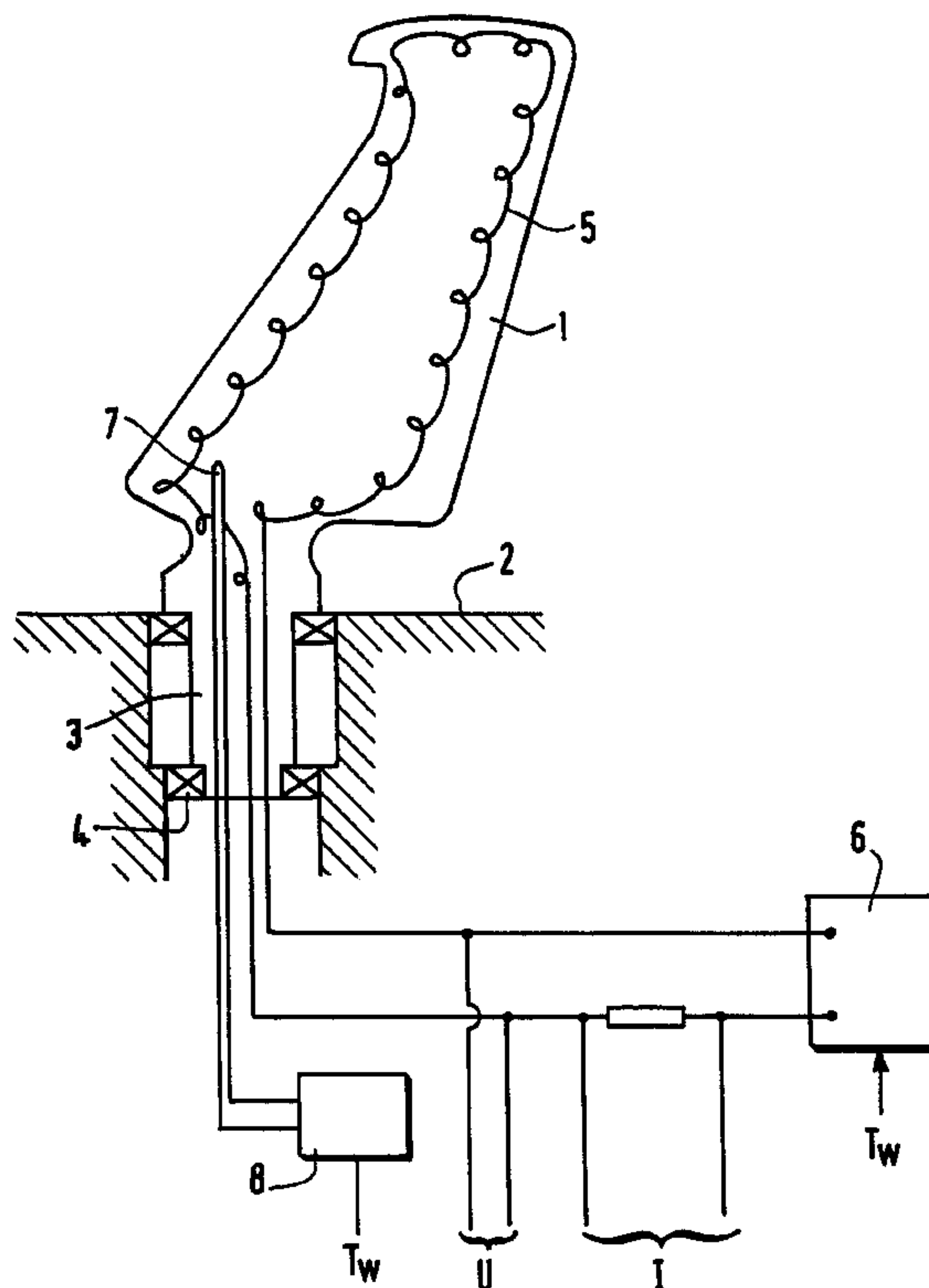




(22) Date de dépôt/Filing Date: 1994/11/10
 (41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1995/05/26
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2007/02/20
 (30) Priorité/Priority: 1993/11/25 (FR93 14092)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G01W 1/17* (2006.01),
B64D 15/20 (2006.01), *G01W 1/08* (2006.01)
 (72) Inventeurs/Inventors:
LEBLOND, HENRI, FR;
CHOISNET, JOEL, FR;
DODEL, GREGOIRE, FR
 (73) Propriétaire/Owner:
SEXTANT AVIONIQUE, FR
 (74) Agent: OGILVY RENAULT LLP/S.E.N.C.R.L.,S.R.L.

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIFS DE DETERMINATION DE LA SEVERITE DES CONDITIONS GIVRANTES POUR UN AERONEF
 (54) Title: PROCESS AND APPARATUS FOR DETERMINING THE GRAVITY OF FROST CONDITIONS ON AN AIRCRAFT



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un procédé de détermination de la sévérité des conditions givrantes pour un aéronef en vol. A cet effet, on réchauffe un organe (1) dépassant de la surface dudit aéronef, que l'on mesure la puissance totale (P_t) nécessaire audit réchauffage, et que l'on retranche de ladite puissance totale la puissance (P_a) correspondant aux échanges thermiques convectifs avec l'air ambiant.

A B R E G E

Procédé et dispositifs de détermination de la sévérité des conditions givrantes pour un aéronef.

L'invention concerne un procédé de détermination de la sévérité des conditions givrantes pour un aéronef en vol. A cet effet, on réchauffe un organe (1) dépassant de la surface dudit aéronef, que l'on mesure la puissance totale (P_t) nécessaire audit réchauffage, et que l'on retranche de ladite puissance totale la puissance (P_a) correspondant aux échanges thermiques convectifs avec l'air ambiant.

**Procédé et dispositifs de détermination de
la sévérité des conditions givrantes pour un aéronef**

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de
5 détermination de la sévérité des conditions givrantes pour un aéronef.

