

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
4 décembre 2003 (04.12.2003)

PCT

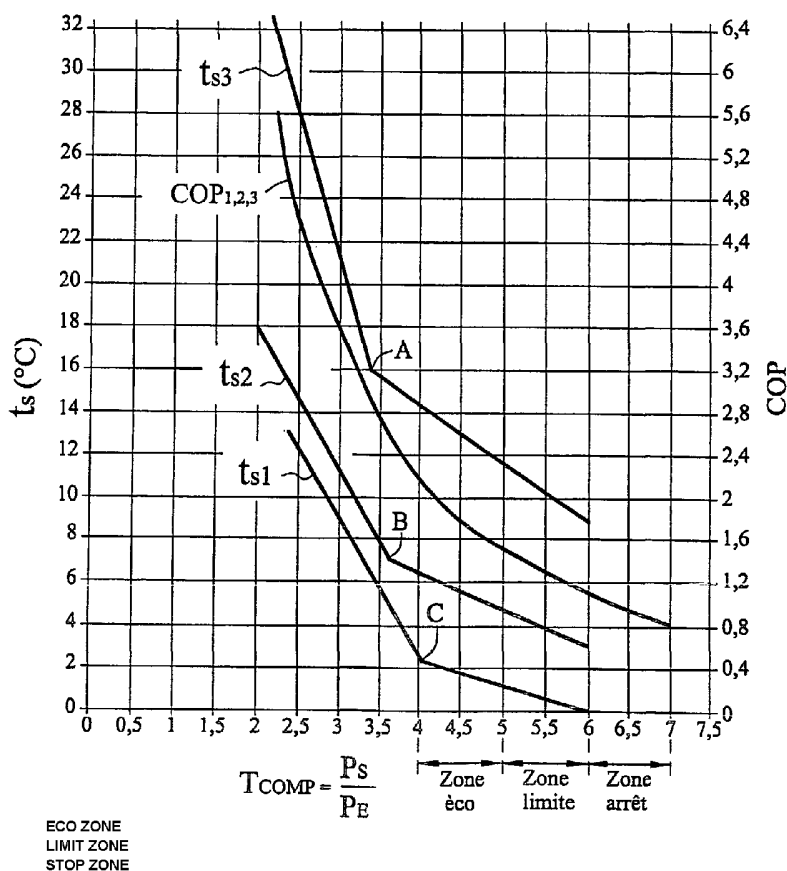
(10) Numéro de publication internationale
WO 03/099597 A2

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : B60H 1/32 (72) Inventeurs; et
(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR03/01508 (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : THUEZ, Jean-Luc [FR/FR]; 9, rue de Chiendent, F-78112 Fourqueux (FR). MOKHTARI, Mohand [FR/FR]; 703, Le Val, F-14200 Herouville Saint Clair (FR).
(22) Date de dépôt international : 19 mai 2003 (19.05.2003)
(25) Langue de dépôt : français (74) Mandataire : LEVEILLE, Christophe; Valeo Climatization, 8, rue Louis-Lormand, F-78321 La Verrière (FR).
(26) Langue de publication : français
(30) Données relatives à la priorité : 02/06481 28 mai 2002 (28.05.2002) FR (81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR REGULATING AN AIR-CONDITIONING UNIT

(54) Titre : SYSTEME ET PROCEDE DE REGULATION D'UNE INSTALLATION DE CLIMATISATION



(57) Abstract: The invention relates to a system and method for regulating an air-conditioning unit. More specifically, the invention relates to a frequency control regulation system for a compressor, which is used to optimise power consumption in a motor vehicle air-conditioning unit comprising a cooling circuit (1) which is equipped with an electric compressor (2), the rotation frequency thereof being controlled according to a set value. The inventive system comprises a means (8, 9, 10, 17) for measuring one or more physical parameters in the cooling circuit and a processing means (20) for calculating at least one value from the measured parameters. The calculated value represents a change in the capacity to cool the temperature of the air flow in relation to the power absorbed by the compressor. The aforementioned processing means (20) compares the calculated value with one or more threshold values and a frequency control means (13) for the compressor, which is connected to the processing means (20), adjusts the rotation frequency of the electric compressor according to the result obtained from said comparison.

[Suite sur la page suivante]

WO 03/099597 A2



SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Pour optimiser la consommation d'énergie dans une installation de climatisation pour véhicule automobile comprenant un circuit de réfrigération (1) équipé d'un compresseur électrique (2) dont la fréquence de rotation est commandée en fonction d'une valeur de consigne, l'invention propose un système de régulation de la commande en fréquence du compresseur. Le système comprend un moyen (8, 9, 10, 17) pour mesurer un ou plusieurs paramètres physiques dans le circuit de réfrigération, un moyen de traitement (20) pour calculer au moins une valeur à partir des paramètres mesurés. La valeur calculée est significative d'un changement dans la capacité de refroidissement de la température du flux d'air par rapport à la puissance absorbée du compresseur. Le moyen de traitement (20) compare la valeur calculée avec une ou plusieurs valeurs de seuil, et un moyen de commande en fréquence (13) du compresseur relié au moyen de traitement (20) ajuste la fréquence de rotation du compresseur électrique en fonction du résultat de la comparaison.

Titre de l'invention

Système et procédé de régulation d'une installation de climatisation

5 Arrière plan de l'invention

La présente invention se rapporte aux installations de climatisation du type climatisation pour véhicule automobile. Plus particulièrement, l'invention se rapporte aux installations du type climatisation pour véhicule automobile qui utilisent un compresseur
10 électrique dans le circuit de réfrigération.

Les circuits de climatisation classiques pour véhicule automobile comprennent principalement un compresseur, un condenseur, un détenteur et un évaporateur formant ainsi un circuit de réfrigération parcouru par un fluide frigorigène. L'évaporateur est balayé par un flux
15 d'air pour produire un flux d'air réfrigéré ou climatisé dans l'habitacle du véhicule. La température du flux d'air réfrigéré est contrôlée notamment par ajustement de la vitesse du compresseur qui est variable en fréquence.

Dans la plupart des véhicules récents équipés d'une installation
20 de climatisation, le compresseur utilisé dans le circuit de réfrigération est électrique. La particularité d'un compresseur électrique est son indépendance par rapport au régime moteur. Il régule sa puissance en fonction de sa vitesse de rotation, laquelle est variable. Dans ce cas, la puissance frigorifique n'est plus limitée par le régime moteur mais par la
25 disponibilité de la source électrique, laquelle hiérarchise les priorités des équipements consommateurs d'énergie électrique en partant des équipements de sécurité vers les équipements de confort.

Par conséquent, pour les véhicules équipés d'un compresseur électrique pour la climatisation, qui n'est pas considéré comme un
30 équipement de sécurité, se pose le problème de la gestion de la puissance absorbée par celui-ci en terme de consommation d'énergie électrique et par conséquent d'autonomie.

Objet et résumé de l'invention

35 Un objet de l'invention est de réaliser un système de régulation d'une installation de climatisation permettant de minimiser la puissance

électrique absorbée par le compresseur électrique intervenant dans la boucle de climatisation.

Ces buts sont atteints grâce à un système de régulation d'une installation de climatisation équipée d'un circuit de réfrigération pour refroidir un flux d'air comprenant un compresseur électrique dont la
5 fréquence de rotation est commandée en fonction d'une valeur de consigne, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen pour mesurer un ou plusieurs paramètres physiques dans le circuit de réfrigération, un moyen de traitement pour calculer au moins une valeur à partir des paramètres
10 mesurés, ladite valeur calculée étant significative d'un changement dans la capacité de refroidissement de la température du flux d'air par rapport à la puissance absorbée du compresseur, et pour comparer la valeur calculée avec une ou plusieurs valeurs de seuil, et un moyen de commande en fréquence du compresseur relié au moyen de traitement pour ajuster la
15 fréquence de rotation du compresseur électrique en fonction du résultat de la comparaison.

