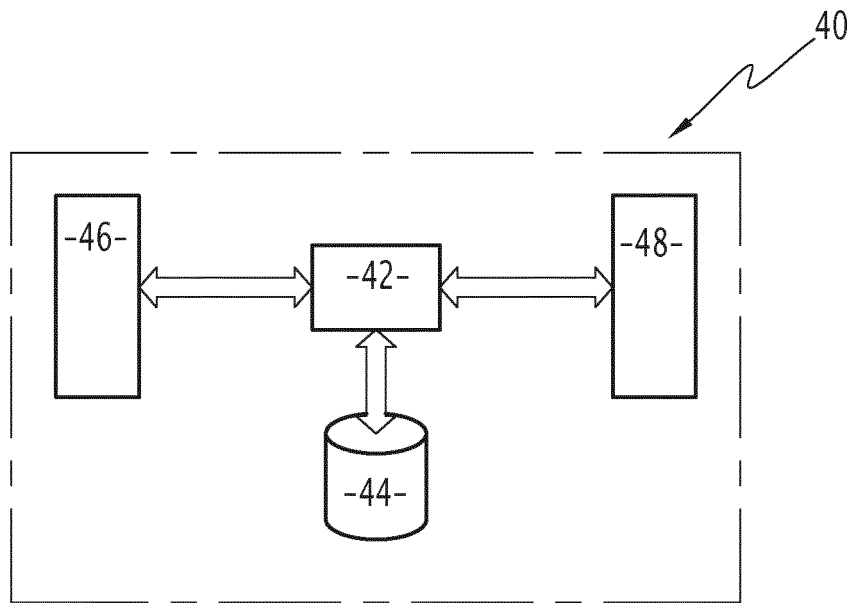


FIG.4



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 19 2605

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 2 472 203 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 4 juillet 2012 (2012-07-04) * alinéas [0059] - [0074]; figures 1,2,5 *	1-10	INV. F25B49/00
A	EP 2 034 261 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 11 mars 2009 (2009-03-11) * alinéas [0069] - [0129]; figures 1-4 *	1-10	
A	EP 2 546 588 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 16 janvier 2013 (2013-01-16) * figures 1,2,5,6 *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F25B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		24 septembre 2018	Amous, Moez
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 18 19 2605

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

24-09-2018

10

Document brevet cité
au rapport de recherche

Date de
publication

Membre(s) de la
famille de brevet(s)

Date de
publication

15

EP 2472203 A1 04-07-2012 CN 102575889 A 11-07-2012

EP 2472203 A1 04-07-2012

JP 5183609 B2 17-04-2013

JP 2011089717 A 06-05-2011

US 2012180506 A1 19-07-2012

WO 2011048721 A1 28-04-2011

20

EP 2034261 A1 11-03-2009 AU 2007264431 A1 03-01-2008

CN 101473177 A 01-07-2009

EP 2034261 A1 11-03-2009

JP 4155313 B2 24-09-2008

JP 2008002786 A 10-01-2008

KR 20090027223 A 16-03-2009

US 2009100849 A1 23-04-2009

WO 2008001687 A1 03-01-2008

25

EP 2546588 A1 16-01-2013 CN 102792108 A 21-11-2012

EP 2546588 A1 16-01-2013

JP 5558555 B2 23-07-2014

JP WO2011111114 A1 27-06-2013

US 2012318011 A1 20-12-2012

WO 2011111114 A1 15-09-2011

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- US 20070163276 A1 [0003]
- US 20110036104 A1 [0004]