Il est important pour le pilote d'un aéronef de connaître la sévérité des
conditions givrantes afin soit d'éviter les zones à risque, soit
d'enclencher les dispositifs anti-givrage. En effet, le givre qui s'accumule
10 notamment sur les bords d'attaque des ailes ou de l'empennage ou à
l'entrée d'air des moteurs, provoque un alourdissement de l'appareil
nuisant à ses performances, une perte de portance pouvant aller
jusqu'au décrochage, ainsi qu'un étouffement du moteur.

15 Le phénomène de givrage se rencontre lors de la traversée de nuages,
lorsque certaines conditions particulières sont rencontrées.

En premier lieu, rien ne se passe lors de la traversée d'un nuage de
glace. Le givrage ne peut se rencontrer que lors de la traversée d'un
20 nuage formé de gouttes d'eau liquide. Par ailleurs, la température
statique doit être négative ; le liquide est donc alors en état surfondu.
Enfin, la concentration en eau liquide surfondue doit être suffisante, et la
température de paroi de l'aéronef également négative.

25 Les dispositifs actuellement connus pour détecter la sévérité du risque
de givrage sont généralement fondés sur la mesure de la vitesse
d'accrétion du givre.

Dans un premier type de dispositifs, on laisse le givre s'accumuler sur
30 un barreau faisant saillie de l'appareil, et dont on entretient les
vibrations. La fréquence de ces vibrations est fonction de l'épaisseur de
glace recouvrant le barreau et diminue en même temps que cette
épaisseur. Lorsque la fréquence de vibration atteint un certain seuil, on
réchauffe le barreau, ce qui provoque bien entendu une fusion du givre
35 et donc une augmentation de la fréquence. Lorsque celle-ci atteint sa
valeur nominale, on interrompt le chauffage ce qui provoque une

nouvelle accréation de glace et donc une nouvelle diminution de la fréquence de vibration. La durée d'un tel cycle, c'est-à-dire la durée séparant deux instants de mise en marche du chauffage, caractérise par conséquent la vitesse d'accréation du givre et donc la sévérité des conditions givrantes.

