

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 586 794

21 N° d'enregistrement national :

85 12795

51 Int Cl<sup>4</sup> : F 25 B 39/02.

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 27 août 1985.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 10 du 6 mars 1987.

60 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

71 Demandeur(s) : *ELECTRICITE DE FRANCE (Service Na-  
tional)*. — FR.

72 Inventeur(s) : Marc Delandre, Pierre Berhondo et Ber-  
nard Horber.

73 Titulaire(s) :

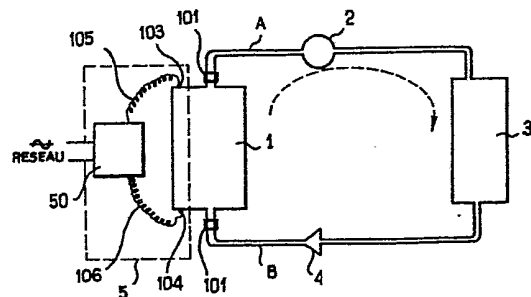
74 Mandataire(s) : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin,  
Schrimpf, Warcoin et Ahner.

54 Dispositif de dégivrage de l'évaporateur d'un échangeur de chaleur.

57 L'invention concerne un dispositif de dégivrage pour  
échangeur de chaleur.

Le dispositif de l'invention comprend des moyens 5 d'alimentation en énergie électrique sous très forte intensité, du corps de l'évaporateur 1, celui-ci étant connecté en série avec les moyens d'alimentation 5 en énergie électrique.

Application au dégivrage de pompes à chaleur, domestiques ou industrielles et aux réfrigérateurs.



FR 2 586 794 - A1

D

La présente invention est relative à un dispositif de dégivrage d'un échangeur de chaleur.

5 Le bon fonctionnement à basse température, par exemple inférieure à 6°C, des échangeurs de chaleur utilisés dans les pompes à chaleur de type air extérieur/eau ou air extérieur/air nécessite un dégivrage efficace.

10 En effet, au cours du fonctionnement, le givre s'accumule sur la paroi de l'échangeur entraînant une dégradation du coefficient d'échange thermique de celui-ci et en définitive des performances et du rendement de l'installation.

15 Le plus souvent, le dégivrage peut être effectué par production de gaz chauds dirigés dans l'évaporateur ou par inversion de cycle thermique. Le dégivrage par gaz chauds n'est pas très efficace, c'est-à-dire que le rendement d'une telle opération de dégivrage reste faible.

20 Le dégivrage par inversion de cycle thermique est par contre efficace et très répandu. C'est en général le système adopté par les fabricants de pompe à chaleur. Lors d'une opération de dégivrage de ce type, l'évaporateur joue le rôle du condenseur et réciproquement les rôles étant inversés grâce à une vanne quatre voies.

25 Ces systèmes présentent cependant l'inconvénient de nécessiter des composants frigorifiques supplémentaires tels que des clapets anti-retour et une vanne quatre voies grâce à laquelle le rôle du condenseur et de l'évaporateur peut être inversé.

En outre, pendant le dégivrage proprement dit, le compresseur reste en fonctionnement mais le temps nécessaire à l'obtention du dégivrage effectif est relativement important, temps pendant lequel la consommation du compresseur n'est pas réduite, celui-ci fonctionnant dans des conditions d'alimentation électrique semblables.

En outre, des travaux antérieurs ont axé l'opération de dégivrage précitée sur des systèmes de dégivrage par effet Joule, un apport d'énergie calorifique supplémentaire à l'évaporateur étant effectué par l'intermédiaire d'une résistance électrique extérieure à l'évaporateur .

De tels systèmes ont été décrits notamment dans la demande de brevet français 2 376 379. Ces systèmes présentent toutefois l'inconvénient d'un rendement non optimisé du fait des pertes d'énergie calorifique par convection normalement destinée au dégivrage.

