

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :

2 972 231

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

12 00634

⑤1 Int Cl⁸ : **F 03 D 11/00 (2012.01)**

⑫

DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE

A3

②2 Date de dépôt : 02.03.12.

③0 Priorité : 02.03.11 IT MI2011A000329.

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 07.09.12 Bulletin 12/36.

⑤6 Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la
procédure de rapport de recherche.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : WILIC S.A.R.L. — LU.

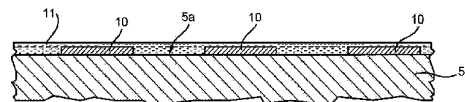
⑦2 Inventeur(s) : FOLIE GEORG et PEZZO IVAN.

⑦3 Titulaire(s) : WILIC S.A.R.L..

⑦4 Mandataire(s) : CABINET HECKE.

⑤4 TURBINE EOLIENNE DOTEE DE DISPOSITIFS ANTIGIVRAGE.

⑤7 Une turbine éolienne comprend un ensemble rotatif qui comporte un moyeu, apte à tourner autour d'un axe, et au moins une pale (5), montée sur le moyeu. La turbine éolienne est dotée d'un dispositif antigivrage, pour prévenir la formation de givre sur la pale (5). Le dispositif antigivrage comprend un dispositif de chauffage électrique (10), disposé sur la pale (5). Au moins une partie d'une surface extérieure (5a) de la pale (5) est recouverte par une couche de matière hydrophobe (11) thermiquement couplée au dispositif de chauffage électrique (10).



FR 2 972 231 - A3



TURBINE EOLIENNE DOTE DE DISPOSITIFS ANTIGIVRAGE

La présente invention concerne une turbine éolienne dotée de dispositifs antigivrage.

5 On sait que les turbines éoliennes sont souvent affectées par le problème de la formation de givre. En effet, à cause des basses températures, l'humidité de l'air peut générer des couches de givre de diverses épaisseurs et diverses étendues sur les pales. Par exemple, des dépôts importants peuvent se former à la
10 suite de précipitations, en particulier de la neige, mais également en cas de chutes de pluie et conséquemment d'une baisse de température. Même de la vapeur d'eau qui se condense au contact des pales est souvent suffisante pour générer un film qui peut geler et créer une couche ou des dépôts de givre.

15 Le dépôt de givre sur des ailes est de toute façon préjudiciable pour plusieurs raisons.

En premier lieu, la masse de givre qui adhère aux pales a un impact (fréquemment important), sur le rendement de la turbine éolienne. Par exemple, le poids majoré du rotor provoque des
20 charges plus lourdes, en raison de la masse générale plus grande.

De plus, une couche de givre peut facilement modifier la forme ou le profil des pales, ce qui réduit considérablement le rendement aérodynamique. En d'autres termes, la surface des pales est déformée par la couche de givre d'une façon imprévisible et
25 les propriétés aérodynamiques des pales sont modifiées. Ainsi, les pales ne peuvent pas interagir avec le vent incident d'une façon optimale et l'énergie collectée et convertie par la turbine éolienne est plus faible qu'en l'absence de givre.

En conclusion, des dépôts de givre importants sur les pales
30 peuvent représenter un risque sérieux pour la sécurité publique. En raison de la grande dimension des pales (même plusieurs

dizaines de mètres) et du mouvement rotatoire à une vitesse angulaire relativement élevée, les régions périphériques des pales se déplacent en utilisation à une vitesse linéaire élevée. En cas de formation de givre sur les pales, quelques blocs
5 peuvent se détacher et être projetés à une distance considérable de la turbine éolienne, ce qui crée de ce fait un danger évident. Le risque est d'autant plus grand lorsque la turbine éolienne est installée à proximité de maisons, de sites industriels ou de voies de communication.

10 Des systèmes antigivrage ont été conçus, qui comportent des dispositifs de chauffage électriques appliqués aux pales des turbines éoliennes. Dans la pratique, des éléments électriquement conducteurs sont montés sur les pales et alimentés de manière à chauffer des surfaces affectées par la formation de givre.

15 Les systèmes connus présentent cependant deux types d'inconvénients. Tout d'abord, l'application de conducteurs électriques est souvent complexe et a un impact remarquable sur le coût global de chaque pale. De plus, il est nécessaire de dissiper une grande quantité d'énergie pour chauffer suffisamment
20 la surface des pales et éviter la formation de givre (ou retirer du givre déjà formé). En effet, habituellement, et en particulier sous des climats froids, la prévention et le retrait de givre sont efficaces si la température de la surface des pales est d'environ 50°C. D'autre part, la dissipation thermique provoquée
25 par l'action du vent est de toute façon suffisante pour geler l'humidité qui est déposée sur les pales. Ainsi, la consommation d'énergie requise pour atteindre et maintenir une telle température est considérable.

30 C'est un but de la présente invention de proposer une turbine éolienne qui est dégagée des limitations décrites et, en

particulier, qui réduit efficacement le risque de formation de givre.