Dans un autre type de dispositifs, des trous sont formés à la surface d'un organe en saillie de l'appareil et sont reliés à un manomètre ; un système de chauffage est prévu comme dans le cas précédent. Le phénomène d'accréation de glace entraîne un bouchage progressif des trous et par conséquent une diminution de la pression enregistrée par le manomètre. Lorsque cette pression atteint un seuil inférieur, on chauffe le dispositif pour éliminer la glace et on interrompt le chauffage lorsque la pression atteint de nouveau un seuil supérieur. Comme précédemment, l'intervalle de temps séparant deux mises en marche du chauffage caractérise la vitesse d'accréation et donc la sévérité des conditions givrantes.

Ces dispositifs présentent un certain nombre d'inconvénients.

En premier lieu, leur temps de réponse est très long, de l'ordre de la minute. Il est en effet nécessaire d'attendre au moins deux cycles de chauffage pour connaître la durée qui les sépare. En outre, on ne dispose d'aucune information pendant le chauffage.

Par ailleurs, ils ne fonctionnent pas par définition si la température est positive puisqu'il n'y a pas alors accréation de glace. Or, les conditions givrantes peuvent être sévères alors même que la température est positive, puisqu'elle peut être négative à un autre emplacement de l'aéronef (par exemple dans une entrée d'air à cause de la détente).

La présente invention vise à pallier ces inconvénients.

A cet effet, l'invention a tout d'abord pour objet un procédé de détermination de la sévérité des conditions givrantes pour un aéronef en vol, caractérisé par le fait que l'on réchauffe un organe dépassant de la

surface dudit aéronef, que l'on mesure la puissance totale nécessaire audit maintien en température, et que l'on retranche de ladite puissance totale la puissance correspondant aux échanges thermiques convectifs avec l'air ambiant.

5

Le réchauffage peut consister à maintenir la température constante. Toutefois, on maintient de préférence la température dans une plage par exemple comprise entre 20°C et 70°C.

10

On verra en effet ci-après que la différence entre la puissance totale appliquée et la puissance correspondant aux échanges thermiques convectifs avec l'air ambiant, c'est-à-dire la puissance qui serait dissipée par l'organe dépassant s'il était placé dans un écoulement d'air non chargé de gouttes d'eau, est proportionnelle au produit de la concentration de l'air en eau liquide par la vitesse de l'écoulement. Or, ce produit est égal à la vitesse d'accrétion du givre dans le cas où la

15

température est négative.

20

Ce procédé de détermination de la sévérité des conditions givrantes présente donc le premier avantage d'être instantané. Par ailleurs il est utilisable même lorsque la température locale au niveau de la sonde est positive. Dans ce cas, il représente par conséquent la sévérité du risque de givrage à un autre emplacement de l'aéronef où la température serait négative.

25

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, on mesure les paramètres de l'écoulement dans le voisinage dudit organe, notamment la température totale, la pression statique et la pression totale, en vue de déterminer la puissance correspondant aux échanges thermiques convectifs avec l'air ambiant.

30

35

L'invention a également pour objet un dispositif de détermination de la sévérité des conditions givrantes pour un aéronef en vol caractérisé par le fait qu'il comprend un organe dépassant de la surface dudit aéronef, des moyens de chauffage pour maintenir ledit organe à une température prédéterminée, des moyens de mesure de la puissance totale nécessaire

audit maintien en température, et des moyens de calcul agencés pour calculer ladite sévérité en fonction de ladite puissance totale et des paramètres de l'écoulement dans le voisinage dudit organe.

- 5 Ledit organe peut être notamment la palette d'une sonde multifonction de mesure des paramètres aérodynamique de vol de l'aéronef, et plus particulièrement une palette mobile alignable dans le lit du vent.

