

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 11 janvier 1985.

③0 Priorité : US, 11 janvier 1984, n° 569,886.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 28 du 12 juillet 1985.

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

⑦1 Demandeur(s) : *COPELAND CORPORATION.* — US.

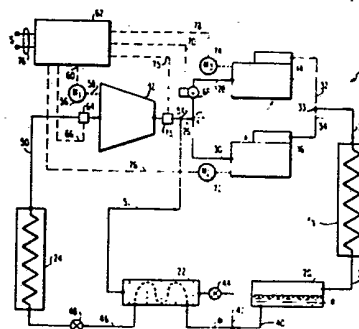
⑦2 Inventeur(s) : David Norton Shaw.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Novapat, cabinet Chèreau.

⑤4 Dispositif de réfrigération à deux étages, au fonctionnement souple et au rendement élevé.

⑤7 Un dispositif de réfrigération caractérisé par un surcom-
presseur d'un premier étage 12 alimentant des compresseurs
multiples en parallèle d'un second étage 14, 16 dans un
dispositif de réfrigération à boucle fermée par ailleurs clas-
sique, utilise un économiseur 22 entre le condensateur 18 et
l'évaporateur 24 et renvoie la vapeur de l'économiseur à un
point à pression inter-étage situé entre le premier étage et le
second étage, fonctionne d'une manière très souple et efficace
en entraînant le surcompresseur à une vitesse variable et les
compresseurs du second étage à vitesse constante, à capacité
maximum, ces machines ne pouvant être déchargées. Le dis-
positif de commande utilisant un détecteur 64 de la pression
de l'évaporateur, de sa température ou de la pression d'aspira-
tion fait varier la vitesse du moteur M₁ d'entraînement du
surcompresseur pour le ralentir initialement, puis connecte ou
déconnecte les compresseurs du second étage. Le surcom-
presseur fonctionne toujours et l'économiseur est toujours
opérationnel. Comme les machines de l'étage haute vitesse ne
se déchargent pas, elles fonctionnent toujours à leur rende-
ment maximum.



1.

La présente invention concerne des dispositifs de réfrigération et de climatisation, employant des compresseurs multi-étages et, plus particulièrement, un dispositif utilisant un économiseur pour sous-refroidir le réfrigérant condensé avant sa vaporisation dans l'évaporateur, et un agencement conférant une grande souplesse aux fonctionnements des compresseurs multiples, tout en maintenant le rendement du dispositif de réfrigération comportant les compresseurs des premier et second étages.

Les supermarchés utilisent actuellement typiquement, des compresseurs à trois étages montés en parallèle qui sont mis en marche et hors marche par la pression à l'aspiration. De tels dispositifs ne comportent typiquement aucun économiseur et par conséquent le rendement est bas car les rapports de compression sont élevés, et il y a un fonctionnement cyclique important des compresseurs et la plage de commande de la pression d'aspiration reste assez vaste. Ces facteurs se traduisent par un mauvais rendement et par un manque de fiabilité.

Par conséquent, la présente invention a pour

2.

objet principal un dispositif de réfrigération perfectionné multi-compresseur dans lequel le dispositif de base fait encore appel à trois compresseurs, un compresseur de sur-compression et deux compresseurs à étage élevé, où le dispositif emploie un économiseur qui est constamment actif à l'intérieur du dispositif et qui ne nécessite que deux transducteurs de base pour la commande de la totalité du système.