Selon la présente invention, il propose une turbine éolienne qui comporte :

5 un ensemble rotatif comprenant un moyeu tournant autour d'un axe, et au moins une pale montée sur le moyeu ; et

un dispositif antigivrage pour empêcher la formation de givre sur la pale ;

10 le dispositif antigivrage comportant un dispositif de chauffage électrique disposé sur la pale ;

caractérisée en ce que au moins une partie d'une surface extérieure de la pale est recouverte d'une couche de matière hydrophobe thermiquement couplée au dispositif de chauffage électrique.

15 La couche de matière hydrophobe empêche ou au moins réduit le dépôt d'humidité sur la surface des pales de la turbine éolienne. L'humidité, se présentant sous forme de vapeur condensée, de gouttes ou de cristaux n'adhère pas à la surface extérieure de la pale et tend à se détacher. La formation de
20 givre est donc contrée efficacement par l'action combinée de la couche de matière hydrophobe, qui empêche le dépôt d'humidité, et du dispositif de chauffage électrique, qui convertit l'énergie électrique en énergie thermique. L'énergie requise pour empêcher la formation de givre est donc bien plus faible par rapport au
25 cas où l'on utilise le seul dispositif de chauffage électrique. Elle est généralement suffisante pour maintenir la surface extérieure de la pale à une température d'environ 20° C pour éviter les dépôts.

30 De plus, la couche de matière hydrophobe réduit le dépôt de saletés et de poussières sur la surface de la pale.

Selon un autre aspect de l'invention, le dispositif de chauffage comporte une couche de matière électriquement conductrice déposée sur la surface extérieure de la pale.

5 Selon un autre aspect de l'invention, le dispositif de chauffage comporte une ligne électriquement conductrice disposée sur une feuille de support montée sur la surface extérieure de la pale.

De cette manière, le dispositif antigivrage peut être facilement appliqué à la pale.

10 Selon un autre aspect de l'invention, le dispositif antigivrage comporte une pluralité de modules reliés électriquement, qui comportent chacun une partie de chauffage correspondante du dispositif de chauffage électrique prévue sur une partie correspondante du support et recouverte par une partie
15 hydrophobe correspondante de la couche de matière hydrophobe.

La modularité du dispositif antigivrage rend l'installation plus facile encore et augmente également la flexibilité d'utilisation.

20 Selon un autre aspect de l'invention, le dispositif de chauffage électrique comporte une feuille conductrice incorporée dans la pale.

Selon un autre aspect de l'invention, le dispositif de chauffage et la couche de matière hydrophobe s'étendent sur au moins une partie d'un bord avant de la pale.

25 De cette manière, le bord avant, qui est facilement sujet à la formation de givre, est protégé efficacement.

La présente invention sera décrite ci-après en se référant aux dessins joints, qui illustrent quelques modes de réalisation non limitatifs, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue de côté, des parties ayant été ôtées pour des raisons de clarté, d'une turbine éolienne selon un mode de réalisation de la présente invention ;

5 - la figure 2 est une vue de face, des parties ayant été ôtées pour des raisons de clarté, de la turbine éolienne de la figure 1 ;

- le schéma 3 est un schéma fonctionnel simplifié d'un dispositif antigivrage incorporé dans la turbine éolienne de la figure 1 ;

10 - la figure 4 est une vue en coupe transversale d'une partie du dispositif antigivrage de la figure 3, faite le long du plan IV-IV de la figure 3 ;

15 - la figure 5 est une vue en coupe d'une pale de la turbine éolienne de la figure 1, faite le long du plan V-V de la figure 1 ;

- la figure 6 est un détail agrandi du dispositif antigivrage de la figure 3 ;

20 - la figure 7 est une vue en coupe transversale d'une partie d'un dispositif antigivrage, incorporée dans une turbine éolienne selon un mode de réalisation différent de la présente invention ;

- la figure 8 représente dans une vue en perspective une partie du dispositif antigivrage de la figure 7 ;

- la figure 9 est une vue en plan de dessus d'une première variante du dispositif antigivrage de la figure 7 ;

25 - la figure 10 est une vue en plan de dessus d'une deuxième variante du dispositif antigivrage de la figure 7 ;

30 - la figure 11 est une vue en coupe transversale d'une partie d'un dispositif antigivrage, incorporée dans une turbine éolienne selon un autre mode de réalisation de la présente invention ; et

- la figure 12 est une vue en coupe en plan de dessus, faite le long d'un plan perpendiculaire à une direction radiale, d'une pale d'une turbine éolienne selon un autre mode de réalisation de la présente invention.

5 Les figures 1 et 2 représentent une turbine éolienne, désignée d'une façon générale par le numéro de référence 1. La turbine 1 éolienne comporte une tour 2, une nacelle 3, un moyeu 4 et une pluralité de pales 5 (trois dans le mode de réalisation décrit ici). De plus, une machine électrique 6 et des dispositifs
10 de contrôle de la turbine éolienne 1, non représentés ici en détail, sont logés à l'intérieur de la nacelle 3.