Une tentative d'amélioration du système précité a consisté à prévoir un élément chauffant directement intégré au corps de l'évaporateur. Ce type de solution a été décrit notamment dans l'article intitulé "The use of heat pumps for domestic heating" de R.D. HEAP et C.J.BLUNDELL publié par Electricity Council Research Centre, Capenhurst, Chester, CH1 6ES, Grande-Bretagne, 1979. Ce type de solution nécessite cependant une isolation électrique convenable entre l'élément chauffant et le corps de l'évaporateur, lequel reste cependant préjudiciable à un rendement optimal.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précités par la mise en oeuvre d'un dispositif de dégivrage de l'évaporateur d'un échangeur de chaleur à conduction directe.

Le dispositif de dégivrage de l'évaporateur d'un échangeur de chaleur objet de l'invention est remarquable en ce qu'il comprend des moyens d'alimentation en énergie électrique sous très forte intensité du corps de l'évaporateur connecté en série avec les  
5                   moyens d'alimentation en énergie électrique.

L'invention trouve application dans les installations de pompe à chaleur domestiques ou d'installations industrielles et dans tout circuit  
10                   d'échange de chaleur comportant un évaporateur dont le corps est conducteur de l'électricité.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description et à l'observation des dessins ci-après dans lesquels :

15                   . La figure 1 représente un dispositif de dégivrage conforme à l'invention,

                  . la figure 2 représente un détail de réalisation d'un élément essentiel du dispositif représenté en figure 1,

20                   . La figure 3 représente une courbe donnant l'allure de l'intensité du courant de dégivrage utilisée dans un dispositif tel que représenté en figures 1 et 2.

25                   Le dispositif de dégivrage objet de l'invention utilisé notamment pour le dégivrage de l'évaporateur d'un échangeur de chaleur d'une installation sera tout d'abord décrit en liaison avec la figure 1.

3I                   A titre d'exemple non limitatif, l'installation telle que par exemple, une installation du type pompe à chaleur air extérieur/eau ou air extérieur/air, non réversible, comporte une canalisation aller notée A et une canalisation retour notée B.

assurant la liaison entre l'évaporateur proprement dit noté 1, un compresseur noté 2, un condenseur noté 3, un détendeur noté 4, la flèche en trait mixte indiquant le sens de circulation du fluide frigorigène assurant les transferts de chaleur classiques dans ce type d'installation. Conformément à l'invention, le dispositif de dégivrage de l'évaporateur 1 comprend des moyens d'alimentation 5 en énergie électrique, sous très forte intensité du corps de l'évaporateur 1, lequel est connecté en série avec les moyens 5 d'alimentation en énergie électrique.

Le corps de l'évaporateur 1 étant de manière classique constitué par un matériau très bon conducteur de la chaleur, celui-ci est également très bon conducteur de l'électricité. En conséquence, les moyens 5 d'alimentation sous très forte intensité, sont, ainsi que représentés en figure 1, constitués par un transformateur noté 50, abaisseur de tension, celui-ci étant connecté au réseau basse tension. Le transformateur abaisseur de tension joue aussi le rôle de transformateur d'isolement.

Le corps de l'évaporateur 1 est bien entendu électriquement isolé des circuits hydrauliques constitués par les canalisations aller A et retour B, de l'échangeur de chaleur. Sur la figure 1, on a représenté la liaison du corps de l'évaporateur 1 avec les conduites A et B, réalisée au moyen d'au moins un manchon isolant, noté 101, constitué par des bagues en céramiques par exemple. Il est à noter que le transformateur d'isolement 50 fonctionnant en transformateur abaisseur de tension, le corps de l'évaporateur lui-même, est soumis à une tension faible ou très faible, par rapport au

reste des circuits frigorifiques de l'installation, lesquels peuvent être en outre reliés à la terre.

Le corps de l'évaporateur 1 est constitué en un matériau conducteur de l'électricité de résistivité  $\rho$  comprise entre  $1,5 \times 10^{-8}$  et  $10 \times 10^{-8} \Omega \times m$ . Il peut par exemple être constitué en cuivre ou en alliage de cuivre. Dans ces conditions, le transformateur d'isolement 5 assure l'alimentation du corps de l'évaporateur 1, sous faible tension, inférieure par exemple à 1 volt, et sous une intensité efficace pouvant atteindre et même dépasser 1000 ampères. Les connexions ou bornes de connexions notées 103, 104, du corps de l'évaporateur 1 au moyen d'alimentation 5, par des fils de connexion notées par exemple 105, 106, sont réalisées de manière à supporter une densité de courant électrique  $J > 10 \text{ A/cm}^2$ .

