

## (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  
05 avril 2018 (05.04.2018)



(10) Numéro de publication internationale

WO 2018/060591 A1

(51) Classification internationale des brevets :  
*B64C 27/08 (2006.01)*

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2017/052595

(22) Date de dépôt international :  
27 septembre 2017 (27.09.2017)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
16 59366 29 septembre 2016 (29.09.2016) FR

(71) Déposant : SAFRAN HELICOPTER ENGINES [FR/FR] ; 64510 BORDES (FR).

(72) Inventeurs : KLONOWSKI, Thomas ; c/o SAFRAN AIRCRAFT ENGINES, PI (AJI) - Rond-Point René Ravaud -Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

MEZIERE, Ludovic ; c/o SAFRAN AIRCRAFT ENGINES, PI (AJI) - Rond-Point René Ravaud -Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). PLISSONNEAU, Bernard ; c/o SAFRAN AIRCRAFT ENGINES, PI (AJI) - Rond-Point René Ravaud -Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(74) Mandataire : GUERRE, Fabien ; BREVALEX, 95, rue d'Amsterdam, 75378 PARIS CEDEX 8 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,

(54) Title: HYBRID PROPULSION SYSTEM FOR MULTI-ROTOR ROTARY-WING AIRCRAFT, COMPRISING IMPROVED DC/AC CONVERSION MEANS

(54) Titre : SYSTEME PROPULSIF HYBRIDE POUR AERONEF A VOILURE TOURNANTE MULTIROTOR COMPRENANT DES MOYENS AMELIORES DE CONVERSION DC/AC

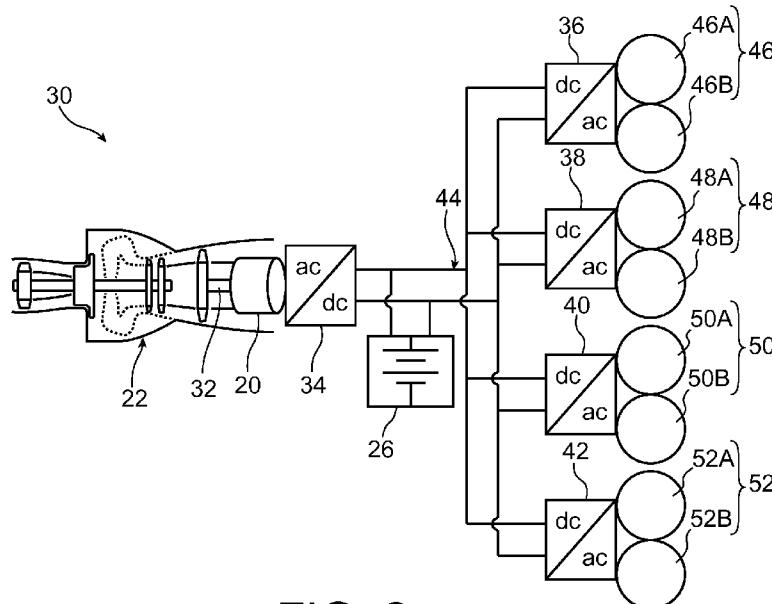


FIG. 2

(57) Abstract: In order to reduce the weight of a hybrid propulsion system (30) for a multi-rotor rotary-wing aircraft, the system comprises at least one inverter (36) configured to supply power in parallel to multiple electric motors (46A, 46B) intended to drive the corresponding propellers of the system.

(57) Abrégé : Pour réduire la masse d'un système propulsif hybride (30) pour aéronef à voilure tournante multirotor, le système comporte au moins un onduleur (36) configuré pour alimenter en parallèle plusieurs moteurs électriques (46A, 46B) destinés respectivement à l'entraînement d'hélices du système.



---

SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée:**

- *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

**SYSTEME PROPULSIF HYBRIDE POUR AERONEF A VOILURE TOURNANTE MULTIROTOR  
COMPRENANT DES MOYENS AMELIORES DE CONVERSION DC/AC**

**DESCRIPTION**

5    **DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne un système propulsif hybride destiné aux aéronefs à voilure tournante multirotor, ainsi qu'un procédé de fabrication d'un tel système propulsif hybride.

**ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE**

10              De l'état de la technique est connu un système propulsif hybride pour aéronef à voilure tournante multirotor comprenant :

– un moteur à combustion interne, et un générateur électrique accouplé au moteur à combustion interne de sorte qu'en fonctionnement, le moteur à combustion interne entraîne le générateur électrique,

15              – un redresseur relié au générateur électrique pour convertir un courant alternatif délivré par le générateur électrique en un courant continu, des moyens de conversion du courant continu en courant alternatif, et un réseau électrique reliant le redresseur aux moyens de conversion,

20              – des moteurs électriques reliés aux moyens de conversion de sorte qu'en fonctionnement, les moyens de conversion alimentent les premiers moteurs électriques en courant alternatif, et  
– des hélices accouplées aux moteurs électriques de sorte qu'en fonctionnement, les moteurs électriques entraînent les hélices.