Les trois pales 5 sont supportées par le moyeu 4, qui est monté sur la nacelle 3.

La nacelle 3 est de son côté montée sur la tour 2 de façon
15 à pouvoir tourner autour d'un axe de rotation A1, pour mettre les pales 5 vent arrière, alors que le moyeu 4 est apte à tourner autour d'un axe A2 par rapport à la nacelle 3. Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 1, les axes A3 des pales 5 sont sensiblement perpendiculaires à l'axe A2 du moyeu 4. Les
20 pales 5 sont en outre réglables autour des axes correspondants A3 pour régler un angle d'incidence correspondant de chaque pale 5 par rapport à la direction du vent.

Le moyeu 4 et les pales 5 définissent un ensemble rotatif 7 qui est apte à tourner autour de l'axe A2 par rapport à la
25 nacelle 3 et, sous l'action du vent, tourne autour de l'axe A2 lui-même à une vitesse angulaire.

Chaque pale 5 est dotée d'un dispositif antigivrage correspondant 8, alimenté par une source d'alimentation en énergie 9, qui est actionnée de son côté par la machine
30 électrique 6.

Les dispositifs antigivrage 8 sont identiques à l'un à l'autre et, pour cette raison, il sera fait référence dans la suite à l'un d'eux seulement, sauf indication contraire. Il faut cependant avoir à l'esprit que ce qui sera décrit et illustré s'applique également à n'importe lequel des dispositifs antigivrage 8. Comme c'est représenté schématiquement sur la figure 3, chaque dispositif antigivrage 8 comporte un dispositif de chauffage électrique 10, qui s'étend sur au moins une partie d'une surface extérieure 5a de la pale 5 correspondante, et une couche protectrice 11 de matière hydrophobe, recouvrant le dispositif de chauffage électrique 10.

Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 4 à 6, le dispositif de chauffage électrique 10 comporte une couche de matière électriquement conductrice déposée sur la surface extérieure 5a de la pale 5 (figure 4). En particulier, la matière électriquement conductrice est une peinture électriquement conductrice qui est directement appliquée sur la pale 5.

Le dispositif de chauffage électrique 10 définit une piste conductrice qui s'étend sur une trajectoire polygonale (comme dans l'exemple illustré) ou curviligne sur la surface extérieure 5a de la pale 5 (figure 6).

De façon plus détaillée, le dispositif électrique 10 recouvre au moins en partie un bord avant 12 de la pale 5 et occupe, sur des côtés opposés de la pale 5, une partie de la surface extérieure 5a qui correspond à environ un tiers de la corde C, comme c'est représenté sur la figure 5 (la corde C étant définie comme étant la distance entre le bord avant 12 et un bord arrière 13 à une distance donnée de l'axe de rotation A1). Dans un mode de réalisation différent (non représenté), le dispositif de chauffage électrique 10 occupe une partie de la surface

extérieure 5a de la pale 5 qui correspond à environ la moitié de la corde C.

De plus, le dispositif de chauffage électrique 10 s'étend sur une partie radialement externe de la pale 5, le long d'une section qui correspond à environ un tiers d'une longueur de la pale 5 elle-même (figures 1 et 2).

Dans le mode de réalisation décrit ici, la couche protectrice 11 est appliquée sur la surface extérieure 5a afin de recouvrir le dispositif de chauffage électrique 10 et s'étend sur une zone qui est légèrement plus grande que le dispositif de chauffage électrique 10.

Ainsi, la couche protectrice 11 s'étend également sur le bord avant 12 de la pale 5 et sur une partie de la surface extérieure 5 qui correspond à environ un tiers de la corde C et à un tiers (radialement à l'extérieur) de la longueur L de la pale 5.

De plus, la couche protectrice 11 est une couche de peinture hydrophobe déposée sur la surface extérieure 5a de la pale 5. En variante, à la place d'une peinture hydrophobe, une feuille ou un film de matière hydrophobe peut être placé sur la surface extérieure 5a de la pale 5 et être fixé par exemple par une couche adhésive. En outre, en variante, la surface extérieure est traitée par des nanoparticules pour réaliser un revêtement avec une couche hydrophobe.

De préférence, la matière formant la couche protectrice 11 est une matière super-hydrophobe.

Selon un mode de réalisation illustré sur les figures 7 et 8, la turbine éolienne 1 comporte des dispositifs antigivrage 108 disposés sur les pales 5.

Chaque dispositif antigivrage 108 comporte un dispositif de chauffage électrique 110 et une couche protectrice 111.

Le dispositif de chauffage électrique 110 est défini par une ligne électriquement conductrice, par exemple une ligne de cuivre plate sur une feuille de support 112. La feuille de support 112 est souple et est fixée sur la surface extérieure 5a de la pale 5, par exemple par une couche adhésive.

La couche protectrice 111 est constituée d'une matière hydrophobe et est appliquée sur la feuille de support 112 afin de recouvrir le dispositif de chauffage électrique 110. La couche protectrice 111 est appliquée avant l'installation sur la pale 5.