Ainsi, le système selon l'invention permet d'économiser la puissance consommée dans le compresseur sans nuire au coefficient de performance du compresseur.

20 Selon une caractéristique de l'invention, le moyen de traitement mémorise plusieurs valeurs de seuil et les compare à la valeur calculée à partir des paramètres physiques mesurés de sorte que suivant le résultat de la comparaison, le moyen de traitement envoie soit une information de diminution de la fréquence de rotation du compresseur à une valeur
25 minimale sans tenir compte de la valeur de consigne, soit une information de maintien ou de diminution de la fréquence de rotation sans tenir compte de la valeur de consigne, soit une information de maintien ou d'augmentation de la fréquence de rotation du compresseur pour obtenir la valeur de consigne.

30 Selon une caractéristique de l'invention, le moyen de mesure des paramètres physiques comprend un premier et un second capteurs de pression respectivement placés à l'entrée et à la sortie du compresseur. La valeur calculée par le moyen de traitement à partir des paramètres physiques mesurés correspond alors au taux de compression calculé à
35 partir des pressions d'entrée et de sortie mesurées par les capteurs.

Le moyen de mesure peut comprendre en outre un capteur de

température et le moyen de traitement calcule une seconde valeur à partir de la température et de la pression mesurées en entrée du compresseur.

Le circuit de réfrigération peut comprendre en outre un détendeur électrique commandé par le moyen de traitement afin d'ajuster
5 la surchauffe en entrée du compresseur en fonction de la fréquence de rotation du compresseur.

Selon un autre aspect de l'invention, le moyen de mesure des paramètres physiques comprend un capteur de température du flux d'air en sortie du circuit de réfrigération et un détecteur de la fréquence de
10 rotation du compresseur. Dans ce cas, la valeur calculée par le moyen de traitement correspond au rapport entre la décroissance de la température du flux d'air et l'accroissement de la fréquence du compresseur mesurés.

Selon encore un autre mode de réalisation de l'invention, le moyen de traitement envoie les informations de commande de la
15 fréquence du compresseur en fonction d'une première valeur calculée correspondant au taux de compression du compresseur et en fonction d'une seconde valeur calculée correspondant au rapport entre la décroissance de la température du flux d'air mesurée et l'accroissement de la fréquence du compresseur.

La présente invention a également pour objet un procédé de
20 régulation d'une installation de climatisation équipée d'un circuit de réfrigération comprenant un compresseur électrique dont la fréquence de rotation est commandée en fonction d'une valeur de consigne, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes:

25 a) mesure d'un ou plusieurs paramètres physiques dans le circuit de réfrigération,

b) calcul d'au moins une valeur à partir des paramètres mesurés, ladite valeur calculée étant significative d'un changement dans la capacité de refroidissement de la température du flux d'air par rapport à la
30 puissance absorbée du compresseur,

c) comparaison de la valeur mesurée du paramètre avec une ou plusieurs valeurs de seuil, et

d) ajustement de la fréquence de rotation du compresseur électrique en fonction du résultat de la comparaison.

35 Selon une caractéristique de l'invention, on mémorise plusieurs valeurs de seuil et on les compare à la valeur calculée à partir des

paramètres physiques mesurés de sorte que suivant le résultat de la comparaison, soit on diminue la fréquence de rotation du compresseur à une valeur minimale sans tenir compte de la valeur de consigne, soit on maintient ou on diminue la fréquence de rotation sans tenir compte de la
5 valeur de consigne, soit on maintient ou on augmente la fréquence de rotation du compresseur pour obtenir la valeur de consigne.

La valeur calculée peut correspondre soit au taux de compression calculé à partir de mesures des pressions d'entrée et de sortie du compresseur, soit au rapport entre la décroissance de la
10 température du flux d'air refroidi en sortie du circuit de réfrigération et l'accroissement de la fréquence du compresseur, soit aux deux en combinaison.

Brève Description des dessins

15 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique du système de
20 régulation selon l'invention,

- la figure 2 est un diagramme montrant l'évolution du coefficient de performance (COP) et la puissance absorbée (Pu) du compresseur en fonction du taux de compression suivant différentes conditions d'utilisation,

25 - la figure 3 est un diagramme montrant l'évolution de la température du flux d'air soufflé (t_s) et de coefficient de performance (COP) du compresseur en fonction du taux de compression suivant différentes conditions d'utilisation,

- la figure 4 est un organigramme représentant les étapes de
30 régulation de la fréquence du compresseur en fonction du taux de compression selon un premier mode de réalisation de l'invention,

- la figure 5 est un organigramme d'un exemple de régulation de la fréquence du compresseur suivant les étapes de la figure 4,

35 - la figure 6 est un diagramme montrant l'évolution de la température du flux d'air soufflé (t_s) en fonction de la fréquence de rotation (F_c) du compresseur suivant différentes conditions d'utilisation,

- la figure 7 est un diagramme montrant l'évolution de la puissance absorbée (P_u) dans le compresseur en fonction de sa fréquence de rotation (F_c) suivant différentes conditions d'utilisation,

5 - la figure 8 est un organigramme représentant les étapes de régulation de la fréquence du compresseur en fonction du rapport entre la variation de la température du flux d'air soufflé et la variation de fréquence du compresseur selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,

10 - la figure 9 est un organigramme d'un exemple de régulation de la fréquence du compresseur suivant les étapes de la figure 8,

- la figure 10 est un exemple d'un régulateur de type proportionnel intégral utilisé pour la régulation de la fréquence du compresseur selon le deuxième mode de réalisation de l'invention, et

15 - la figure 11 est un exemple d'une table de régulation de la fréquence du compresseur en fonction à la fois du taux de compression et du rapport entre la variation de la température du flux d'air soufflé et la variation de fréquence du compresseur conformément à un troisième mode de réalisation.

20 Description détaillée de modes de réalisation

Sur la figure 1, le circuit de réfrigération 1 est formé par un compresseur 2, un condenseur 3, un détendeur 5 et un évaporateur 6, tous parcourus par un fluide frigorigène dans le sens des flèches indiquées sur le circuit. Une masse donnée du fluide frigorigène passe par différents

25 états intermédiaires avant de revenir dans son état initial de volume, température et de pression. Sur le circuit 1, on peut suivre à partir de l'entrée du compresseur, le cycle du fluide frigorigène. Le compresseur 2 absorbe les vapeurs basse pression surchauffées issues de l'évaporateur 6 et refoule vers le condenseur 3 des vapeurs haute pression surchauffées.

30 Dans le condenseur 3, les vapeurs haute pression surchauffées vont se refroidir jusqu'à la température de vaporisation. Ensuite, elles vont totalement se liquéfier en cédant la chaleur latente à l'extérieur grâce à un ventilateur 4. Le liquide va être sous-refroidi. A la sortie du condenseur 3, le détendeur 5 va alimenter l'évaporateur en liquide basse pression. Dans

35 l'évaporateur 6, à basse pression, le liquide va totalement se vaporiser et être surchauffé. L'évaporateur va prélever la chaleur latente de

vaporisation à un flux d'air soufflé par un pulseur 15 et le refroidir. Ce flux d'air soufflé constitue l'air réfrigéré ou climatisé qui est envoyé dans l'habitacle du véhicule.