La présente invention a pour objet un circuit de réfrigération qui comprend au moins un compresseur à un étage, deux compresseurs à un second étage, un condenseur, un économiseur, un évaporateur et un moyen de conduite renfermant un fluide de travail réfrigérant compressible en liaison avec le compresseur du premier étage, les compresseurs du second étage à titre de groupe, le condenseur, l'économiseur, l'évaporateur, en série, dans cet ordre dans une boucle fermée et avec les compresseurs du second étage en parallèle l'un avec l'autre. Le moyen de conduite comprend en outre un moyen pour extraire une partie du réfrigérant condensé de la boucle fermée en aval du condenseur et la détendre à l'intérieur de l'économiseur pour sous-refroidir le réfrigérant liquide à l'intérieur de la boucle fermée qui est introduit dans l'évaporateur et pour renvoyer le réfrigérant se détendant sous forme de vapeur de réfrigérant à pression relativement élevée à un point à pression intermédiaire à l'intérieur de la boucle fermée entre la sortie du compresseur du premier étage et l'entrée des compresseurs du second étage. Des moyens sont prévus pour détendre le réfrigérant liquide à haute pression, sur-refroidi, en aval de l'économiseur à l'évaporateur. Des moteurs sont prévus pour entraîner les compresseurs, et le dispositif comprend un moyen permettant de commander le fonctionnement des compresseurs des premier et second étages, comprenant un moyen pour entraîner sélectivement

3.

les moteurs des compresseurs du second étage afin d'activer sélectivement les moteurs des compresseurs du second étage et de commander le débit du réfrigérant d'une manière sélective vers les compresseurs du second étage. Le perfectionnement comprend l'entraînement du compresseur-surpresseur du premier étage à une vitesse variable de manière à obtenir une grande variation du débit du réfrigérant le traversant, et où les compresseurs du second étage comprennent des compresseurs fonctionnant de manière fixe à la charge maximum et opérant ainsi à leur rendement de pointe, de sorte que la pression inter-étage est maintenue raisonnable, et où le moyen de commande comprend un premier transducteur pour détecter l'un quelconque des paramètres suivants : pression d'évaporation, température d'évaporation ou pression d'aspiration, et un second transducteur pour détecter la pression inter-étage du réfrigérant circulant dans la boucle fermée afin de commander la vitesse du compresseur-surpresseur du premier étage d'une façon telle qu'au début la commande est obtenue par ralentissement du surpresseur et, en second lieu, lorsque la pression inter-étage atteint un minimum prédéterminé, l'un des compresseurs du second étage est arrêté; d'où il résulte que la pression inter-étage croît automatiquement et augmente la charge du compresseur du haut étage restant.

L'un quelconque ou la totalité des compresseurs peuvent être des compresseurs alternatifs, des compresseurs rotatifs à vis hélicoïdale, des compresseurs rotatifs à ailettes coulissantes, ou des compresseurs en spirale. Le moteur d'entraînement du compresseur-surpresseur du premier étage peut être constitué d'un moteur à induction utilisant une commande d'inverseur à vitesse variable, avec la fréquence variant entre 20 et 100 Hertz.

La présente invention sera bien comprise lors de la description suivante faite en liaison avec les

4.

dessins ci-joints dans lesquels :

La figure 1 est une représentation schématique d'un circuit de réfrigération à boucle fermée selon un mode de réalisation préféré de la présente invention;

5 La figure 2 est un graphique de la pression inter-étage pour le dispositif de la figure 1 en fonction de la charge/capacité du dispositif , illustrant la commande simplifiée et la souplesse de ce dispositif de réfrigération.

10 En liaison avec la figure 1, on a représenté un dispositif de réfrigération à boucle fermée selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, représenté en 10. Le dispositif à boucle fermée comprend un surpresseur 12 formant le premier étage, une paire
15 de seconds compresseurs ou compresseurs de haut étage 14, 16, un condenseur refroidi par air 18, un récepteur 20, un économiseur 22, et un ou plusieurs évaporateurs 24, qui sont des composants de base du dispositif de réfrigération 10 à boucle fermée. Un moyen de conduite sert à relier les éléments en série avec les deux compresseurs du haut étage
20 14, 16 en parallèle à titre de groupe à l'intérieur du circuit en série de la boucle fermée. Comme tel, le circuit 26 renfermant un fluide de travail réfrigérant approprié, comme le produit R-502, forme au point 27 deux conduites en
25 parallèle 28 et 30 de manière à fournir la sortie du surcompresseur 12 du premier étage à une pression intermédiaire au côté d'aspiration, ou entrée, des compresseurs 14, 16 du second étage. Les sorties des compresseurs 14, 16 sont réunies, via des conduites 32 et 34, à un point de
30 jonction 33 où la vapeur du réfrigérant comprimée à haute pression est appliquée à l'entrée du condenseur 18 via une conduite 36. La sortie du condenseur permet au réfrigérant condensé de s'écouler vers le récepteur 20 via une conduite 38. Comme indiqué, le réfrigérant R sous forme
35 liquide situé à l'intérieur du récepteur 20 s'écoule via