Le dispositif de chauffage électrique 110 peut être modulaire (figures 9 et 10). Dans ce cas, les parties 110a correspondantes du dispositif de chauffage électrique 110 sont supportées par les parties 112a correspondantes de la feuille de support 112 et sont recouvertes par des parties correspondantes de la couche protectrice 111. Les parties 11a du dispositif de chauffage électrique peuvent être reliées électriquement en série (figure 9) ou en parallèle (figure 10).

Selon le mode de réalisation de la figure 11, la turbine éolienne 1 est dotée de dispositifs antigivrage 208 qui comportent chacun un dispositif de chauffage électrique 210 et une couche protectrice 211 de matière hydrophobe. Le dispositif de chauffage électrique 210 est défini par une feuille conductrice incorporée dans la structure de la pale 5. La couche protectrice 211 recouvre la partie de la pale 5 dans laquelle le dispositif de chauffage électrique 210 est incorporé. La couche protectrice 211 est donc thermiquement couplée au dispositif de chauffage électrique 210, de sorte que l'effet de réduction du dépôt d'humidité s'ajoute à l'action de chauffage comme décrit précédemment.

Dans le mode de réalisation de la figure 12, la turbine éolienne 1 est dotée de dispositifs antigivrage 308 qui

comportent chacun un dispositif de chauffage électrique 310 et une couche protectrice 311 de matière hydrophobe. Dans ce cas, le dispositif de chauffage électrique 310 est défini par une couche conductrice sur une surface intérieure 5b de la pale 5 (qui est creuse) et est thermiquement couplée à la surface extérieure 5a. La couche protectrice 311 est appliquée sur une partie de la surface extérieure 5a qui correspond à la région où le dispositif de chauffage électrique 310 est disposé.

Le dispositif de chauffage électrique 10, selon la figure 4, se présente sous la forme d'une plaque plate.

REVENDEICATIONS

- 1) Turbine éolienne comportant :
- 5 un ensemble rotatif (15) comprenant un moyeu (4) tournant autour d'un axe (A1), et au moins une pale (5) montée sur le moyeu (4) ; et
- un dispositif antigivrage (8 ; 108 ; 208 ; 308) pour prévenir la formation de givre sur la pale (5) ;
- 10 le dispositif antigivrage (8 ; 108 ; 208 ; 308) comportant un dispositif de chauffage électrique (10 ; 110 ; 210 ; 310) disposé sur la pale (5) ;
- caractérisé en ce que au moins une partie d'une surface extérieure (5a) de la pale (5) est recouverte d'une couche de
- 15 matière hydrophobe (11 ; 111 ; 211 ; 311) thermiquement couplée au dispositif de chauffage électrique (10 ; 110 ; 210 ; 310).
- 2) Turbine éolienne selon la revendication 1, dans laquelle le dispositif de chauffage électrique (10 ; 110) comporte une couche
- 20 de matière électriquement conductrice déposée sur la surface extérieure (5a) de la pale (5).
- 3) Turbine éolienne selon la revendication 2, dans laquelle la matière électriquement conductrice est une peinture conductrice.
- 25
- 4) Turbine éolienne selon la revendication 3, dans laquelle la couche de matière hydrophobe est déposée sur la surface extérieure (5a) de la pale (5).
- 30 5) Turbine éolienne selon la revendication 1, dans laquelle le dispositif de chauffage électrique (110) comporte une ligne

électriquement conductrice disposée sur une feuille de support (112) montée sur la surface extérieure (5a) de la pale (5).

6) Turbine éolienne selon la revendication 5, dans laquelle la
5 feuille de support (112) est souple.

7) Turbine éolienne selon la revendication 5 ou 6, dans laquelle la feuille de support (112) est fixée avec une couche adhésive (113).

10

8) Turbine éolienne selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans laquelle le dispositif antigivrage (108) comporte une pluralité de modules reliés électriquement qui comportent chacun une partie de chauffage (110a) correspondante du dispositif de
15 chauffage électrique (110), montée sur une partie de support (112a) correspondante de la feuille de support (112) et recouverte d'une partie hydrophobe (111a) correspondante de la couche de matière hydrophobe (111).

20 9) Turbine éolienne selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, dans laquelle la couche de matière hydrophobe (111) est appliquée sur la feuille de support (112).

10) Turbine éolienne selon la revendication 1, dans laquelle le
25 dispositif de chauffage électrique (210) comporte une feuille conductrice incorporée dans la pale (65).

11) Turbine éolienne selon la revendication 1, dans laquelle le
30 dispositif de chauffage électrique (310) est disposé sur une surface intérieure (5b) de la pale (5).

12) Turbine éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le dispositif de chauffage électrique (10 ; 110) se présente sous la forme d'une piste s'étendant sur une trajectoire polygonale ou incurvée.

5

13) Turbine éolienne selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans laquelle le dispositif de chauffage électrique (10 ; 110) se présente sous la forme d'une plaque plate.