En particulier, les moyens de conversion comprennent des onduleurs 25 respectivement reliés aux moteurs électriques de manière à alimenter ces derniers en courant alternatif.

Ces systèmes propulsifs présentent toutefois l'inconvénient d'être relativement lourds.

## EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a notamment pour but d'apporter une solution simple, économique et efficace à ce problème.

Elle propose à cet effet un système propulsif hybride pour aéronef à voilure tournante, comprenant :

– un moteur à combustion interne et un générateur électrique accouplé au moteur à combustion interne de sorte qu'en fonctionnement, le moteur à combustion interne entraîne le générateur électrique,

10 – un redresseur relié au générateur électrique pour convertir un courant alternatif délivré par le générateur électrique en un courant continu, des moyens de conversion configurés pour convertir le courant continu en courant alternatif, et un réseau électrique reliant le redresseur aux moyens de conversion,

15 – au moins un premier groupe d'au moins deux premiers moteurs électriques reliés aux moyens de conversion de sorte qu'en fonctionnement, les moyens de conversion alimentent les premiers moteurs électriques en courant alternatif, et

– des hélices respectivement accouplées aux premiers moteurs électriques de sorte qu'en fonctionnement, les premiers moteurs électriques entraînent les hélices.

Selon l'invention, les moyens de conversion comprennent un premier onduleur configuré pour alimenter en parallèle les premiers moteurs électriques.

20 Le principe général de l'invention consiste ainsi à mutualiser l'alimentation de plusieurs moteurs électriques d'un système propulsif hybride d'aéronef à voilure tournante au moyen d'un même onduleur.

25 L'invention permet ainsi une réduction de masse par rapport aux systèmes propulsifs hybrides de type connu, d'une part, par la réduction du nombre d'onduleurs, et également par la réduction du nombre et de la masse des filtres CEM.

De plus, l'alimentation de plusieurs moteurs électriques par un même onduleur permet d'optimiser la synchronisation de ces moteurs électriques. Ceci permet d'améliorer la portance du système propulsif hybride.

30 De préférence, les premiers moteurs électriques alimentés par le premier onduleur sont au nombre de deux.

Dans certains modes de réalisation de l'invention, les hélices accouplées aux premiers moteurs électriques sont deux hélices contrarotatives coaxiales.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, le système propulsif hybride comprend au moins un autre groupe d'au moins deux autres moteurs électriques, et d'autres hélices respectivement accouplées à ces autres moteurs électriques, et les moyens de conversion comprennent, pour le ou chaque autre groupe d'autres moteurs électriques, un autre onduleur correspondant configuré pour alimenter en parallèle les autres moteurs électriques correspondants.

Dans ce cas, les premiers moteurs électriques et les autres moteurs électriques présentent avantageusement une caractéristique intrinsèque dont la variance, calculée pour les moteurs de l'un quelconque du premier groupe et de l'autre ou de chaque autre groupe, est inférieure à la variance de ladite caractéristique intrinsèque calculée pour l'ensemble des premiers moteurs électriques et des autres moteurs électriques.

La ou les caractéristiques intrinsèques considérées sont de préférence des caractéristiques électriques ou électromagnétiques telles que les résistances statoriques, les inductances synchrones, et les flux d'origine rotorique.

De préférence, le système propulsif hybride comprend en outre une unité de stockage d'énergie reliée au réseau électrique en parallèle au générateur électrique.

L'invention concerne également un aéronef à voilure tournante multirotor, comprenant un système propulsif hybride du type décrit ci-dessus.

L'invention concerne encore un procédé de fabrication d'un système propulsif hybride du type décrit ci-dessus, comprenant au moins les étapes consistant respectivement à :

- mettre à disposition une pluralité de moteurs électriques, des hélices, un moteur à combustion interne, un générateur électrique, un redresseur, un réseau électrique, et un premier onduleur ;
- accoupler le générateur électrique au moteur à combustion interne ;

- relier le redresseur au générateur électrique ;
  - relier le premier onduleur au redresseur au moyen du réseau électrique ;
  - sélectionner, parmi la pluralité de moteurs électriques, un premier groupe d'au moins deux premiers moteurs électriques ;
- 5
  - relier en parallèle les premiers moteurs électriques au premier onduleur ;
  - accoupler une partie au moins des hélices aux premiers moteurs électriques.

Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, le procédé comprend en outre les étapes consistant respectivement à :

- sélectionner, parmi la pluralité de moteurs électriques, au moins un autre groupe d'au moins deux autres moteurs électriques ;
- mettre à disposition, pour le ou chaque autre groupe d'autres moteurs électriques, un autre onduleur correspondant ;
- relier en parallèle les autres moteurs électriques du ou de chaque autre groupe à l'autre onduleur correspondant.