5.

une conduite 40 jusqu'à l'économiseur 22. Au point 41, une conduite de soutirage, ou de dérivation, 42 permet à une partie du réfrigérant liquide R d'être extraite du circuit primaire à boucle fermée et de se détendre via une vanne d'expansion 44 à l'intérieur de l'économiseur 22 fonctionnant de manière à sous-refroidir la partie principale du réfrigérant liquide qui passe directement vers le ou les évaporateurs 24 via une conduite 46. Le réfrigérant liquide sous-refroidi se détend via une vanne d'expansion 48 pour entrer dans le ou les évaporateurs 24 afin d'effectuer une fonction utile à l'intérieur du dispositif de réfrigération. La vapeur de réfrigérant revenant du ou des évaporateurs 24 traverse une conduite 50 jusqu'au côté d'aspiration, ou côté basse pression, du sur-compresseur 12 du premier étage, complétant ainsi la circulation en boucle fermée.

Par ailleurs, le réfrigérant soutiré via la conduite 42 qui se vaporise à l'intérieur de l'économiseur afin d'exécuter un sous-refroidissement, traverse une conduite 52 pour atteindre un point à pression intermédiaire, tel que 54, à l'intérieur du dispositif et déboucher dans la conduite 26 reliant la sortie du compresseur du premier étage à l'entrée de l'un ou l'autre ou des deux compresseurs 14, 16 du second étage. On notera qu'alors qu'on a représenté seulement deux compresseurs 14, 16, il pourrait y en avoir trois ou plus, tous ces compresseurs étant montés en parallèle et commandés de manière appropriée. Le dispositif illustré est limité volontairement aux deux compresseurs 14, 16 du haut étage.

Le dispositif de réfrigération tel qu'illustré permet une réfrigération hautement efficace qui utilise un ou plusieurs évaporateurs 24 dans toutes les conditions de charge grâce à l'utilisation constant d'un cycle d'économiseur, c'est-à-dire que le surpresseur 12

du premier étage fonctionne toujours mais que l'économi-
seur 22 est toujours actif. Volontairement, on utilise
les deux compresseurs 14,16 du haut étage de manière que
les variations de pression inter-étage restent maîtrisées.

5 De plus, les machines du haut étage, qui peuvent être des
compresseurs alternatifs sans capacité de charge, ne se
déchargent pas et donc fonctionnent toujours à leur ren-
dement maximum. Le surpresseur 12 du premier étage peut
être un compresseur alternatif à vitesse variable, mais
10 pourrait être un compresseur à vis à vitesse variable, un
compresseur rotatif à ailettes coulissantes à vitesse
variable, etc. Il est également possible d'utiliser un
turbo-compresseur à vitesse variable, c'est-à-dire un
compresseur centrifuge.

15 Le but du dispositif est d'obtenir le rende-
ment le plus élevé possible, et le dispositif emploie
fondamentalement un surpresseur 12 fonctionnant à une
vitesse variable, combiné avec deux ou plusieurs machi-
nes de haut étage, de capacité fixe, de façon que la
20 pression inter-étage soit maintenue à une valeur raison-
nable.