5 Au cours des transformations subies, le fluide frigorigène prend de la chaleur à une source chaude par l'évaporateur 6 et cède de la chaleur à une source froide par le condenseur 3. Le compresseur 2 dont la vitesse est variable en fréquence comprime les vapeurs du fluide frigorigène et les refoule, à haute pression et haute température, vers le condenseur 3.

10 La technologie des compresseurs électriques est la plupart du temps du type "scroll" ou rotative. Cette technologie possède un rendement volumétrique qui peut être considéré comme constant dans les plages de température d'utilisation de la climatisation.

15 L'installation de climatisation fonctionne entre deux sources quantifiées en température et en énergie auxquelles correspondent deux niveaux de pression du fluide réfrigérant: haute pression HP et basse pression BP telles que délimitées sur la figure 1. Le fluide haute pression traverse le condenseur 3 et il est dépendant de la température extérieure et du débit d'air qui traverse le condenseur. De la même manière, le fluide
20 basse pression traverse l'évaporateur 6 et il est fonction de la température, du débit d'air mais en plus de l'humidité de l'air.

Toutes les courbes des figures 2, 3, 5 et 6 correspondent à des valeurs mesurées suivant trois essais, chacun ayant été réalisé dans des conditions d'utilisations différentes qui sont récapitulées dans le tableau ci-
25 dessous. L'indice numérique 1, 2 ou 3 indiqué sur chaque courbe des figures 2, 3, 5 et 6 correspond au numéro de l'essai du tableau. Comme indiqué dans le tableau ci-dessous, les conditions sur la boucle de régulation du compresseur sont constantes (i.e. température, humidité et débit) pour chaque essai, seule la fréquence du compresseur varie.

30

Essai	Conditions Evaporateur	Conditions Condenseur	Fréquence
1	25°C/40% Hr/520kg/h	2000kg/h/35°C	12Hz à 140 Hz
2	25°C/60% Hr/610kg/h	2000kg/h/35°C	12Hz à 130 Hz
3	35°C/40% Hr/520kg/h	2150kg/h/35°C	12Hz à 120 Hz

La figure 2 illustre l'évolution du coefficient de performance du compresseur (COP) (rapport entre la puissance frigorifique produite et la puissance électrique absorbée) ainsi que de la puissance électrique absorbée par ce dernier en fonction du taux de compression. Comme illustré sur la figure, le COP du compresseur électrique varie en fonction du taux de compression mais reste "indépendant" des conditions extérieures (température, humidité et débit d'air) agissant sur la boucle, tandis que la puissance électrique absorbée, qui varie de façon linéaire en fonction du taux de compression, est dépendante de ces conditions extérieures.

La figure 3 représente l'évolution de la température du flux d'air soufflé t_s à la sortie de l'évaporateur 6 en fonction du taux de compression.

En combinant les courbes des figures 2 et 3, on observe, qu'en fonction de l'augmentation du taux de compression, l'accroissement de la puissance absorbée est quasi constant tandis que la décroissance de la température de soufflage s'amointrie sensiblement. Plus précisément, on note sur la Figure 3, pour chaque courbe de température t_{s1} à t_{s3} respectivement un point de changement de pente A, B ou C à partir duquel la température de l'air soufflé décroît plus lentement tandis que la puissance électrique continue de croître de façon linéaire. Au delà de ces points de changement de pente, le confort apporté par la climatisation devient coûteux en énergie électrique pour le véhicule.

La vitesse du compresseur qui est variable en fréquence est habituellement commandée par une valeur de consigne liée à la température du flux d'air que l'on souhaite obtenir ou maintenir dans l'habitacle du véhicule. A cet effet, l'installation de climatisation comprend une boucle de régulation classique pour faire varier la fréquence de commande appliquée au compresseur en fonction de la valeur de consigne visée. Cependant, on constate d'après la figure 3 que l'augmentation de la vitesse du compresseur et, par conséquent du taux de compression produit, ne conduit pas à une diminution de la température du flux d'air soufflé constante et qu'au delà d'un certain niveau du taux de compression (points A, B et C) la capacité à refroidir l'air soufflé diminue sensiblement alors que la puissance électrique consommée croît toujours linéairement. En d'autres termes, au delà de certaines valeurs du taux de

compression, l'augmentation de la vitesse du compresseur pour atteindre une valeur de consigne liée à une température cible du flux d'air soufflé devient superflue au regard de l'énergie électrique consommée.

En fonction du mode de régulation du véhicule, automatique, 5 semi-automatique ou manuel, on peut prendre en compte plusieurs paramètres agissant sur le taux de compression et donc sur la puissance électrique du compresseur.

Un premier mode de réalisation, illustré sur la figure 1, consiste à mesurer le taux de compression en utilisant deux capteurs de pression 10 et 9 respectivement en entrée et en sortie du compresseur 2 pour mesurer la basse pression P_E et la haute pression P_s . Le taux de compression P_s/P_E résultant est calculé par un moyen de traitement 20, du type microprocesseur programmable, qui reçoit les valeurs de pression P_E et P_s respectivement mesurées par les capteurs 8 et 9. Tout comme dans 15 la boucle de régulation classique de la vitesse du compresseur, en fonction du taux de compression résultant, le moyen de traitement 20 peut diminuer ou augmenter la fréquence appliquée au compresseur en envoyant des informations de commande à un dispositif de commande en fréquence 13 tel qu'un onduleur par exemple. En ajustant ainsi la 20 fréquence de rotation du compresseur, on agit directement sur la puissance électrique absorbée par le compresseur. Dans le cadre de la régulation de température classique dans une installation de climatisation, le moyen de traitement 20 reçoit également en entrée des signaux de réglage de la température de consigne t_{cons} , de marche/arrêt ACON de la régulation automatique de la climatisation, de mesure de la température 25 ambiante t_{amb} et du régime moteur N du compresseur.

Suivant d'autres types de régulation expliqués plus loin, le moyen de traitement 20 peut également recevoir en entrée la température du flux d'air soufflé t_s et la fréquence du compresseur F_c .

30 La figure 4 montre un organigramme des étapes mises en œuvre pour ajuster la fréquence du compresseur en fonction du taux de compression. Dans l'étape ST1 la pression P_E en entrée et la pression P_s en sortie sont mesurées par les capteurs 8 et 9. Dans l'étape ST2, le moyen de traitement 20 reçoit les pressions P_E et P_s ainsi mesurées et 35 calcule le taux de compression $T_{comp}=P_s/P_E$. Le taux de compression T_{comp} calculé est alors comparé à plusieurs valeurs de seuil prédéterminées qui

délimitent des zones représentées sur la figure 3. Dans l'exemple considéré en figure 3, on délimite une première zone dite "éco" entre des valeurs du taux de compression allant de 4 à 5. Une seconde zone dite "limite" se situe entre des valeurs du taux de compression allant de 5 à 6. Enfin, une troisième zone dite "d'arrêt" se situe entre les valeurs 6 et 7 du taux de compression. Le moyen de traitement 20 effectue une comparaison entre le taux de compression calculé à partir des mesures de pression et les valeurs de seuil déterminées.