10 14) Turbine éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le dispositif de chauffage électrique (10 ; 110 ; 210 ; 310) et la couche de matière hydrophobe (11 ; 111 ; 211 ; 311) s'étendent sur au moins une partie d'un bord avant (12) de la pale (5).

15

15) Turbine éolienne selon la revendication 14, dans laquelle le dispositif de chauffage électrique (10 ; 110 ; 210 ; 310) et la couche de matière hydrophobe s'étendent le long d'une partie de la pale (5) correspondant à peu près à un tiers d'une corde (c)
20 de la pale (5).

16) Turbine éolienne selon la revendication 13, dans laquelle le dispositif de chauffage électrique (10 ; 110 ; 210 ; 310) et la couche de matière hydrophobe s'étendent le long d'une partie de
25 la pale (5) correspondant à peu près à la moitié d'une corde (c) de la pale (5).

17) Turbine éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le dispositif de chauffage électrique
30 (10 ; 110 ; 210 ; 310) et la couche de matière hydrophobe (11 ;

111 ; 211 ; 311) s'étendent le long d'une partie radialement extérieure de la pale (5).

18) Turbine éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la couche de matière hydrophobe (11 ; 111 ; 211 ; 311) s'étend sur une zone plus grande que le dispositif de chauffage électrique (10 ; 110 ; 210 ; 310).

19) Turbine éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant une source d'alimentation en énergie électrique (9) reliée au dispositif de chauffage électrique (10 ; 110 ; 210 ; 310).

20) Procédé de prévention de la formation de givre sur des pales de turbine éolienne, ledit procédé comportant :

le montage d'un dispositif de chauffage électrique (10 ; 110 ; 210 ; 310) sur une partie de la pale (5) ; et

le revêtement d'au moins une partie d'une surface extérieure (5a) de la pale (5) d'une couche de matière hydrophobe (11 ; 111 ; 211 ; 311), de sorte que la couche de matière hydrophobe (11 ; 111 ; 211 ; 311) est thermiquement couplée au dispositif de chauffage électrique (10 ; 110 ; 210 ; 310).