10 Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, ce dispositif comprend des moyens de détermination de la température de l'organe dépassant, notamment des moyens de calcul pour calculer la température à partir des paramètres électriques dans les moyens de chauffage.

- 15 L'invention a également pour objet une sonde multifonction de mesure des paramètres aérodynamiques de vol d'un aéronef, comprenant des moyens de chauffage en vue de son dégivrage, caractérisée par le fait qu'elle comprend des moyens de mesure de la puissance de chauffage appliquée, et des moyens de calcul agencés pour déterminer la sévérité
20 des conditions givrantes à partir de ladite puissance et desdits paramètres aérodynamiques.

25 Cette sonde est particulièrement intéressante puisqu'elle ne nécessite le dépassement d'aucun organe supplémentaire de la surface de l'aéronef et que toute sa partie extérieure à l'aéronef est inchangée par rapport aux sondes existantes, les seuls éléments ajoutés étant les moyens de mesure de la puissance et les moyens de calcul. En outre, ces derniers sont en généralement pré-existants et seul leur logiciel devra être adapté au calcul de la sévérité des conditions givrantes.

30

Dans un mode de réalisation particulier, une sonde selon l'invention comprend des moyens de détermination de la température de l'organe dépassant, et plus particulièrement des moyens de calcul pour calculer la température à partir des paramètres électriques dans les moyens de
35 chauffage.

On décrira maintenant à titre d'exemple non limitatif, deux modes de réalisation particuliers de l'invention en référence aux dessins schématiques annexés dans lesquels :

5 - la figure 1 représente une sonde selon un premier mode de réalisation de l'invention, et

- la figure 2 est une vue similaire à la vue 1 d'une sonde selon un deuxième mode de réalisation.

10

La sonde de la figure 1 comporte de façon connue par les documents EP-A-0 176 405 et EP-A-0 469 991, une palette 1 montée mobile en rotation sur la structure 2 d'un aéronef. A cet effet, l'arbre 3 solidaire de la palette et monté sur des roulements à bille 4 fixés à la structure 2.

15

La palette 1 comporte une résistance électrique de réchauffage 5 alimentée par un générateur électrique 6. Un thermocouple 7 associé à son électronique de traitement 8 fournit la température T_w de la palette 1. La température T_w est elle-même fournie au générateur 6 afin de lui permettre de réguler cette température au voisinage d'une température de consigne, typiquement comprise entre 20°C et 70°C, par exemple d'environ 40°C. Cette température est suffisante pour que la palette 1 se trouve en condition dite d'antigivrage sec, c'est-à-dire telle que l'eau éventuellement surfondue entrée en contact avec la palette 1 soit évaporée avant d'avoir été éliminée lors de son parcours sur la palette.

25

On mesure également la tension efficace U aux bornes de la résistance 5 et le courant efficace I dans cette résistance afin d'en déduire la puissance totale P_t dissipé dans la palette 1. On fait ici abstraction des pertes thermiques par conduction pouvant prendre naissance dans l'axe 3 de la palette, celui-ci étant isolé thermiquement par des moyens appropriés.

30

La figure 2 montre comment il est possible de se dispenser du thermocouple 7 et de son électronique de traitement 8, dans le but

35

d'éviter les liaisons électriques associées dans la palette et l'axe tournant.

A cet effet, le fil chauffant 5 est réalisé dans un matériau présentant un fort coefficient positif de résistivité. Ceci est généralement le cas dans les résistances de dégivrage de manière à bénéficier d'un effet d'autorégulation du réchauffage. Ici, on ne mesurera donc pas une température locale mais une température moyenne. Les autres éléments de la figure 1 se retrouvent dans la figure 2.

10

Dans ce cas, on peut écrire pour la valeur R de la résistance 5 :

$$R = R_0 (1 + \alpha \cdot T_w)$$

où R_0 est une constante égale à la valeur de la résistance à 0°C et α est le coefficient de résistivité thermique, typiquement de l'ordre de 0,004°C⁻¹.