Dans le système illustré, un moteur M_1 , par
exemple en 56, est relié comme indiqué par le pointillé
58 au surpresseur 12 du premier étage, de manière à l'en-
25 traîner à vitesse variable et fournir pour le réfrigé-
rant R qui traverse le compresseur de préférence une
plage de débit allant de cinq à un ou mieux. A son
tour, le compresseur 16 du second étage est entraîné
directement par un second moteur M_2 , par exemple en 72,
30 alors qu'un moteur M_3 , par exemple en 74, entraîne di-
rectement l'autre compresseur 14 du second étage.

Le dispositif de commande est simple et stable
par inhérence. Le dispositif illustré emploie un panneau
de commande, par exemple en 62, qui est connecté à une
35 source S via des fils 76. Le moteur 58 est donc alimen-
té via le panneau de commande 62 par l'intermédiaire

d'une ligne électrique 60. Le dispositif utilise deux transducteurs. Le premier transducteur 64 est un transducteur de pression comme cela est représenté, qui détecte la pression à l'aspiration du sur-compresseur 12 et est représenté comme étant monté dans une conduite 50 fournissant du réfrigérant entre le ou les évaporateurs 24 et le sur-compresseur 12 à l'entrée, ou côté d'aspiration, du sur-compresseur 12. En variante, le transducteur 64 pourrait être un transducteur détectant la pression d'évaporation ou la température d'évaporation pour le ou les évaporateurs 24. Le signal du transducteur 64 est appliqué au panneau de commande 62 via une ligne 66. Le second transducteur 73 détecte la pression inter-étage, et est dans ce cas branché dans la conduite 26 qui fournit le fluide de décharge du sur-compresseur du premier étage à l'entrée des compresseurs 14, 16 du second étage. Un transducteur de pression 73 fournit un signal via une ligne 75 au panneau de commande 62. En plus de la ligne 60, qui sort du panneau de commande 62 et dont la fonction est de faire varier la vitesse du moteur 56 entraînant directement le sur-compresseur 12, un certain nombre d'autres lignes sortent du panneau de commande 62 et rejoignent divers composants du dispositif. A cet égard, une ligne de commande 70 connecte le panneau de commande 62 à une vanne 68 actionnée par solénoïde, qui est placée à l'intérieur de la conduite 28 débouchant dans l'entrée du compresseur 14 du second étage et fonctionne de manière à débrancher sélectivement du dispositif le compresseur 14 dans certaines conditions qui seront expliquées ultérieurement. Une ligne de commande 67 sort du panneau de commande 62 et fournit du courant au moteur 72 entraînant directement le compresseur 16 du second étage. Une ligne d'alimentation 78 s'étend du panneau de commande 62 jusqu'au moteur 74 de manière à entraîner directement le compresseur 14 du second étage.

8.

En marche, alors qu'il y a baisse des besoins en réfrigérant du ou des évaporateurs 24, la pression d'aspiration à l'entrée du sur-compresseur 12 chute et le transducteur 64 fournit un signal de commande via la ligne 66 au panneau de commande faisant ressortir la chute de la pression d'aspiration. A son tour, le panneau de commande 62 fait varier le courant traversant le moteur d'entraînement 56 de manière à ralentir le surpresseur et donc diminuer le débit du réfrigérant traversant le sur-compresseur 12 du premier étage. Le moteur 56 peut être un moteur à induction utilisant une commande d'inverseur à vitesse variable, auquel cas le panneau de commande 62 fonctionne pour faire varier la fréquence du courant fourni au moteur 56 via la ligne 60. Pour une plage de un à cinq du surcompresseur 12, la variance de la fréquence du signal de commande appliqué au moteur 56 peut être comprise entre 20 et 100 Hertz.