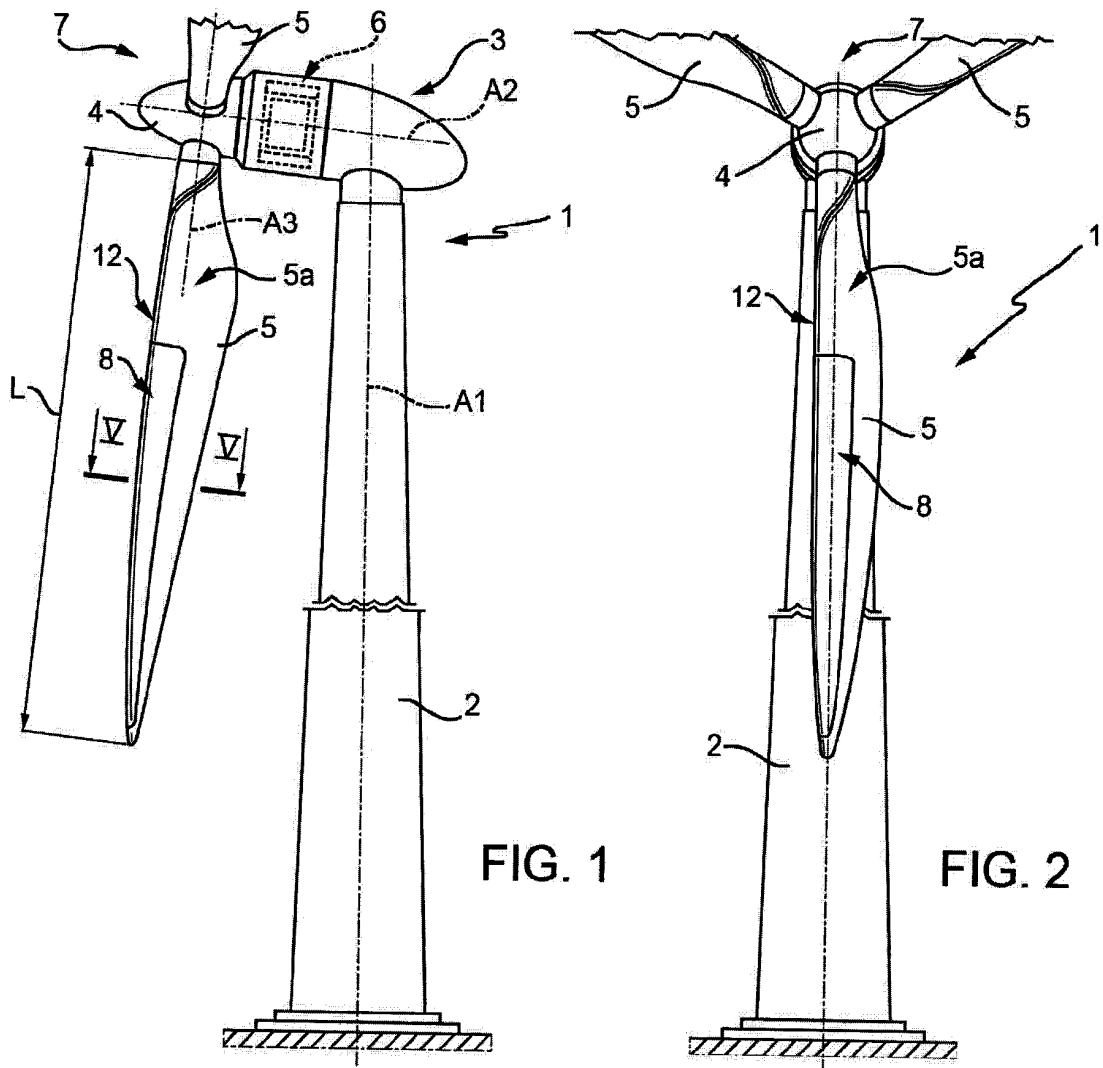


FIG. 1

FIG. 2

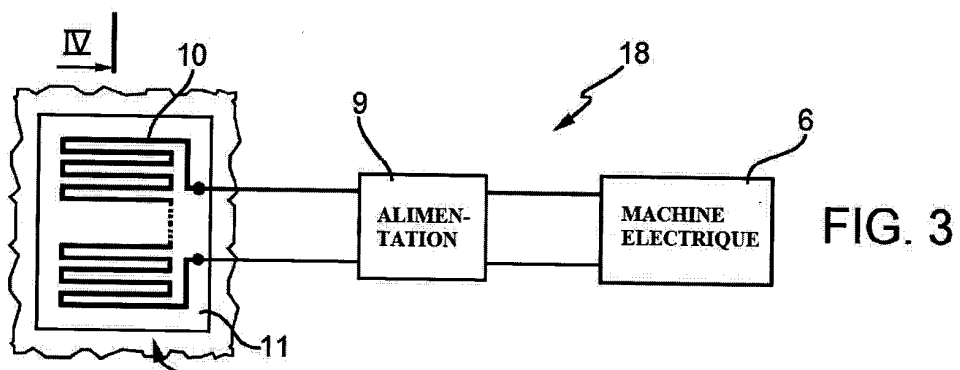


FIG. 3

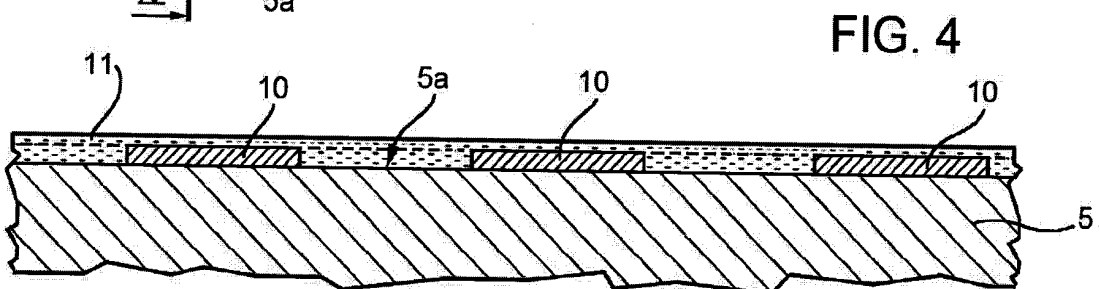


FIG. 4

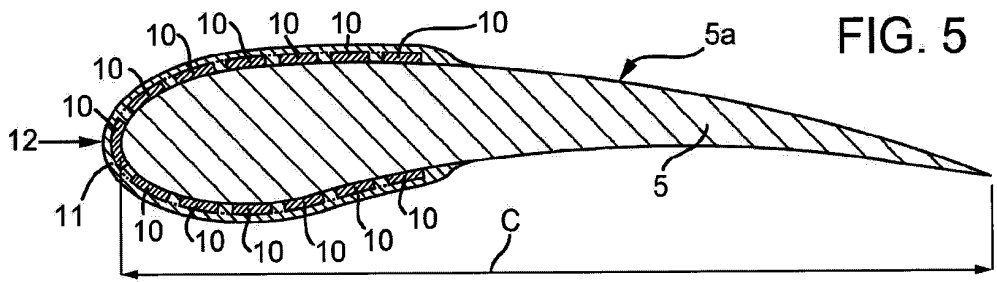