15           De préférence, les premiers moteurs électriques et les autres moteurs électriques sont choisis de manière à présenter une caractéristique intrinsèque dont la variance, calculée pour les moteurs de l'un quelconque du premier groupe et de l'autre ou de chaque autre groupe, est inférieure à la variance de ladite caractéristique intrinsèque calculée pour l'ensemble des premiers moteurs électriques et des autres moteurs électriques.

## BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise, et d'autres détails, avantages et caractéristiques de celle-ci apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- 25
  - la figure 1 est une vue schématique de dessus d'un aéronef à voilure tournante multirotor selon un mode de réalisation préféré de l'invention ;
  - la figure 2 est une vue schématique partielle d'un système propulsif hybride équipant l'aéronef de la figure 1 ;

- la figure 3 est une vue schématique d'une partie du système propulsif hybride de la figure 2, illustrant en particulier un onduleur et deux moteurs électriques appartenant à ce système.

## EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PRÉFÉRÉS

5 La figure 1 illustre un aéronef à voilure tournante 10, par exemple un aéronef octorotor, du type comprenant quatre paires 12, 14, 16, 18 d'hélices contrarotatives 12A, 12B, 14A, 14B, 16A, 16B, 18A, 18B.

D'une manière générale, ces hélices sont respectivement accouplées à des moteurs électriques (non visibles sur la figure 1) qui assurent ainsi l'entraînement en 10 rotation des hélices. Ces moteurs électriques sont eux-mêmes alimentés en énergie électrique par un générateur électrique 20 entraîné par un moteur à combustion interne 22 tel qu'une turbomachine. La liaison entre le générateur électrique 20 et les moteurs électriques est opérée en courant continu, sous une tension relativement élevée, dans le but d'améliorer la stabilité du réseau et la gestion de puissance. À cet effet, un redresseur 15 assure la conversion du courant alternatif délivré par le générateur électrique 20 en courant continu, tandis que des moyens de conversion assurent la conversion de ce courant continu en courant alternatif destiné aux moteurs électriques, comme cela apparaîtra plus clairement dans ce qui suit. La liaison entre le générateur électrique 20 et les moteurs électriques en courant continu est notamment avantageuse du fait que le 20 générateur électrique 20 fonctionne à une vitesse constante et permet donc d'avoir une tension continue stable après conversion.

Préférentiellement, une unité de stockage d'énergie 26 est également prévue pour alimenter temporairement les moteurs électriques en complétant ou en se substituant au générateur électrique 20, d'une manière connue en soi. L'unité de 25 stockage d'énergie 26 est par exemple de type électrochimique mais peut, en variante, être de type électrostatique (capacitif) ou mécanique.

La liaison en courant continu mentionnée ci-dessus présente dans ce cas un avantage supplémentaire du fait qu'une telle liaison permet de relier de manière

simple le générateur électrique 20 et l'unité de stockage d'énergie 26, d'une part, aux moteurs électriques, d'autre part.

En variante, l'unité de stockage d'énergie 26 peut être reliée au reste du système par l'intermédiaire d'un hacheur, également dénommé convertisseur continu-  
5 continu, permettant notamment d'assurer la bonne recharge de l'unité de stockage d'énergie 26 et également d'assurer une redondance de la chaîne électrique dans le cas où l'unité de stockage d'énergie 26 venait à être défaillante.

L'ensemble de ces éléments forme un système propulsif hybride 30, qui va maintenant être décrit plus en détail en référence à la figure 2.

10 Le système propulsif hybride 30 comprend donc le moteur à combustion interne 22 et le générateur électrique 20. Ce dernier comporte typiquement un rotor accouplé à un arbre de sortie 32, tel qu'un arbre d'une turbine libre ou liée, du moteur à combustion interne 22.

15 Une sortie électrique du générateur électrique 20 est reliée à une entrée du redresseur 34 pour convertir le courant alternatif AC fourni par le générateur électrique 20 en courant continu DC.

20 Une sortie du redresseur 34 est reliée en parallèle, au moyen d'un réseau électrique 44, à des entrées respectives de moyens de conversion, à savoir un premier onduleur 36, un deuxième onduleur 38, un troisième onduleur 40 et un quatrième onduleur 42, prévus pour reconvertis le courant continu DC en courant alternatif AC destiné à l'alimentation des moteurs électriques.

Plus précisément, le premier onduleur 36 présente une sortie reliée en parallèle à un premier groupe 46 de deux premiers moteurs électriques 46A, 46B, que le premier onduleur 36 alimente ainsi en courant alternatif AC.