En se référant de nouveau à la figure 4, on observe que dans une étape ST3, si le taux de compression est supérieur à 6, c'est à dire dans la zone "arrêt", on stoppe le compresseur ou on diminue sa fréquence à une valeur minimale. L'étape ST4 concerne le cas où le taux de compression est compris entre les valeurs 5 et 6, c'est à dire dans la zone "limite", ce qui conduit à diminuer ou maintenir la fréquence du compresseur sans tenir compte de la valeur de consigne. Dans les étapes ST3 et ST4, il est mis en œuvre une boucle de régulation propre à l'invention qui prévaut sur la boucle de régulation classique basée sur une valeur de consigne. Dans l'étape ST5, on prend en compte les valeurs du taux de compression qui sont inférieures à 5 et qui correspondent à la zone "éco" définie sur la figure 3. L'étape ST5 consiste à augmenter ou à maintenir la fréquence du compresseur en vue d'obtenir la valeur de consigne. Les étapes ST3, ST4 et ST5 sont réalisées par le moyen de traitement 20 qui envoie, via une connexion 26, une information d'ajustement de la fréquence du compresseur au dispositif de commande en fréquence 13 du compresseur. Le dispositif de commande 13 pilote alors le compresseur en fréquence au moyen d'une connexion 14. Ce type de régulation est direct et il s'affranchit des constantes de temps du système.

Un exemple de schéma de régulation de la fréquence du compresseur suivant les étapes définies en figure 4 est illustré en figure 5. Comme on peut le voir sur la figure 5, une fois le mode de régulation automatique "AC ON" enclenché, la commande en fréquence f du compresseur est soit diminuée d'une valeur déterminée Δf_1 ou Δf_2 , soit maintenue selon les cas définis à la figure 4. Plus particulièrement, dans l'exemple considéré, on choisit de diminuer la commande en fréquence f d'une valeur Δf_1 si on est dans l'étape ST3 et d'une valeur Δf_2 si l'on se

trouve dans l'étape ST4. La valeur Δf_1 est sensiblement supérieure à la valeur Δf_2 pour diminuer fortement la commande en fréquence lorsque le taux de compression est supérieur à 6 (étape ST3) et dans une moindre mesure (Δf_2) lorsque le taux de compression est compris entre 5 et 6 (étape ST4). Dans cet exemple de régulation, lorsque le taux de compression est inférieur à 5 (étape ST5) la commande en fréquence f est maintenue.

Au capteur 8 de pression peut être associé un capteur de température 16 pour prendre en compte la surchauffe du fluide frigorigène en entrée du compresseur comme variable complémentaire sur le choix de la vitesse du compresseur. Ainsi, à partir d'une température déterminée du fluide frigorigène en entrée du compresseur, la fréquence du compresseur sera maintenue ou diminuée sans tenir compte de la valeur de consigne.

Selon une autre variante, le détendeur 5 peut être un détendeur électrique dont la durée d'ouverture est commandée, via une liaison 29, par les moyens de traitement 20. Ceci permet d'ajuster la surchauffe du fluide de façon optimale en fonction de la fréquence de rotation du compresseur et, par conséquent, d'optimiser la consommation d'énergie électrique du compresseur.

Un autre mode de régulation peut être basé sur la prise en compte d'un gradient de température traversant l'évaporateur en fonction de la fréquence du compresseur. Sur la figure 6, on a représenté l'évolution de la température t_s du flux d'air soufflé en fonction de la fréquence du compresseur. On retrouve le changement de pente aux points A, B et C autour de 90 Hz suivant une évolution plus lente, tandis que la puissance électrique absorbée suit une évolution linéaire identique, comme représentée sur la figure 7. A droite des points A, B et C, on observe un abaissement de seulement 2°C de la température du flux d'air soufflé pour une augmentation de la fréquence de rotation du compresseur de 50Hz.

Comme représenté sur la figure 8, on en déduit une stratégie de régulation tenant compte des observations de la Figure 6. Dans l'étape ST10 la température t_s du flux d'air soufflé est mesurée par un capteur de température 10 disposé à la sortie de l'évaporateur 6 et la fréquence F_c du compresseur est obtenue au niveau d'un détecteur 17 disposé sur le

compresseur 2. Dans l'étape ST11, le moyen de traitement 20 reçoit les paramètres t_s et F_c et calcule le rapport dT entre une variation de température dt_s et une variation de la fréquence dF_c comme ci-dessous:

$$5 \quad dT = \frac{dT_s}{dF_c} = \frac{t_s(n) - t_s(n-1)}{F_c(n) - F_c(n-1)}$$

Le rapport dT calculé est alors comparé à plusieurs valeurs de seuil prédéterminées, à savoir 0.35, 0.4 et 0.45 dans l'exemple ici considéré. Si le rapport dT est supérieur à 0.45, on stoppe, dans une
10 étape ST12, le compresseur ou on diminue sa fréquence à une valeur minimale. Si le rapport dT est compris entre 0.4 et 0.45, on se trouve dans l'étape ST13 qui conduit à diminuer ou maintenir la fréquence du compresseur sans tenir compte de la valeur de consigne. Enfin, si le rapport dT est inférieur à 0.4, c'est l'étape ST14 qui consiste à augmenter
15 ou à maintenir la fréquence du compresseur en vue d'obtenir la valeur de consigne. Comme pour le mode de régulation précédent, les étapes ST12, ST13 et ST14 sont réalisées par le moyen de traitement 20 qui envoie, via une connexion 26, une information d'ajustement de la fréquence du compresseur au dispositif de commande en fréquence 13 du compresseur.

20 Un exemple de schéma de régulation de la fréquence du compresseur suivant les étapes définies en figure 8 est illustré en figure 9. Comme on peut le voir sur la figure 9, une fois le mode de régulation automatique "AC ON" enclenché, la commande en fréquence f du compresseur est soit diminuée d'une valeur déterminée Δf_1 ou Δf_2 , soit
25 maintenue selon les cas définis à la figure 4. Plus particulièrement, dans l'exemple considéré, on choisit de diminuer la commande en fréquence f d'une valeur Δf_1 si on est dans l'étape ST12 et d'une valeur Δf_2 si l'on se trouve dans l'étape ST13. La valeur Δf_1 est sensiblement supérieure à la valeur Δf_2 pour diminuer fortement la commande en fréquence lorsque le
30 rapport dT est supérieur à 0.45 (étape ST12) et dans une moindre mesure (Δf_2) lorsque le rapport dT est compris entre 0.4 et 0.45 (étape ST13). Dans cet exemple de régulation, lorsque le taux de compression est inférieur à 0.4 (étape ST14) la commande en fréquence f est maintenue.

35 Dans ce mode de régulation, où l'on tient compte de la constante de temps du système, la vitesse du compresseur est régulée de façon "indirecte" puisqu'on régule sur des variations de mesure et non sur

des mesures instantanées. A cet effet, un régulateur du type proportionnel et intégral comme celui illustré en figure 10 peut être utilisé pour réaliser la régulation avec constante de temps. Sur la figure 10, on détermine l'erreur entre la température de consigne et la température d'air soufflé mesurée. Cette erreur est alors utilisée dans le régulateur qui, au moyen de la formule indiquée à la figure 10, calcule la commande en fréquence $f(k)$ à appliquer au compresseur en tenant compte de la constante de temps. Dans cette formule, K_p est une constante de régulation proportionnelle à l'erreur mesurée, T_i est une constante de temps d'intégration et j est une variable de temps d'échantillonnage.

Selon un troisième mode de réalisation de l'invention, on met en œuvre un mode de régulation qui combine les deux premiers modes de régulation décrits ci-dessus pour ajuster la fréquence du compresseur. La figure 11 montre un exemple d'une table pour gérer la régulation de la fréquence du compresseur en fonction à la fois du taux de compression et du rapport entre la variation de la température du flux d'air soufflé et la variation de fréquence du compresseur.