FIG. 5

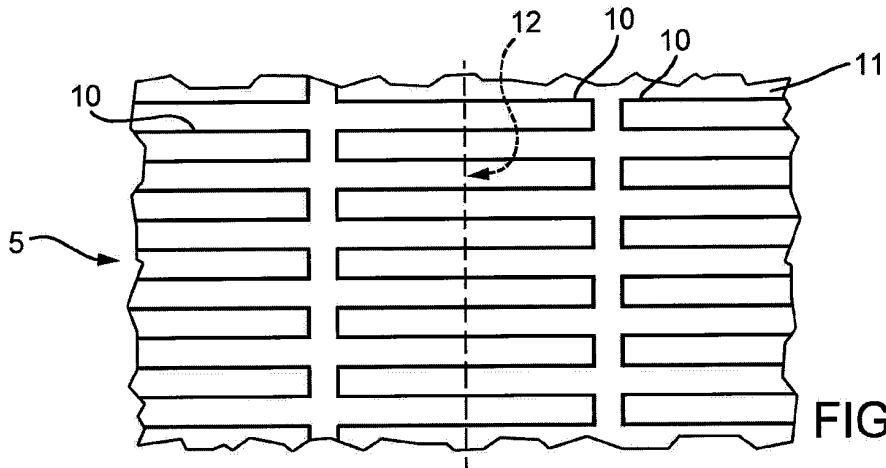


FIG. 6

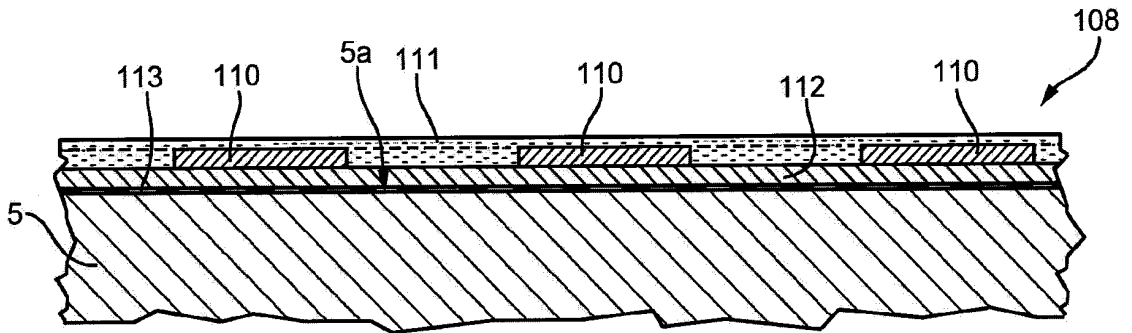


FIG. 7

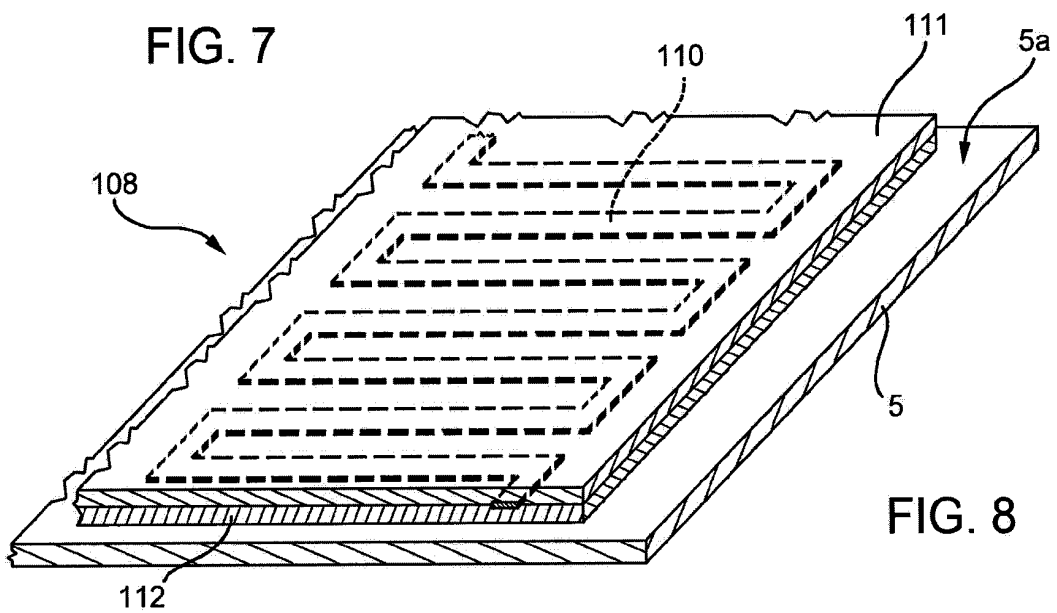


FIG. 8