25 De manière analogue, les autres onduleurs 38, 40, 42 présentent des sorties respectives qui sont respectivement reliées en parallèle à d'autres groupes 48, 50, 52 comprenant chacun deux autres moteurs électriques correspondants 48A, 48B, 50A, 50B, 52A, 52B.

30 Le système propulsif hybride 30 comporte ainsi plusieurs groupes comprenant chacun deux moteurs électriques, et est configuré de sorte que les moteurs

d'un même groupe soient alimentés en énergie électrique par un même onduleur correspondant.

Les deux moteurs électriques 46A-52B de chaque groupe sont respectivement accouplés aux deux hélices d'une paire correspondante 12-18 d'hélices contrarotatives.

L'alimentation de moteurs électriques par un même onduleur permet de réduire la masse du système propulsif hybride.

De plus, une telle configuration permet une bonne synchronisation de ces moteurs, et donc des hélices entraînées par ces derniers. Ceci permet d'améliorer la portance du système propulsif hybride, particulièrement dans le cas d'un système à hélices contrarotatives tel que le système illustré sur les figures.

Par ailleurs, l'unité de stockage d'énergie 26 est également reliée en parallèle à chacun des onduleurs 36-42.

Les moteurs électriques 46A-52B sont tous de même type. Toutefois, pour optimiser la commande conjointe et la synchronisation des deux moteurs de chaque groupe, les moteurs électriques 46A-52B sont répartis dans les différents groupes 46-52 de manière à présenter au moins une caractéristique intrinsèque dont la variance, calculée pour les moteurs électriques de l'un quelconque des groupes 46-52, soit inférieure à la variance de ladite caractéristique intrinsèque calculée pour l'ensemble des moteurs électriques 46A-52B. Autrement dit, les moteurs électriques sont regroupés selon la valeur de la caractéristique intrinsèque précitée pour minimiser l'écart de valeur de cette caractéristique au sein de chaque groupe.

La ou les caractéristiques intrinsèques considérées sont de préférence des caractéristiques électriques ou électromagnétiques telles que les résistances statoriques, les inductances synchrones, et les flux d'origine rotorique.

Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, les moteurs électriques 46A-52B sont des moteurs asynchrones polyphasés. Ces moteurs peuvent être de différents types tels que des moteurs à induction ou des moteurs à reluctance variable.

À titre préférentiel, les deux moteurs électriques de chaque groupe sont du type mono-stator multirotor, ce qui permet de réduire la masse et le volume des moteurs électriques tout en aidant à minimiser la variance des résistances statoriques des moteurs électriques au sein de chaque groupe. Cela permet en particulier de favoriser 5 l'égalité des courants électriques respectifs au sein des deux moteurs électriques d'un même groupe.

La figure 3 illustre un exemple de configuration du premier onduleur 36 ainsi que les deux premiers moteurs électriques 46A, 46B. Les autres onduleurs 38-42 présentent une configuration analogue.

10 Comme le montre la figure 3, le premier onduleur 36 est un onduleur en pont comportant trois bras d'onduleur 60, 62, 64 délivrant respectivement les trois phases 66, 68, 70 de courant alternatif à chacun des deux premiers moteurs électriques 46A, 46B. Le premier onduleur 36 comporte un bras d'onduleur de secours 72 qui est initialement inopérant et qui est prévu pour remplacer l'un des trois bras 60, 62, 64 en 15 cas de défaillance de celui-ci. Le premier onduleur 36 comporte en outre de manière conventionnelle un module 74 de commande des bras d'onduleur 60, 62, 64 et un module 76 de filtrage CEM.

Le système propulsif hybride 30 peut être fabriqué au moyen d'un procédé comprenant les étapes consistant à :

- 20 – mettre à disposition les moteurs électriques 46A-52B, les hélices 12A-18B, le moteur à combustion interne 22, le générateur électrique 20, le redresseur 34, le réseau électrique 44, et les moyens de conversion constitués du premier onduleur 36, du deuxième onduleur 38, du troisième onduleur 40 et du quatrième onduleur 42 ;
- 25 – accoupler le générateur électrique 20 au moteur à combustion interne 22 ;
- relier le redresseur 34 au générateur électrique 20 ;
- relier chacun des onduleurs 36-42 au redresseur 34 au moyen du réseau électrique 44 ;
- répartir les moteurs électriques 46A-52B en groupes de deux moteurs, de sorte que la variance d'au moins une caractéristique intrinsèque des moteurs électriques calculée 30 pour les moteurs de l'un quelconque des groupes 46-52, soit inférieure à la variance de

ladite caractéristique intrinsèque calculée pour l'ensemble des moteurs électriques 46A-52B ;

– relier en parallèle les moteurs électriques de chaque groupe à un onduleur 36-42 correspondant ;

5 – accoupler les hélices respectivement aux moteurs électriques 46A-52B.