REVENDEICATIONS

1. Système de régulation d'une installation de climatisation équipée d'un circuit de réfrigération (1) pour refroidir un flux d'air, ledit
5 circuit de réfrigération comprenant un compresseur électrique (2) dont la fréquence de rotation est commandée en fonction d'une valeur de consigne, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen (8, 9, 10, 17) pour mesurer un ou plusieurs paramètres physiques dans le circuit de réfrigération, un moyen de traitement (20) pour calculer au moins une
10 valeur à partir des paramètres mesurés, ladite valeur calculée étant significative d'un changement dans la capacité de refroidissement de la température du flux d'air par rapport à la puissance absorbée du compresseur, et pour comparer la valeur calculée avec une ou plusieurs valeurs de seuil, et un moyen de commande en fréquence (13) du
15 compresseur relié au moyen de traitement (20) pour ajuster la fréquence de rotation du compresseur électrique en fonction du résultat de la comparaison.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une première valeur de seuil est stockée dans le moyen de traitement (20), et
20 en ce que, lorsque la valeur calculée à partir des paramètres mesurés excède ladite valeur de seuil, le moyen de traitement envoie une information de diminution de la fréquence de rotation du compresseur à une valeur minimale au moyen de commande (13) sans tenir compte de la valeur de consigne.

25 3. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'une seconde valeur de seuil est stockée dans le moyen de traitement (20), ladite seconde valeur de seuil étant inférieure à la première valeur de seuil, et en ce que, lorsque la valeur calculée à partir des paramètres mesurés est comprise entre les première et seconde valeurs de seuil, ledit
30 moyen de traitement envoie une information de maintien ou de diminution de la fréquence de rotation du compresseur au moyen de commande (13) sans tenir compte de la valeur de consigne, et, lorsque la valeur calculée est inférieure à la seconde valeur seuil, ledit moyen de traitement envoie une information de maintien ou d'augmentation de la fréquence de
35 rotation du compresseur pour obtenir la valeur de consigne.

4. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que le moyen de mesure des paramètres physiques comprend un premier et un second capteurs de pression (8, 9) respectivement placés à l'entrée et à la sortie du compresseur et mesurant les pressions d'entrée (P_E) et de sortie (P_S), et en ce que la valeur calculée par le moyen de traitement (20) correspond au taux de compression ($T_{comp} = P_E / P_S$).

5
10 5. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce que le moyen de mesure comprend en outre un capteur de température (16) et en ce que le moyen de traitement (20) calcule une seconde valeur à partir de la température et de la pression mesurées.

15 6. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le circuit de réfrigération comprend un détendeur électrique (5) commandé par le moyen de traitement (20) afin d'ajuster la surchauffe en entrée du compresseur en fonction de la fréquence de rotation du compresseur (2).

20 7. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le moyen de mesure des paramètres physiques comprend un capteur (10) de température du flux d'air (t_s) en sortie du circuit de réfrigération et un détecteur (17) de la fréquence de rotation (F_c) du compresseur, et en ce que la valeur calculée par le moyen de traitement (20) correspond au rapport ($dT = dt_s / dF_c$) entre la décroissance (dt_s) de la température du flux d'air mesurée et l'accroissement (dF_c) de la fréquence du compresseur.

25 8. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le moyen de mesure des paramètres physiques comprend un premier et un second capteurs de pression (8, 9) respectivement placés à l'entrée et à la sortie du compresseur, une première valeur, correspondant au taux de compression ($T_{comp} = P_E / P_S$), étant calculé à partir des pressions d'entrée (P_E) et de sortie (P_S) mesurées par lesdits capteurs et en ce que le moyen de mesure des paramètres physiques comprend en outre un capteur (10) de température du flux d'air (t_s) en sortie du circuit de réfrigération et un détecteur (17) de la fréquence de rotation du compresseur, une seconde valeur, correspondant au rapport ($dT = dt_s / dF_c$) entre la décroissance de la température (dt_s) du flux d'air mesurée et l'accroissement de la fréquence (dF_c) du compresseur, étant calculée par le moyen de traitement (20).

30
35

9. Procédé de régulation d'une installation de climatisation équipée d'un circuit de réfrigération (1) comprenant un compresseur électrique (2) dont la fréquence de rotation est commandée en fonction d'une valeur de consigne, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes:

- a) mesure d'un ou plusieurs paramètres physiques dans le circuit de réfrigération,
- b) calcul d'au moins une valeur à partir des paramètres mesurés, ladite valeur calculée étant significative d'un changement dans la capacité de refroidissement de la température du flux d'air par rapport à la puissance absorbée du compresseur,
- c) comparaison de la valeur mesurée du paramètre avec une ou plusieurs valeurs de seuil, et
- d) ajustement de la fréquence de rotation du compresseur électrique en fonction du résultat de la comparaison.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que, dans l'étape b), la valeur calculée est comparée à une première valeur de seuil et en ce que, dans l'étape d), si ladite valeur excède la valeur de seuil, la fréquence du compresseur est diminuée à une valeur minimale sans tenir compte de la valeur de consigne.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que les valeurs de seuil comprennent en outre une seconde valeur de seuil inférieure à la première valeur de seuil et en ce que, dans l'étape d), si la valeur calculée est comprise entre les première et seconde valeurs de seuil, la fréquence du compresseur est maintenue ou diminuée sans tenir compte de la valeur de consigne et, si la valeur calculée est inférieure à ladite seconde valeur de seuil, la fréquence du compresseur est augmentée ou maintenue pour obtenir la valeur de consigne.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que la valeur calculée correspond au taux de compression calculé à partir de mesures des pressions d'entrée et de sortie du compresseur.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que la valeur calculée correspond au rapport entre la décroissance de la température du flux d'air refroidi en sortie du circuit de

réfrigération et l'accroissement de la fréquence du compresseur.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que dans l'étape b), on calcule une première valeur, correspondant au taux de compression, à partir de mesures des pressions d'entrée et de sortie du compresseur, et une seconde valeur, correspondant au rapport entre la décroissance de la température du flux d'air refroidi et l'accroissement de la fréquence du compresseur.