La température moyenne T_w de la palette peut donc être déduite de la mesure de U et de I, dont on déduit la valeur de R et donc T_w .

20

On peut ainsi obtenir une précision de l'ordre de 1°C ce qui correspond à la précision souhaitée pour la détection de la sévérité des conditions givrantes.

25

Dans les deux cas décrits ci-dessus, la sonde fournit la pression statique et la pression totale de l'écoulement. Ces paramètres, ainsi que la température totale de l'écoulement, la température T_w de la palette et la puissance totale P_t élaborées comme indiqué ci-dessus, sont fournis à un calculateur 9 (non représenté à la figure 1). On verra maintenant comment ce calculateur 9 en déduit la sévérité des conditions givrantes.

30

Les échanges thermiques entre la palette 1 et l'écoulement d'air atmosphérique qui l'entoure peuvent s'exprimer sous la forme de deux termes lorsque la palette 1 est en condition d'antigivrage sec :

35

$$P_t = P_w + P_a \quad (1)$$

où :

- 5 - P_t est la puissance thermique totale dissipée comme cela a été vu ci-dessus ;
- P_a correspond aux échanges thermiques convectifs avec l'air ambiant et est donc la puissance thermique qui serait dissipée par la palette 1
10 dans un écoulement d'air non chargé de gouttes d'eau ;
- P_w est la puissance thermique dissipée complémentaire liée à l'impact des gouttes d'eau sur la palette 1.

15 On peut montrer que P_a et P_w peuvent être exprimés de la façon suivante lorsque la palette 1 se trouve dans un écoulement d'air ayant une vitesse comprise dans la gamme des vitesses aéronautiques habituelles, et que la palette est chauffée à une température positive de quelques dizaines de degrés.

20

On peut tout d'abord écrire :

$$P_a = K.(T_w - T_t).N_u \quad (2)$$

25

où :

- K est une constante liée à la forme et à la surface de la palette 1,
- T_w est la température à la surface de la palette comme décrit ci-
30 dessus,
- T_t est la température adiabatique ou totale de l'air,
- N_u est le nombre de Nusselt de l'écoulement.

35

La connaissance des paramètres de l'écoulement (vitesse air, température statique, pression statique) permet donc de calculer la puissance P_a nécessaire au maintien de la surface de la palette à la température de consigne, lorsque l'air ambiant est à une température totale T_t donnée, liée elle-même à la température statique et à la vitesse air.

Par ailleurs, l'impact des gouttes d'eau sur la palette génère un échange thermique complémentaire. Ces gouttes s'évaporent en effet très rapidement en absorbant une énergie P_w telle que :

$$P_w = K_1 \cdot w \cdot V [L + C(T_w - T_s)] \quad (3)$$

où :

- K_1 est une constante liée à la forme de la palette,

- w est la concentration en eau liquide dans l'air,

- V est la vitesse air de l'écoulement,

- L est la chaleur latente de vaporisation de l'eau,

- C est la chaleur spécifique de l'eau liquide,

- T_w est la température de la palette comme cela a été vu précédemment,

- T_s est la température statique de l'air qui correspond à la température des gouttes d'eau entrées au contact de la palette.

On a vu ci-dessus que la sévérité des conditions givrantes est définie comme le produit $w \times V$ représentatif de la vitesse à laquelle l'épaisseur de la glace augmente à la surface de l'aéronef.

Les formules ci-dessus permettent d'écrire :

$$w \times V = \frac{(P_t - P_a)}{K_1 [L + C (T_w - T_s)]} \quad (4)$$

5

où :

- P_t est mesuré ;

10 - P_a est calculé à partir des conditions de vol par la formule (2) ;

- T_w est la température de réchauffage de la palette,

15 - T_s est la température statique de l'air ambiant calculée à partir de la température totale mesurée sur l'aéronef.