Compte tenu du matériau choisi pour constituer le corps de l'évaporateur 1, les conducteurs de connexion 105, 106 précités étant par exemple en cuivre, les bornes de connexion 103, 104 sont constituées en un matériau choisi parmi le groupe cuivre, aluminium ou alliage cuivre-aluminium. Les connexions entre les fils de connexion 105, 106 et les bornes 103, 104 sont de façon préférentielle réalisées par soudure à l'arc ou par fusion par points, sous atmosphère neutre.

Ainsi que décrit en outre en figure 2, le dispositif de dégivrage conforme à l'invention est tel que les moyens d'alimentation 5 en énergie électrique, comportent en outre des moyens 1050 de mesure de l'intensité électrique consommée par l'évaporateur 1 pendant la phase de dégivrage.

Par moyens de mesure de l'intensité électrique consommée par l'évaporateur 1, on comprendra bien sûr tous moyens capables de délivrer un signal sensiblement proportionnel à l'intensité électrique ID dite intensité de dégivrage consommée par l'évaporateur 1, la lecture de cette intensité, bien entendu, n'étant pas nécessaire. Ainsi que représenté en figure 2, les moyens 1050 peuvent être constitués de manière non limitative par un transformateur abaisseur d'intensité, auquel est associé par exemple une résistance de charge 1051, l'ensemble développant une tension proportionnelle au courant de dégivrage ID, aux bornes de la charge 1051. Cette tension peut par exemple être redressée au moyen d'un élément redresseur 1052, la tension ainsi redressée étant proportionnelle au courant de dégivrage ID.

Les moyens d'alimentation 5 en énergie électrique comportent en outre des moyens de comparaison notés 1053, de l'intensité de dégivrage ID à une valeur de seuil. Sur la figure 2, les moyens de comparaison 1053 sont constitués par un amplificateur différentiel dont l'entrée négative reçoit la tension redressée proportionnelle au courant ID, et dont l'entrée positive reçoit la tension de référence, notée  $V_{ref}$  constituant la valeur de seuil de comparaison de l'intensité de dégivrage ID. Les moyens 5 d'alimentation en énergie électrique, comportent en outre, à titre d'exemple, des moyens interrupteurs 500 commandés, recevant, des moyens de comparaison 1053, un signal de contrôle ou de commande capable d'assurer, en fin de dégivrage, une commutation des moyens interrupteurs 500. Ainsi qu'il apparaît en figure 2, les moyens interrupteurs 500 peuvent être

constitués par exemple par un relais électro-mécanique contacteur, normalement ouvert, dont les bornes de contact et de commutation sont reliées de façon à assurer l'alimentation du transformateur d'isolement 50 par le réseau basse tension, et dont l'enroulement d'excitation 501 est relié à une borne apte à recevoir un signal de commande de dégivrage noté VCD, par l'intermédiaire d'un interrupteur 1056. L'interrupteur 1056 peut être constitué par un relais, normalement fermé, commandé, à l'ouverture par le signal de contrôle délivré par les moyens de comparaison 1053. Le signal VCD de commande de dégivrage peut être fourni au dispositif de l'invention, par tout moyen capable en fonction de la température extérieure, du degré d'hygrométrie de l'air extérieur, de détecter le début de formation de givre sur le corps de l'évaporateur 1. Ces systèmes de détection fonctionnant par exemple, par détection capacitive, sont connus de la technique et ne feront pas l'objet d'une description plus détaillée. Sur la figure 2, on notera en outre que le signal de commande ou de contrôle délivré par les moyens de comparaison 1053 est en fait transmis au moyen d'excitation de l'interrupteur 1056, de préférence par l'intermédiaire d'un circuit déclencheur de type trigger 1054, en cascade avec un amplificateur de puissance 1055.