Lorsque la pression inter-étage atteint un minimum prédéterminé, l'un des deux compresseurs du second étage sera arrêté, et la pression inter-étage croîtra automatiquement et augmentera la charge du ou des compresseurs restants de l'étage à haute vitesse. Dans le dispositif illustré, le second transducteur 73 détectant la pression inter-étage fournira un signal représentatif de la nouvelle réduction de pression inter-étage, via la ligne 75, au panneau de commande 62. Le panneau de commande 62 arrêtera alors le compresseur, par exemple celui représenté en 14 en stoppant l'excitation du moteur d'entraînement 74 via la ligne 78. Simultanément, si nécessaire, la vanne de commande 68 actionnée par solénoïde changera d'état de manière à couper la circulation de réfrigérant dans la conduite 28 débouchant dans le compresseur 14 du second étage, via la ligne 70.

Le fonctionnement du dispositif est représenté graphiquement en figure 2, qui est une courbe de la pression

inter-étage en fonction de la charge/capacité du dispositif. Les deux lignes parallèles en trait plein P et P' sont les courbes de la pression inter-étage selon que fonctionnent une ou deux machines du haut étage. La courbe P

5 concerne un seul compresseur du second étage, alors que la courbe P' est relative à un fonctionnement en charge/capacité plus élevé du dispositif compris entre 40 et 100 %. Si l'on suppose, par exemple, que le dispositif fonctionne à faible charge avec un seul compresseur en

10 marche dans le second étage, c'est-à-dire le compresseur 16, et en se rappelant que le sur-compresseur du premier étage fonctionne toujours et donc que l'économiseur 22 est toujours opérationnel, lorsque le fonctionnement du dispositif est tel que la pression inter-étage atteint un point

15 élevé de la ligne P, par exemple un point choisi B correspondant à 0,4 MPa, le compresseur 14 du second étage entre en action, la pression entre-étage tombe à environ 0,26 MPa, au point 3' de la seconde courbe P' pour le fonctionnement des deux compresseurs du haut étage. Comme on peut

20 le remarquer, comme la charge croît, la pression inter-étage à laquelle est redémarré le compresseur 14 du second étage est réglée à une valeur supérieure à la pression inter-étage rééquilibrée à laquelle le second compresseur est arrêté, le point d'arrêt sur la ligne P' se trouvant

25 en A qui correspond à une pression d'environ 0,14 MPa comme illustré pour le dispositif.

On doit se rappeler que la courbe représentée concerne un dispositif de réfrigération efficace et fiable pour supermarché, impliquant un ou plusieurs évaporateurs

30 24, et constitue la base d'une philosophie générique de commande ou diagramme logique où le réfrigérant peut être du type R-502 et le dispositif a une température d'évaporation de -30°C . Dans le système représenté, on évite un excès de cyclage des compresseurs 14, 16, ce qui aurait

35 pour effet d'avoir un effet sérieux sur le rendement du dispositif car l'économiseur est toujours maintenu à

10.

l'état actif. Lorsque la pression inter-étage tombe suivant la ligne P' à 0,1 MPa et atteint le point A, le dispositif écarte le compresseur 14 maintenant le compresseur 16 du second étage, et la pression inter-étage croît immédiatement (pour la même charge) jusqu'à environ 0,32 MPa. Le compresseur unique 16 du second étage maintient le fonctionnement du dispositif alors que la charge de base continue à décroître et le sur-compresseur 12 est encore ralenti par une commande appropriée venant du panneau de commande 62 et appliquée au moteur 56 d'entraînement du sur-compresseur via la ligne 60. Comme indiqué précédemment, si la charge croît après transfert du dispositif au seul compresseur 16 du second étage, la vitesse du moteur 56 augmente d'une manière appropriée, fournissant une augmentation du débit du réfrigérant qui traverse le compresseur 12 du premier étage jusqu'à ce que, naturellement, la pression inter-étage atteigne une valeur de 0,42 MPa (point B, courbe P), où le compresseur 14 du second étage entre en marche et comprime le réfrigérant en parallèle avec le réfrigérant traversant l'autre compresseur 16 du second étage.