20 L'invention permet par conséquent de déterminer en permanence la sévérité des conditions givrantes à partir des paramètres aérodynamiques habituels et sans qu'il soit fait d'hypothèse sur la température ambiante.

Les réalisations de l'invention au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont définies comme suit:

1. Procédé de détermination de la sévérité des conditions givrantes pour un aéronef en vol dans de l'air contenant des gouttes d'eau, caractérisé par le fait qu'il comprend les étapes consistant à:

- chauffer un organe dépassant de la surface dudit aéronef,
- mesurer la puissance totale nécessaire audit chauffage,
- mesurer les paramètres de l'écoulement dans le voisinage dudit organe,
- calculer la puissance de chauffage qui serait nécessaire dans de l'air sec possédant lesdits paramètres d'écoulement,
- retrancher ladite puissance de chauffage de ladite puissance totale pour obtenir la puissance complémentaire pour évaporer lesdites gouttes d'eau, et
- calculer de ladite puissance complémentaire un paramètre représentatif d'une vitesse à laquelle l'épaisseur de glace augmente à la surface de l'aéronef.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les paramètres mesurés sont la température totale, la pression statique et la pression totale.

3. Dispositif pour déterminer la sévérité des conditions givrantes pour un aéronef en vol dans de l'air contenant des gouttes d'eau, caractérisé par le fait qu'il comprend:

- des moyens de chauffage pour chauffer un organe dépassant de la surface dudit aéronef,
- des moyens pour mesurer la puissance totale nécessaire pour chauffer ledit organe,
- des moyens pour mesurer les paramètres de l'écoulement dans le voisinage dudit organe,
- des moyens pour calculer la puissance de chauffage qui serait nécessaire dans de l'air sec possédant lesdits paramètres d'écoulement,
- des moyens pour retrancher ladite puissance de chauffage de ladite puissance totale pour obtenir la puissance complémentaire nécessaire pour évaporer lesdites gouttes d'eau,

- des moyens pour calculer à partir de ladite puissance complémentaire un paramètre représentatif de la vitesse à laquelle l'épaisseur de la glace augmente à la surface de l'aéronef.

4. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel ledit organe est la palette d'une sonde multifonction de mesure des paramètres aérodynamiques de vol de l'aéronef.

5. Dispositif selon la revendication 4, dans lequel la sonde multifonction est une palette mobile alignable dans le lit du vent.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, comprenant les moyens (7, 8) de détermination de la température de l'organe dépassant.

7. Dispositif selon la revendication 6, dans lequel lesdits moyens de détermination de la température comprenant des moyens de calcul pour calculer la température à partir des paramètres électriques dans les moyens de chauffage.

8. Système pour mesurer la sévérité des conditions givrantes pour un aéronef en vol dans de l'air contenant des gouttes d'eau, caractérisé par le fait qu'il comprend:

une sonde multifonction de mesure des paramètres aérodynamiques de vol d'un aéronef;

des moyens de chauffage pour chauffer ladite sonde à une température de consigne;