Comme expliqué ci-dessus, le principe général de l'invention consiste à mutualiser l'alimentation de moteurs électriques d'un système propulsif hybride d'aéronef à voilure tournante multirotor au moyen d'onduleurs.

10 Ce principe général peut être appliqué à diverses configurations de systèmes propulsifs hybrides, sans sortir du cadre de la présente invention.

Ainsi, le nombre d'hélices peut être supérieur ou inférieur à 8. Il peut par exemple être égal à quatre dans le cas d'un aéronef de type quadrirotor, parfois dénommé quadricoptère. De plus, les hélices entraînées par les moteurs électriques d'un même groupe peuvent ne pas adopter une configuration d'hélices contrarotatives coaxiales.

15 Le nombre d'onduleurs peut également varier, de même que le type de ces onduleurs.

De plus, le nombre de moteurs électriques alimentés par un même onduleur peut être supérieur à deux. Il est cependant souhaitable que ce nombre reste relativement bas pour conserver une redondance suffisante des organes propulsifs, une telle redondance étant souhaitable pour garantir la sécurité de l'aéronef.

20 Sous son aspect le plus général, le système propulsif hybride selon l'invention comporte donc au moins un onduleur et au moins deux moteurs électriques alimentés par cet onduleur.

**REVENDICATIONS**

1. Système propulsif hybride (30) pour aéronef à voilure tournante multirotor (10), comprenant :

- 5 – un moteur à combustion interne (22) et un générateur électrique (20) accouplé au moteur à combustion interne de sorte qu'en fonctionnement, le moteur à combustion interne entraîne le générateur électrique,
- 10 – un redresseur (34) relié au générateur électrique pour convertir un courant alternatif délivré par le générateur électrique en un courant continu, des moyens de conversion configurés pour convertir le courant continu en courant alternatif, et un réseau électrique (44) reliant le redresseur aux moyens de conversion,
- 15 – au moins un premier groupe (46) d'au moins deux premiers moteurs électriques (46A, 46B) reliés aux moyens de conversion de sorte qu'en fonctionnement, les moyens de conversion alimentent les premiers moteurs électriques en courant alternatif,
- des hélices (12A, 12B) respectivement accouplées aux premiers moteurs électriques de sorte qu'en fonctionnement, les premiers moteurs électriques entraînent les hélices, caractérisé en ce que les moyens de conversion comprennent un premier onduleur (36) configuré pour alimenter en parallèle les premiers moteurs électriques.

20 2. Système propulsif hybride selon la revendication 1, dans lequel les premiers moteurs électriques (46A, 46B) alimentés par le premier onduleur (36) sont au nombre de deux.

25 3. Système propulsif hybride selon la revendication 2, dans lequel les hélices (12A, 12B) accouplées aux premiers moteurs électriques (46A, 46B) sont deux hélices contrarotatives coaxiales.

30 4. Système propulsif hybride selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant au moins un autre groupe (48, 50, 52) d'au moins deux autres moteurs électriques (48A, 48B, 50A, 50B, 52A, 52B), et d'autres hélices (14A, 14B,

16A, 16B, 18A, 18B) respectivement accouplées à ces autres moteurs électriques, et dans lequel les moyens de conversion comprennent, pour le ou chaque autre groupe d'autres moteurs électriques, un autre onduleur correspondant (38, 40, 42) configuré pour alimenter en parallèle les autres moteurs électriques correspondants.

5

5. Système propulsif hybride selon la revendication 4, dans lequel les premiers moteurs électriques (46A, 46B) et les autres moteurs électriques (48A, 48B, 50A, 50B, 52A, 52B) présentent une caractéristique intrinsèque dont la variance, calculée pour les moteurs de l'un quelconque du premier groupe (46) et de l'autre ou de chaque autre groupe (48, 50, 52), est inférieure à la variance de ladite caractéristique intrinsèque calculée pour l'ensemble des premiers moteurs électriques et des autres moteurs électriques.

10

6. Système propulsif hybride selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant en outre une unité de stockage d'énergie (26) reliée au réseau électrique (44) en parallèle au générateur électrique (20).

15

7. Aéronef à voilure tournante multirotor (10), comprenant un système propulsif hybride (30) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

20

8. Procédé de fabrication d'un système propulsif hybride (30) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant au moins les étapes consistant respectivement à :

25

- mettre à disposition une pluralité de moteurs électriques, des hélices, un moteur à combustion interne (22), un générateur électrique (20), un redresseur (34), un réseau électrique (44), et un premier onduleur (36) ;

- accoupler le générateur électrique (20) au moteur à combustion interne (22) ;
- relier le redresseur (34) au générateur électrique (20) ;
- relier le premier onduleur (36) au redresseur (34) au moyen du réseau électrique (44) ;

30

- sélectionner, parmi la pluralité de moteurs électriques, un premier groupe (46) d'au moins deux premiers moteurs électriques (46A, 46B) ;
  - relier en parallèle les premiers moteurs électriques (46A, 46B) au premier onduleur (36) ;
- 5        – accoupler une partie au moins des hélices (12A, 12B) aux premiers moteurs électriques (46A, 46B).