Dans le dispositif illustré, la charge du système chutant, le transducteur 64 de la pression d'aspiration provoque la diminution de la vitesse du sur-compresseur 12. Lorsque la pression inter-étage atteint A (courbe P'), un compresseur du second étage est coupé et la pression inter-étage se rééquilibre (point A', courbe P). L'augmentation de la charge provoque l'accélération du sur-compresseur 12 et l'entrée en marche du second compresseur ou du compresseur suivant du second étage, en B (courbe P).

Comme on peut l'apprécier, il est seulement nécessaire d'avoir comme entrée, pour obtenir une commande de convenable, deux transducteurs de base. L'un sert à

mesurer la pression d'aspiration ou son équivalent,
et l'autre à mesurer la pression inter-étage du fluide
réfrigérant de travail dans la boucle fermée. La logi-
que de commande générique est simple et directe, et un
5 panneau de commande à semi-conducteurs peut être facile-
ment mis en oeuvre pour effectuer la commande du dispo-
sitif avec les paramètres décrits. On pense que le dis-
positif de réfrigération est idéal tant pour la réfrigé-
ration industrielle que pour les pompes à chaleur typi-
10 ques qu'on utilise pour le chauffage et le refroidisse-
ment de bâtiments commerciaux et autres. Le dispositif
illustré ne fait appel qu'à trois compresseurs, à sa-
voir un sur-compresseur et deux compresseurs à l'étage
haute vitesse. Le dispositif comprend une redondance
15 convenable, en ce sens que les compresseurs de l'étage
haute vitesse seuls peuvent traiter environ 50 % de la
charge maximum du dispositif en l'absence du sur-com-
presseur, et que le sur-compresseur et l'un des compres-
seurs de l'étage haute vitesse peuvent également traiter
20 environ 50 % de la charge maximum du dispositif, comme
on le remarquera d'après les courbes de la figure 2. La
puissance du sur-compresseur est si faible qu'il peut
être raisonnable de l'équiper avec un inverseur ou une
commande en courant continu sans balais pour obtenir la
25 vitesse variable nécessaire au système.

L'appréciation de certaines des valeurs de mesu-
res indiquées ci-dessus doit tenir compte du fait qu'el-
les proviennent de la conversion d'unités anglo-saxonnes
en unités métriques.

30 La présente invention n'est pas limitée aux
exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle
est au contraire susceptible de variantes et de modifica-
tions qui apparaîtront à l'homme de l'art.

REVENDICATIONS

- 1 - Circuit de réfrigération, comprenant :
- un moyen de compresseur à capacité variable (12) comme premier étage;
 - 5 - un moyen de compresseur (14, 16) comme second étage;
 - un condenseur (18);
 - un évaporateur (24);
 - un moyen de conduite renfermant un réfrigérant compressible qui interconnecte le moyen de compresseur du premier étage, le moyen de compresseur du second étage, le condenseur, l'évaporateur, en série dans une boucle fermée, dans l'ordre précédent;
 - 15 - des moteurs (M_1 , M_2 , M_3) pour entraîner les moyens de compresseur;
 - un économiseur (22) disposé fonctionnellement entre le condenseur et l'évaporateur pour détendre une partie du réfrigérant condensé provenant de la boucle fermée en aval du condenseur afin de sous-refroidir le réfrigérant circulant vers l'évaporateur;
 - 20 - un moyen (52) pour introduire la partie détendue du réfrigérant dans un point inter-étage situé entre la sortie du moyen de compresseur du premier étage et l'entrée du moyen de compresseur du second étage; et
 - 25 - un moyen de commande pour commander le fonctionnement du moyen de compresseur du second étage en réponse à une certaine condition au point inter-étage.
- 2 - Circuit de réfrigération selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen de commande comprend un premier détecteur (64) destiné à détecter une condition au côté aspiration du premier étage et un second détecteur (73) destiné à détecter une condition au côté aspiration du second étage.
- 3 - Circuit de réfrigération selon la revendication 2, caractérisé en ce que le second détecteur (73)
- 35

13.

détecte la pression du réfrigérant inter-étage.