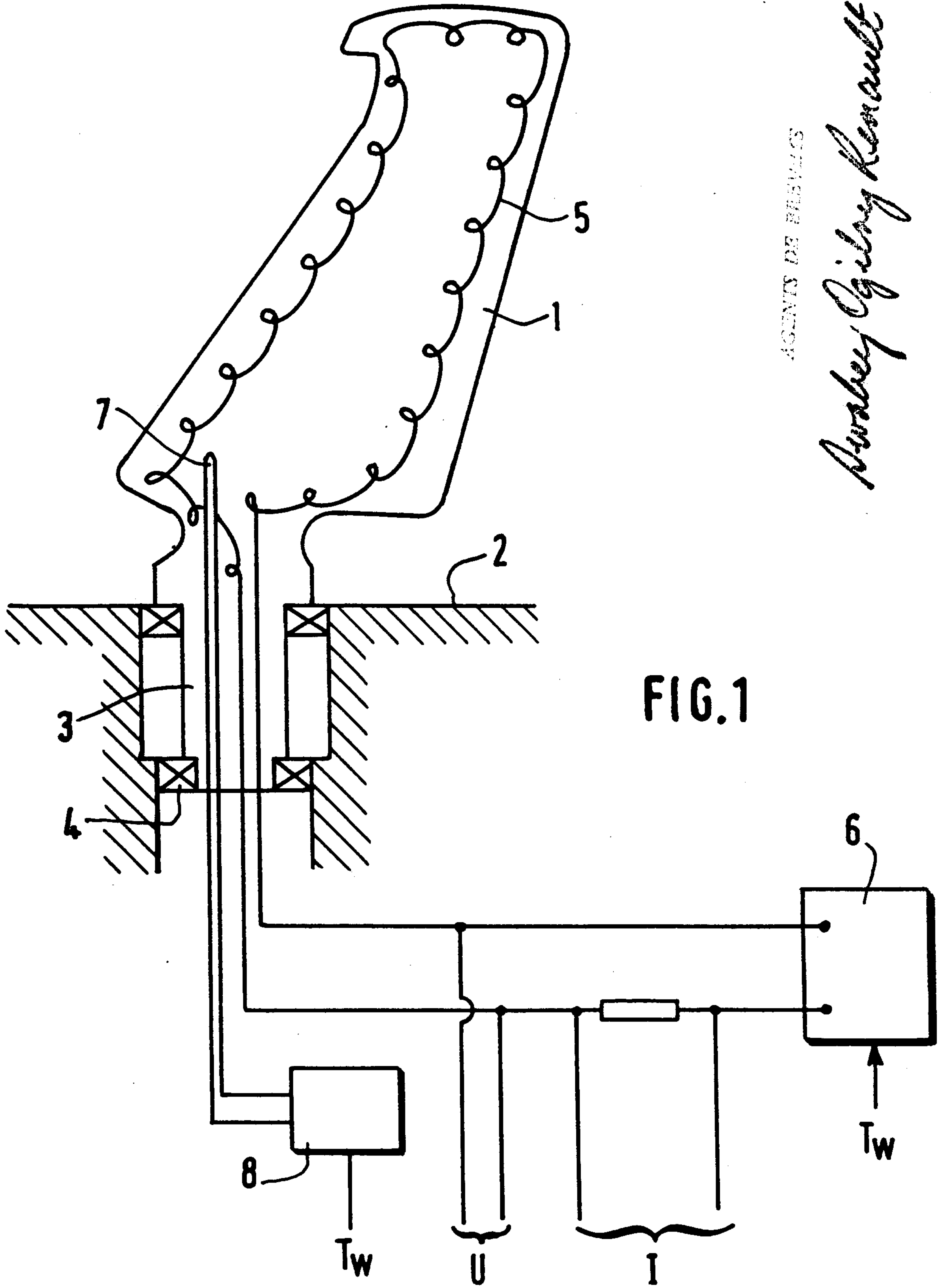
des moyens de mesure de la puissance totale nécessaire pour chauffer ladite sonde;

des moyens de calcul pour calculer la puissance de chauffage correspondant aux échanges thermiques dans de l'air sec possédant lesdits paramètres aérodynamiques; et

des moyens de calcul agencés pour déterminer la sévérité des conditions givrantes à partir de ladite puissance totale nécessaire et la puissance de chauffage calculée.

9. Système selon la revendication 8, comprenant des moyens de détermination de la température de la sonde.
10. Système selon la revendication 9, dans lequel lesdits moyens de détermination de la température comprennent des moyens de calcul pour calculer la température à partir des paramètres électriques dans les moyens de chauffage.
11. Système selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans laquelle on maintient ladite sonde à température constante.

1/2



AGENTS DE BREVETS

Ansley Ogilvy Kenault

FIG. 1