9. Procédé selon la revendication 8 de fabrication d'un système propulsif hybride (30) selon la revendication 5, comprenant en outre les étapes consistant 10 respectivement à :

- sélectionner, parmi la pluralité de moteurs électriques, au moins un autre groupe (48, 50, 52) d'au moins deux autres moteurs électriques (48A, 48B, 50A, 50B, 52A, 52B) ;
- mettre à disposition, pour le ou chaque autre groupe d'autres moteurs électriques, un autre onduleur correspondant (38, 40, 42) ;
- relier en parallèle les autres moteurs électriques du ou de chaque autre groupe à l'autre onduleur correspondant.

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel les premiers moteurs électriques (46A, 46B) et les autres moteurs électriques (48A, 48B, 50A, 50B, 20 52A, 52B) sont choisis de manière à présenter une caractéristique intrinsèque dont la variance, calculée pour les moteurs de l'un quelconque du premier groupe (46) et de l'autre ou de chaque autre groupe (48, 50, 52), est inférieure à la variance de ladite caractéristique intrinsèque calculée pour l'ensemble des premiers moteurs électriques et des autres moteurs électriques.

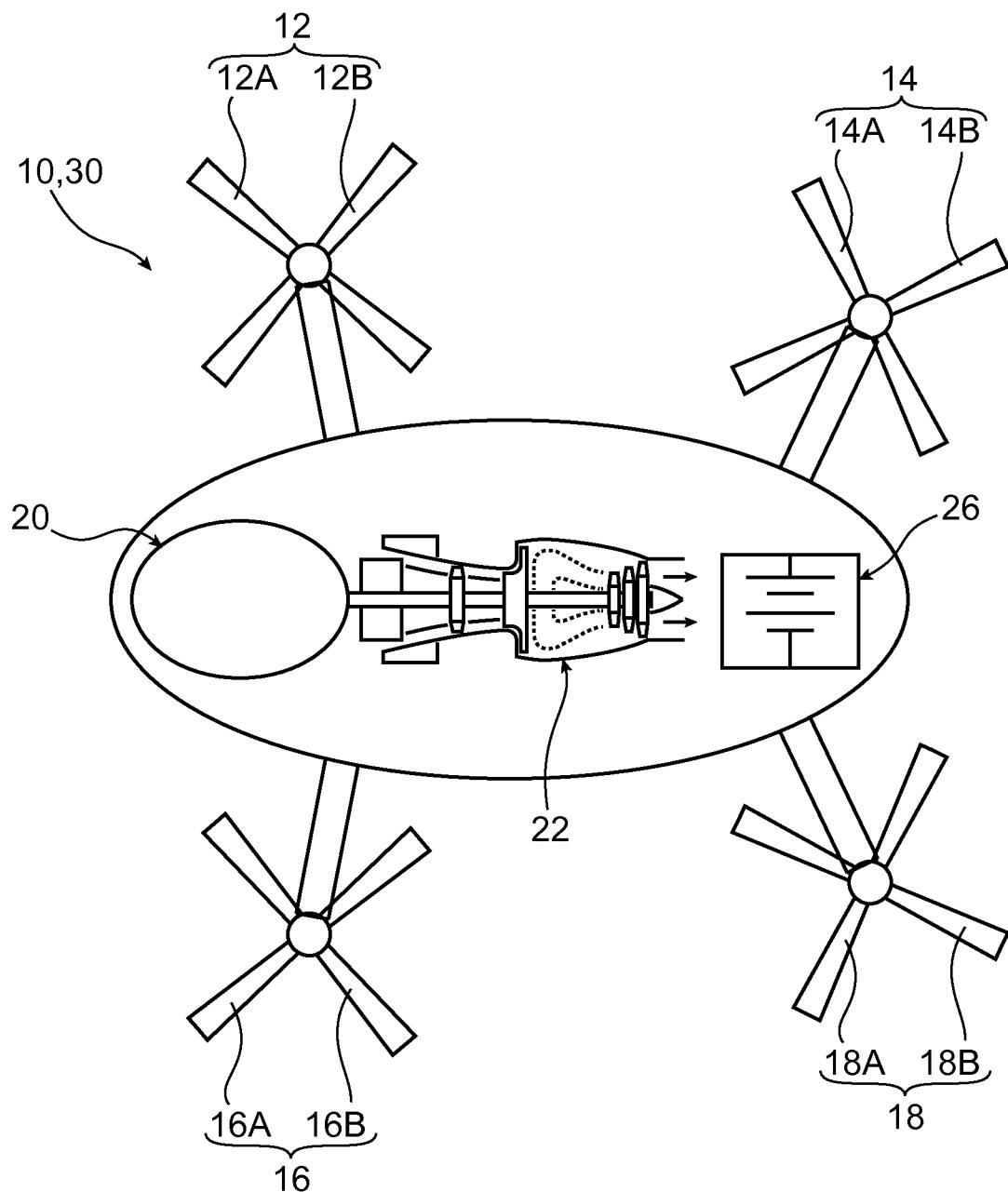


FIG. 1