4 - Circuit de réfrigération selon la revendication 2, caractérisé en ce que le moyen de commande peut fonctionner pour faire varier en premier lieu la capacité du moyen de compresseur du premier étage et en second lieu la capacité du moyen de compresseur du second étage de façon que la pression inter-étage soit maintenue à l'intérieur d'une plage désirée.

5 - Circuit de réfrigération selon la revendication 4, caractérisé en ce que la capacité du moyen de compresseur du premier étage est commandée en réponse à une certaine condition au côté aspiration du premier étage, et la capacité du moyen de compresseur du second étage est commandée en réponse à une certaine condition au côté aspiration du second étage.

6 - Circuit de réfrigération selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moyen de compresseur du second étage comprend au moins deux compresseurs de capacité fixe (14, 16).

7 - Circuit de réfrigération selon la revendication 6, caractérisé en ce que le moyen de commande comprend un moyen (68) pour fermer sélectivement le débit de réfrigérant inter-étage entre le premier moyen de compresseur et au moins l'un des compresseurs à capacité fixe du second étage.

8 - Circuit de réfrigération selon la revendication 6, caractérisé en ce que le moyen de commande comprend un moyen pour arrêter l'excitation du moteur d'entraînement pour au moins l'un des compresseurs à capacité fixe du second étage.

9 - Circuit de réfrigération selon la revendication 6, caractérisé en ce que les compresseurs à capacité fixe sont montés en parallèle l'un avec l'autre.

10 - Circuit de réfrigération selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le moteur (M_1) du compresseur du premier étage est un moteur à vitesse variable.

FIG 1

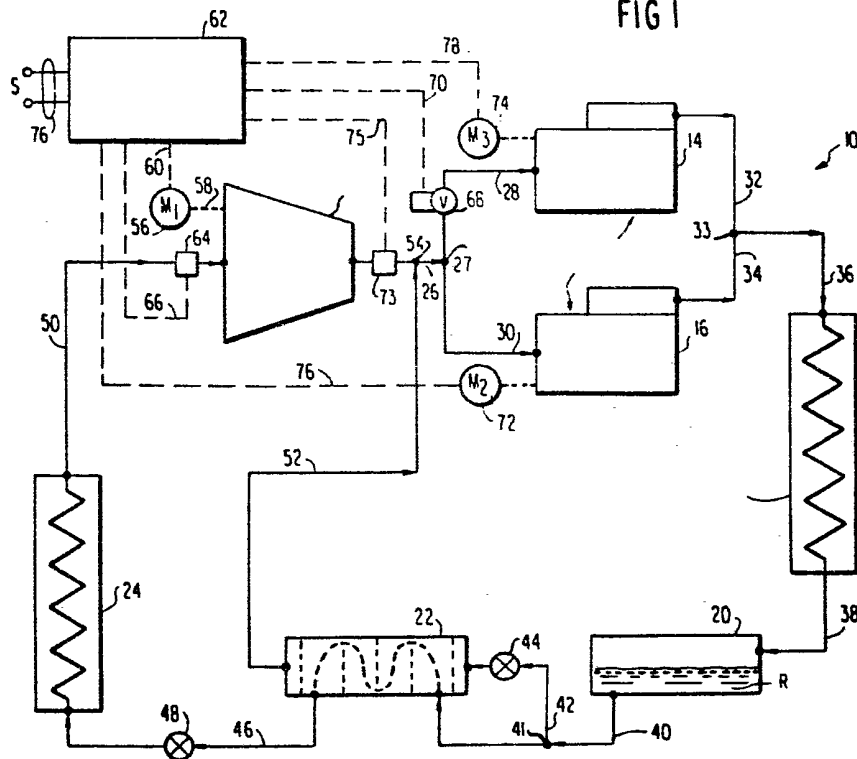


FIG.2