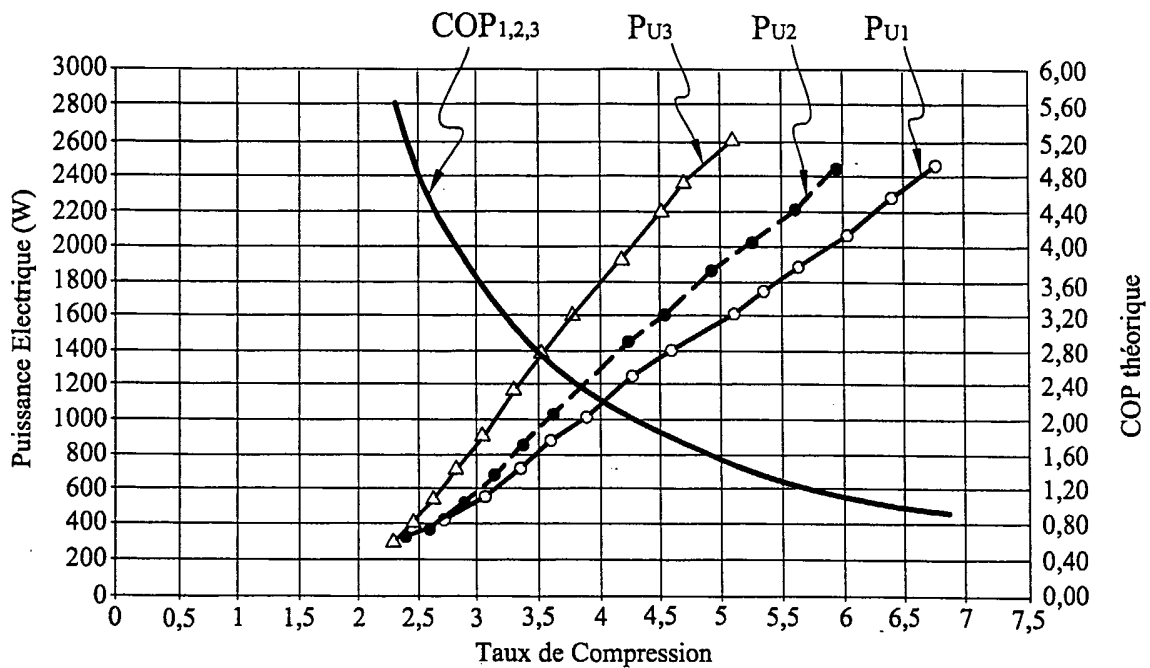


FIG.2

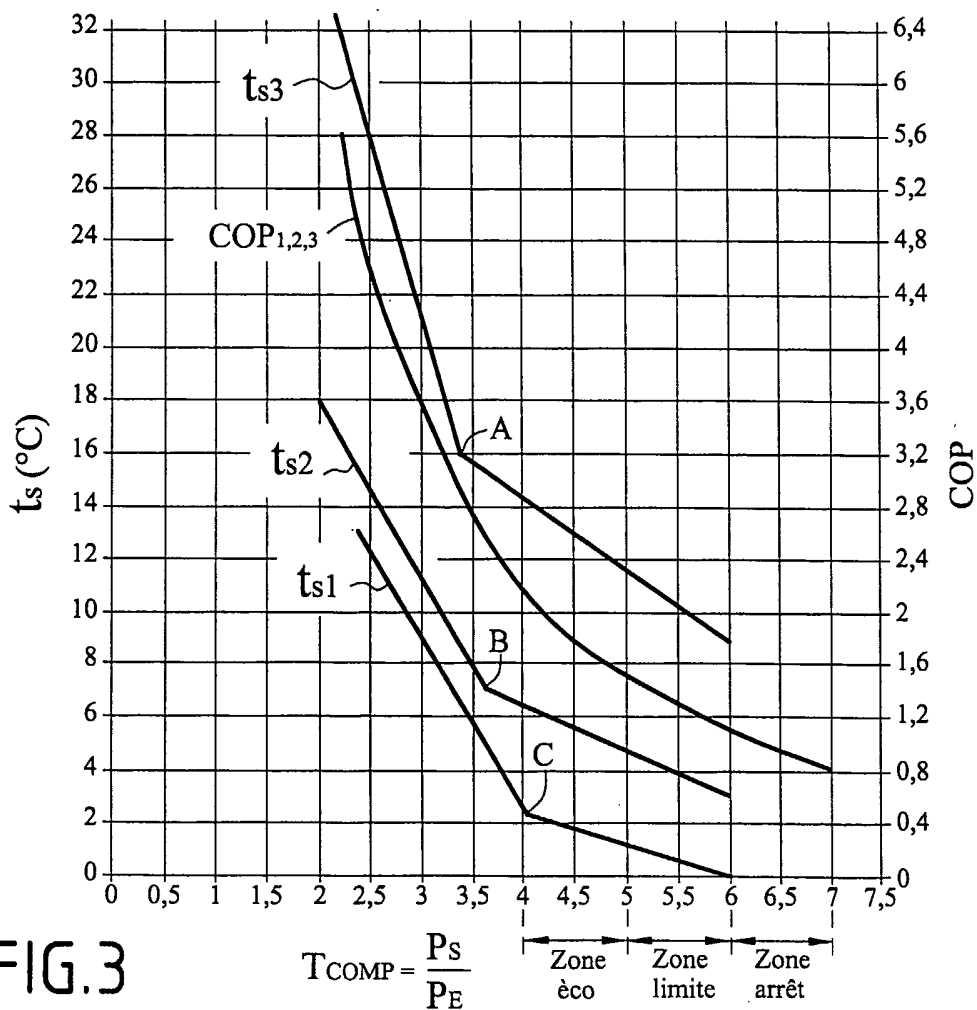


FIG.3

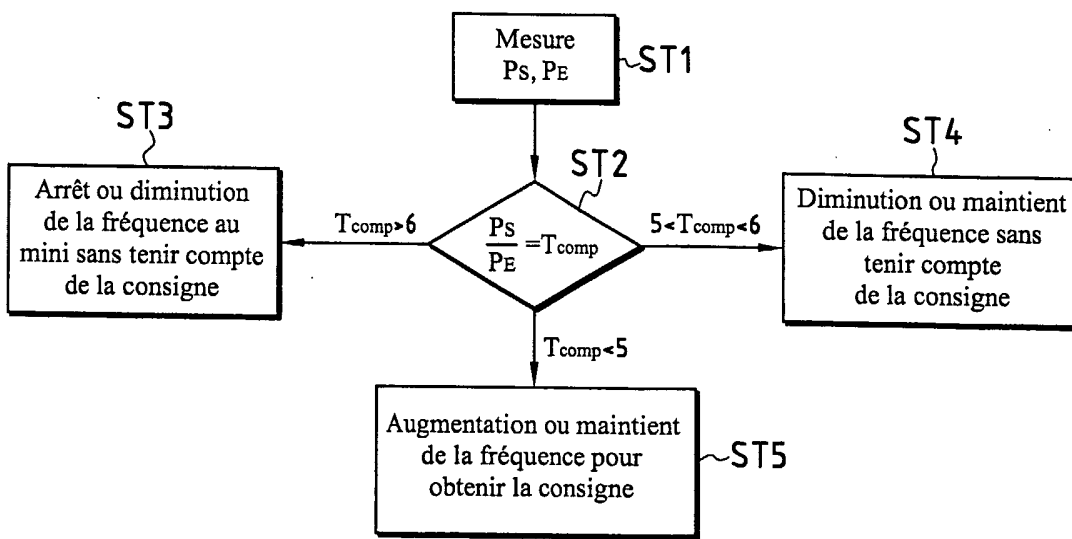


FIG. 4

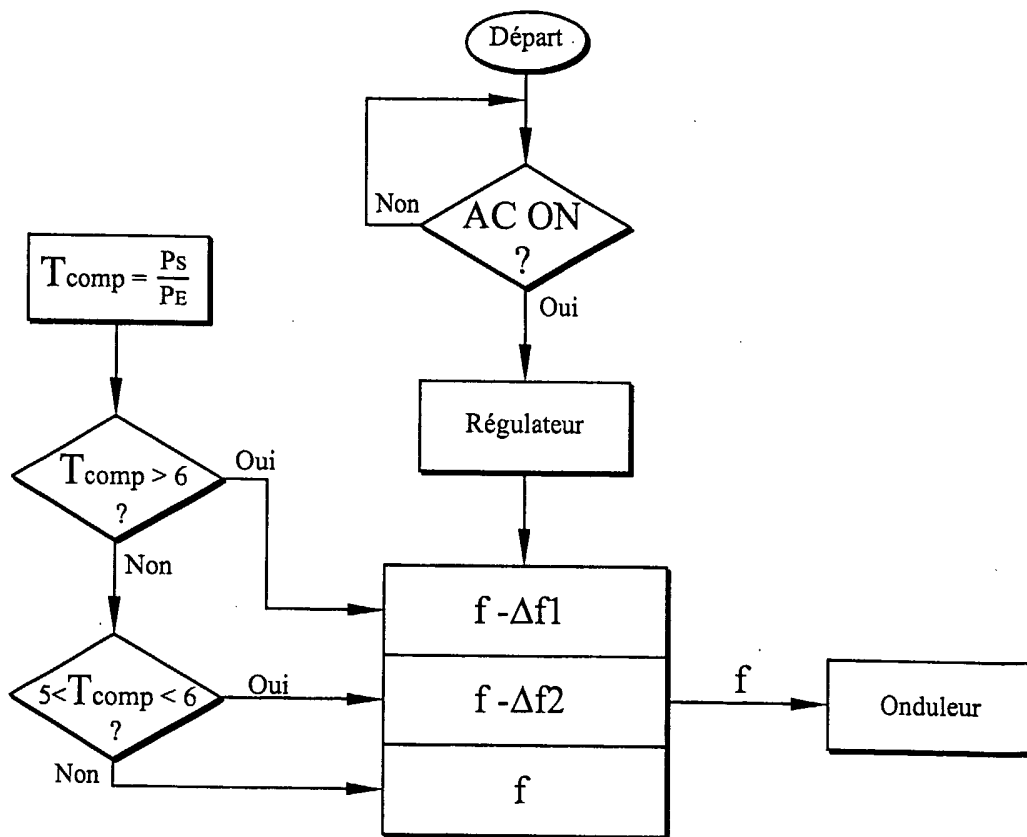


FIG. 5