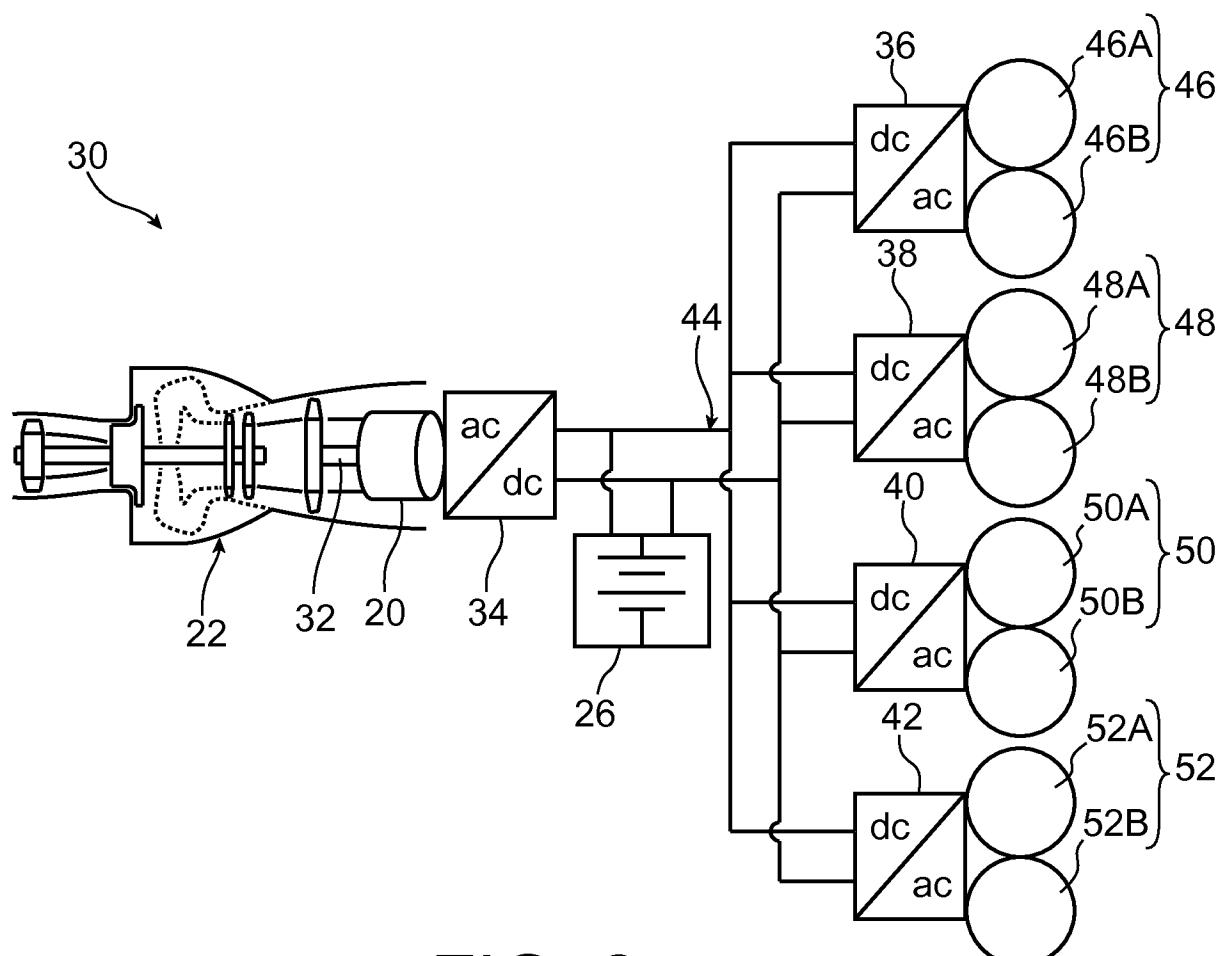


FIG. 2

3 / 3

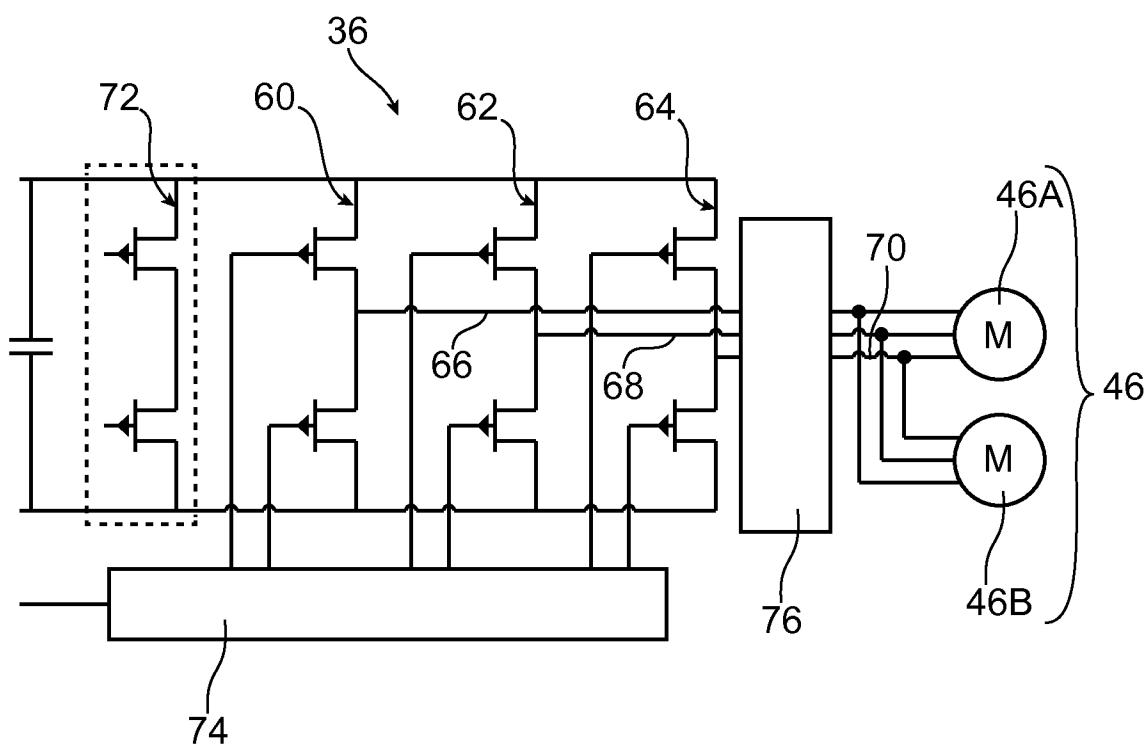


FIG. 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2017/052595

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. B64C27/08  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
B64C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 105 711 826 A (CHEN MENG) 29 June 2016 (2016-06-29) abstract; claim 1; figures 1, 2, 4, 5 -----	1-10
Y	FR 2 990 573 A1 (HISPANO SUIZA SA [FR]) 15 November 2013 (2013-11-15) abstract; figure 1 -----	1-10
Y	US 2013/147204 A1 (BOTTE JEAN [DE] ET AL) 13 June 2013 (2013-06-13) abstract; figures 3, 6 -----	1-10
A	FR 2 962 407 A1 (HISPANO SUIZA SA [FR]) 13 January 2012 (2012-01-13) abstract; figures 2, 3 ----- -/-	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  13 December 2017	Date of mailing of the international search report  21/12/2017
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Podratzky, Andreas

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2017/052595

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015 137092 A (YASUDA KENTA) 30 July 2015 (2015-07-30) figures 1, 2 -----	1-10