Le fonctionnement du dispositif, dans son mode de réalisation préférentiel, tel que représenté en figure 2, sera décrit en liaison avec la figure 3.

Ainsi que représenté sur cette figure, des essais du dispositif objet de l'invention, ont montré que le courant de dégivrage ID restait sensi-

blement constant, pendant la majeure partie de la phase de dégivrage proprement dite, pour amorcer une décroissance sensiblement régulière, en fin de dégivrage, c'est-à-dire après disparition de la majorité de la couche de givre préalablement présente sur le corps de l'évaporateur 1. Cette variation de l'intensité du courant de dégivrage est essentiellement due à la structure particulière du dispositif de dégivrage de l'invention, dans laquelle, en raison de l'alimentation directe du corps de l'évaporateur par le courant de dégivrage, les paramètres de résistivité de celui-ci augmentent en fonctionnement au cours de la phase de dégivrage, cette variation étant due à la disparition de la couche de givre sur le corps de l'évaporateur et à l'élévation de température de celui-ci. Cette variation de l'intensité du courant de dégivrage ID, permet de manière remarquable, une optimisation de la phase de dégivrage proprement dite, en durée, l'instant de fin de dégivrage pouvant être défini comme l'instant auquel le courant de dégivrage ID a atteint 80 % de sa valeur maximale préalable en début de phase de dégivrage.

Ainsi, la présence de givre étant détectée sur le corps de l'évaporateur 1, couche de givre d'épaisseur suffisante pour entraîner un fonctionnement dans de mauvaises conditions de l'échangeur de chaleur, le signal VCD engendré provoque par l'interrupteur 1056 normalement fermé, la fermeture des moyens interrupteurs 500 et l'alimentation du transformateur d'intensité 50, lequel provoque l'alimentation du corps de l'évaporateur 1, par le courant de dégivrage ID. Le courant ID de dégivrage étant

maximum, sensiblement pendant toute la phase de dégivrage, la tension de référence  $V_{ref}$  est choisie de façon que l'amplificateur différentiel délivre une tension négative tant que le courant de dégivrage est maximum, le trigger 1054 ne déclenchant pas. En fin de phase de dégivrage, le courant de dégivrage diminue et en conséquence, la tension redressée proportionnelle à celui-ci, l'amplificateur différentiel 1053 délivrant alors une tension positive, permet le déclenchement du trigger 1054, l'ouverture de l'interrupteur 1056 et des moyens interrupteurs 500 et l'arrêt de la phase de dégivrage.

On comprendra que de manière avantageuse, le dispositif de l'invention permet d'automatiser et d'optimiser les phases de dégivrage de toute installation du type pompe à chaleur, ou même machine frigorifique, la phase de dégivrage pouvant de manière avantageuse être réalisée totalement pendant la durée dite "anti-court-cycle" ou durée minimale d'arrêt du compresseur.

Bien entendu, la détection et la commande d'arrêt de la phase de dégivrage peuvent être effectuées sur des paramètres directement liés à l'intensité de dégivrage ID, tels que la dérivée du courant de dégivrage ID ou analogue.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de dégivrage de l'évaporateur d'un échangeur de chaleur, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens d'alimentation en énergie électrique sous très forte intensité du corps de l'évaporateur  
5 connecté en série avec lesdits moyens d'alimentation en énergie électrique.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens d'alimentation sous très forte intensité sont constitués par un trans-  
10 formateur abaisseur de tension jouant le rôle de transformateur d'isolement.

3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le corps de l'évapo-  
15 rateur conducteur de l'électricité est électriquement isolé des circuits frigorifiques de l'échangeur de chaleur.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le corps de l'évaporateur est constitué en un matériau conducteur de l'électricité  
20 de résistivité  $\rho$  comprise entre  $1,5 \times 10^{-8}$  et  $10 \times 10^{-8} \Omega \times m$ .