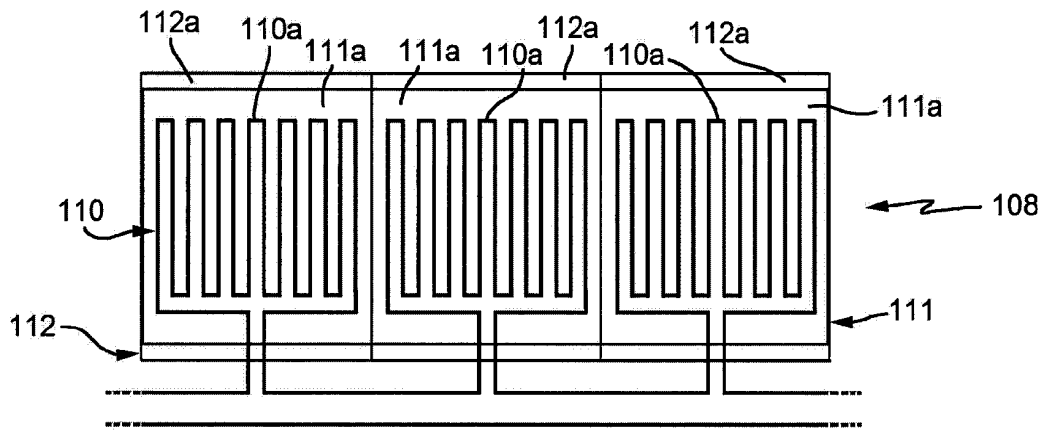


FIG. 9

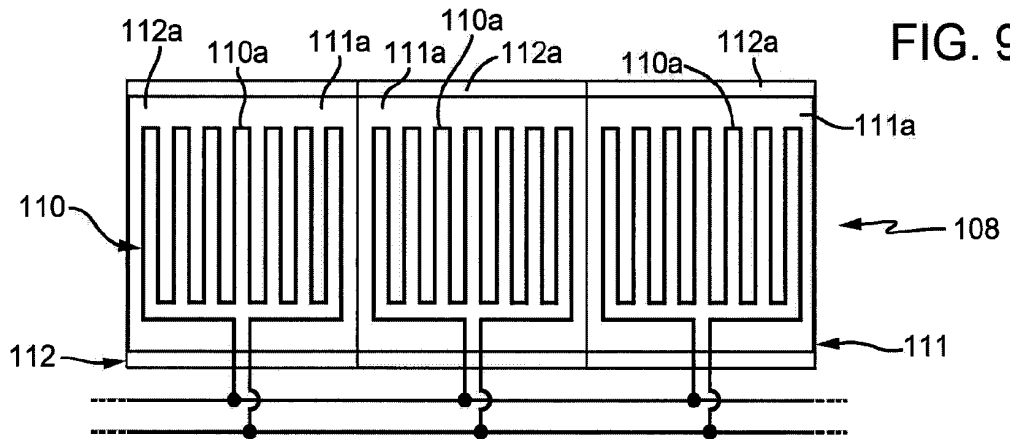


FIG. 10

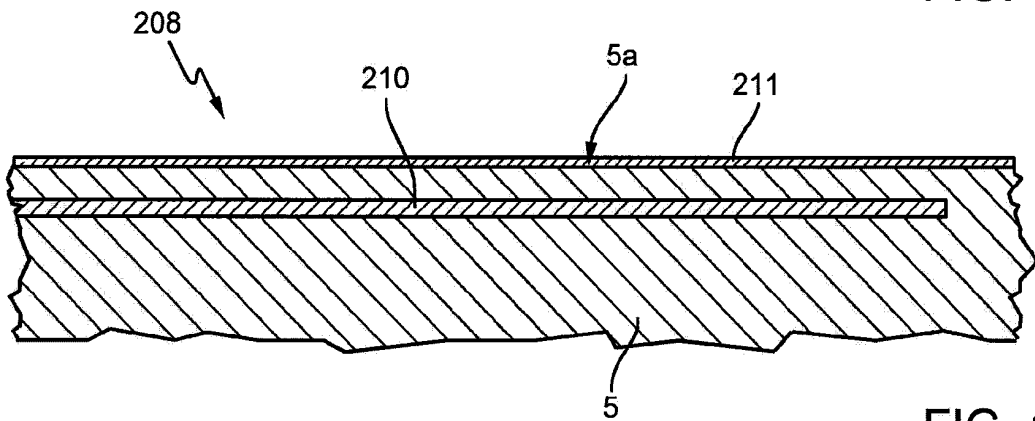


FIG. 11

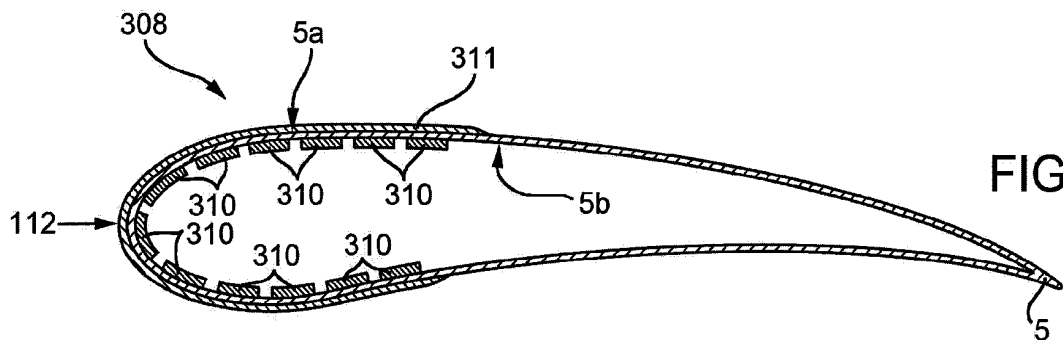


FIG. 12