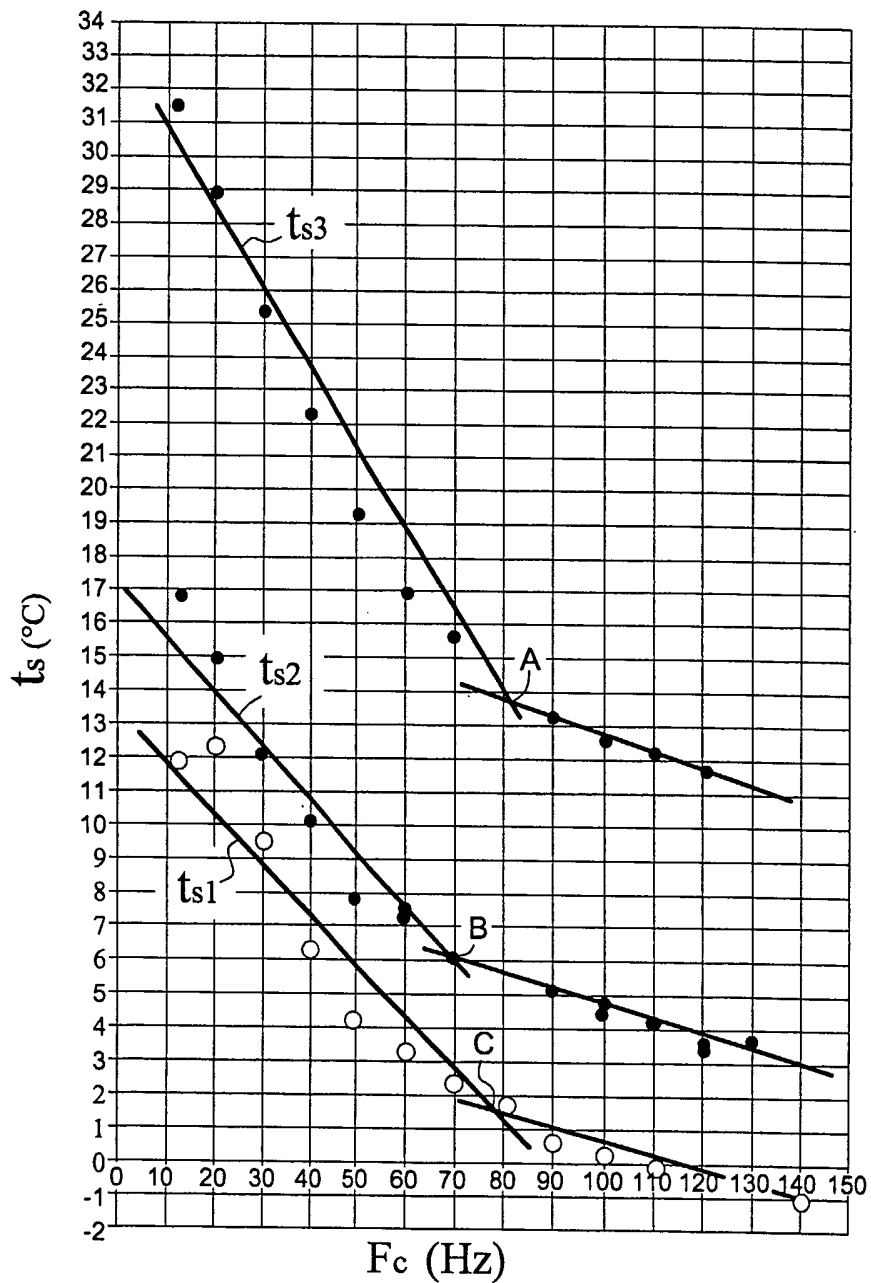


FIG.6

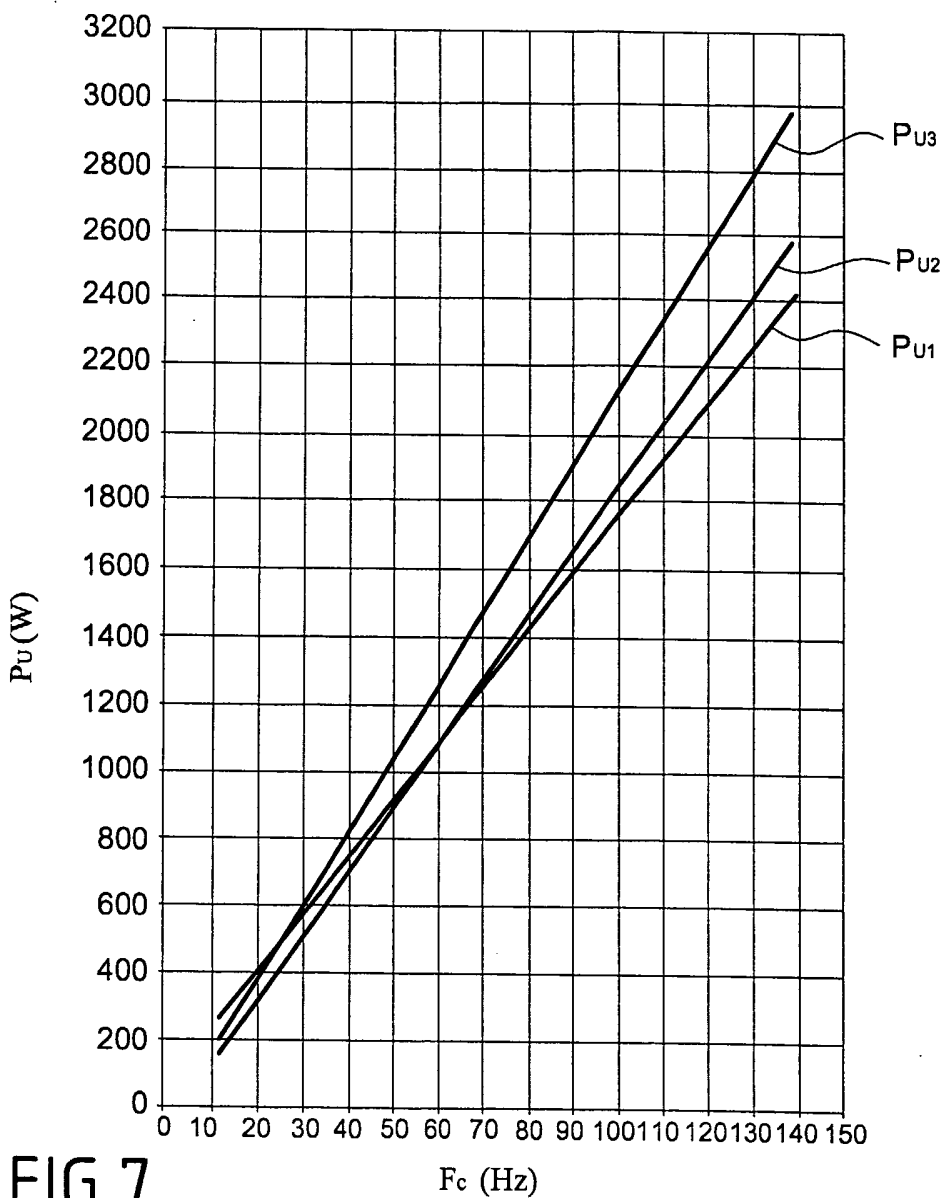


FIG. 7

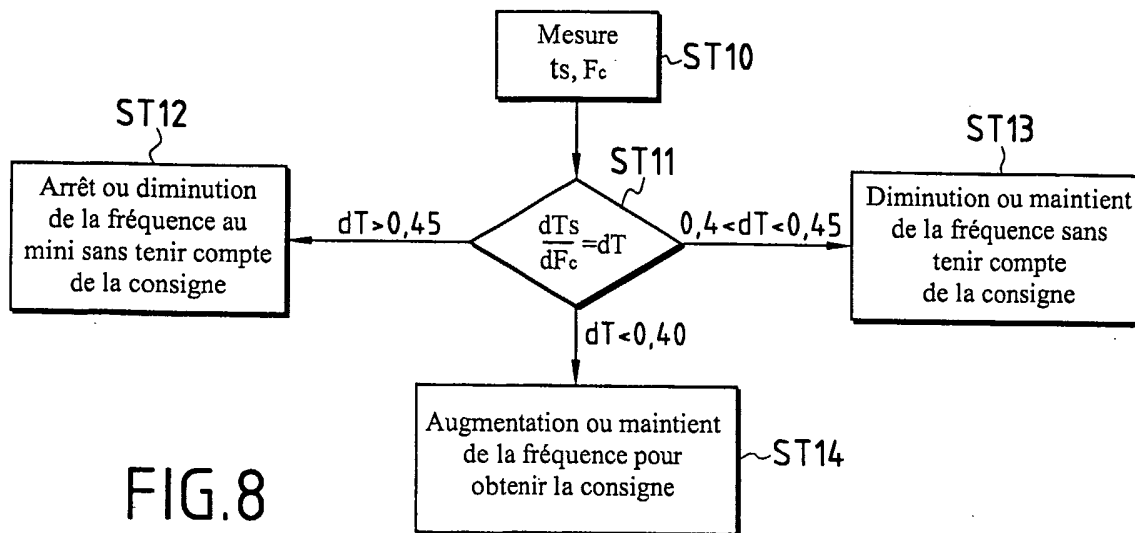


FIG. 8

6/6

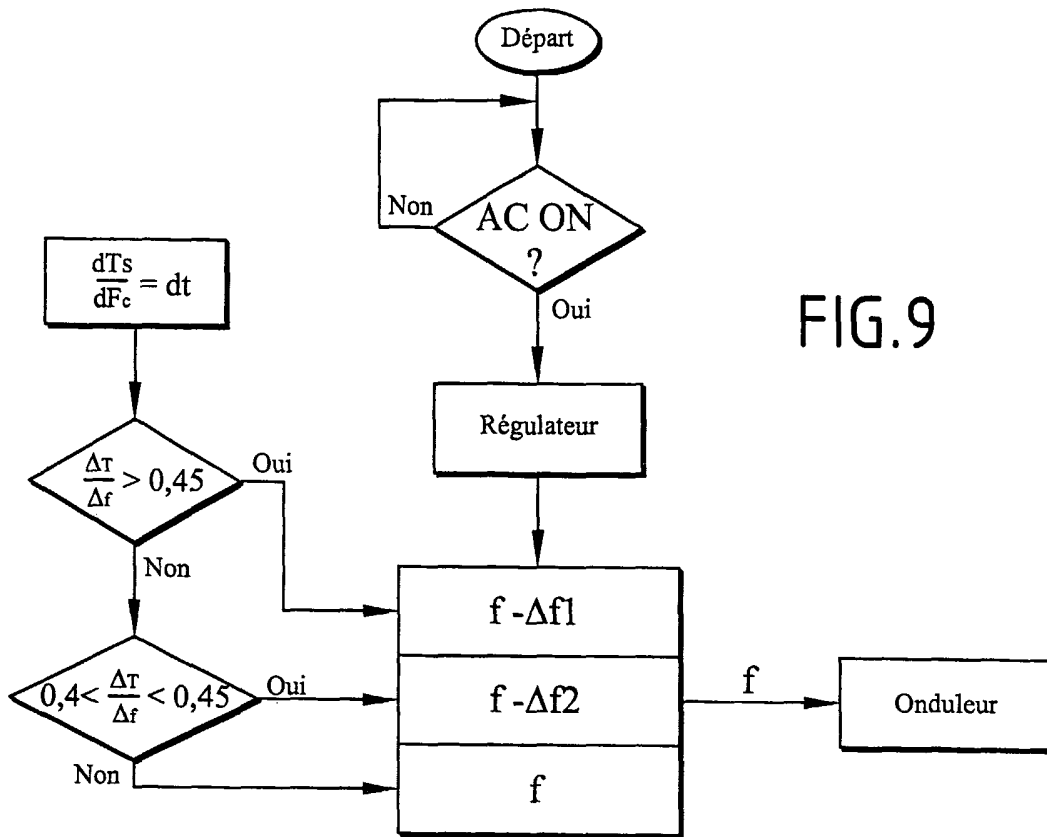


FIG.9

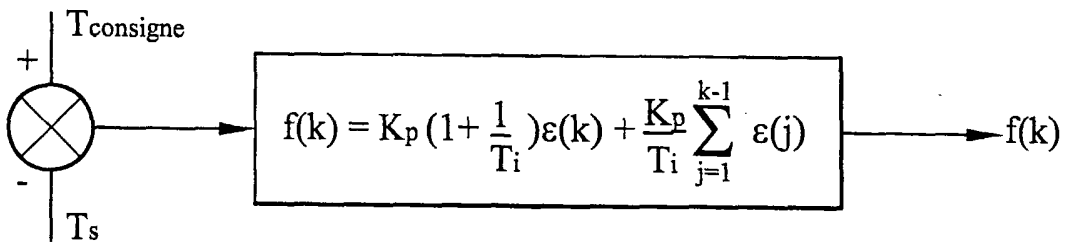


FIG.10

COP		0,5		0,6	
		0,4		0,45	
dT	Maintien de f	f - Δf1	f - Δf2		
	f - Δf1	f - Δf2	f - Δf3		
	f - Δf2	f - Δf3	Arrêt		

$\Delta f3 > \Delta f2 > \Delta f1$

FIG.11