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdites connexions du corps de l'évaporateur aux moyens d'alimentation en énergie électrique sont réalisées de manière à  
25 supporter une densité de courant  $J > 10 \text{ A/cm}^2$ .

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que lesdites connexions sont réalisées par soudure à l'arc ou par fusion par point sous at-  
mosphère neutre.

7. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que les conducteurs de connexion des moyens d'alimentation en énergie élec-  
30 trique étant en cuivre, les bornes de connexion sont en un matériau choisi parmi le groupe cuivre, aluminium ou en alliage cuivre aluminium.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'alimentation en énergie électrique comportent en outre :

- 5           - des moyens de mesure de l'intensité électrique consommée par l'évaporateur,
  - des moyens de comparaison de cette intensité à une valeur de seuil,
  - des moyens interrupteurs commandés recevant un signal de contrôle desdits moyens de
  - 10          comparaison, lesdits moyens interrupteurs étant capables d'assurer une commutation de fin de dégivrage.
9. Pompe à chaleur caractérisée en ce qu'elle
- comporte un dispositif de dégivrage selon l'une des revendications précédentes.
- 15           10. Circuit d'échange de chaleur de machine frigorifique, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de dégivrage selon l'une des revendications 1 à 8 précédentes.

1 / 2

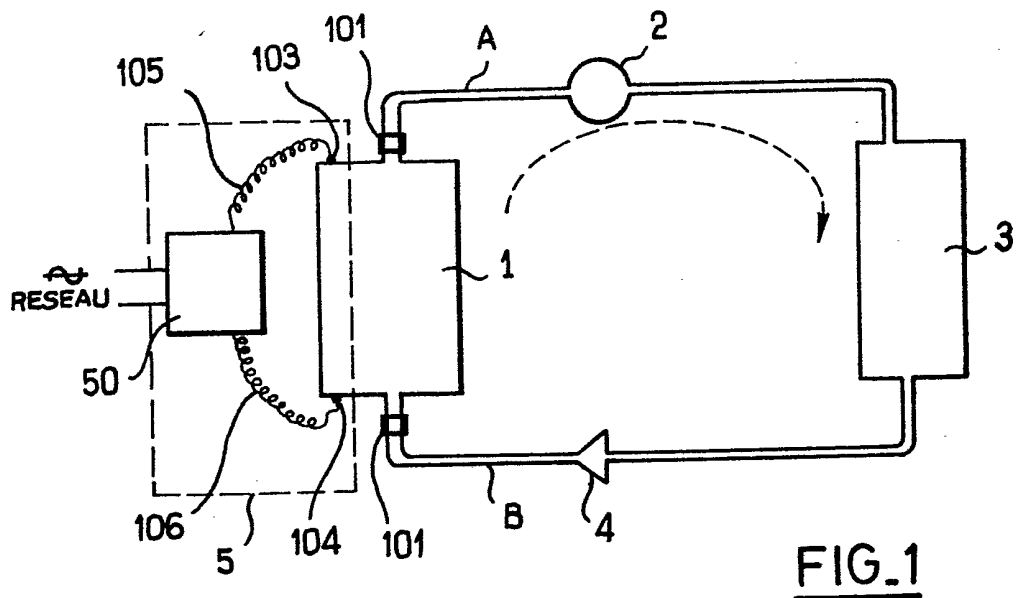


FIG. 1

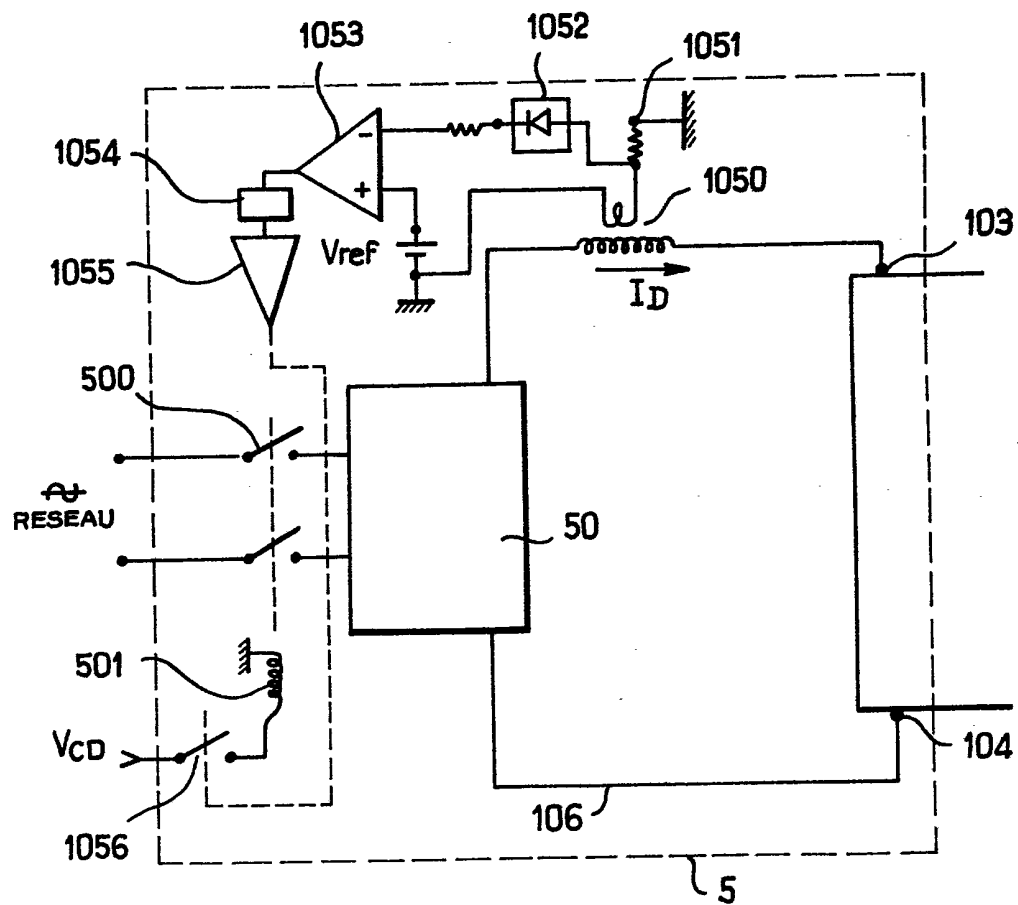


FIG. 2

2/2

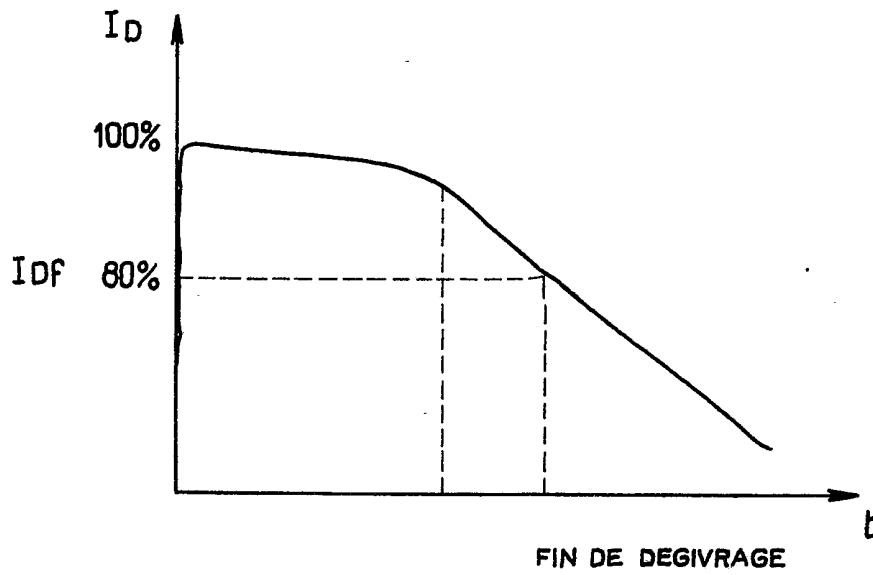


FIG.3