A	CN 205 554 582 U (SHANGHAI OXAI AIRPLANE CO LTD) 7 September 2016 (2016-09-07) figures 1, 2 -----	1-10

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2017/052595

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
CN 105711826	A	29-06-2016	NONE		
FR 2990573	A1	15-11-2013	CA 2872724 A1 CN 104471819 A EP 2847845 A2 FR 2990573 A1 JP 2015525551 A US 2015130186 A1 WO 2013167837 A2		14-11-2013 25-03-2015 18-03-2015 15-11-2013 03-09-2015 14-05-2015 14-11-2013
US 2013147204	A1	13-06-2013	CN 102971216 A DE 102010021026 A1 EP 2571763 A2 KR 20130038301 A US 2013147204 A1 WO 2011144692 A2		13-03-2013 24-11-2011 27-03-2013 17-04-2013 13-06-2013 24-11-2011
FR 2962407	A1	13-01-2012	NONE		
JP 2015137092	A	30-07-2015	NONE		
CN 205554582	U	07-09-2016	NONE		

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2017/052595

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. B64C27/08  
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
B64C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	CN 105 711 826 A (CHEN MENG) 29 juin 2016 (2016-06-29) abrégé; revendication 1; figures 1, 2, 4, 5 -----	1-10
Y	FR 2 990 573 A1 (HISPANO SUIZA SA [FR]) 15 novembre 2013 (2013-11-15) abrégé; figure 1 -----	1-10
Y	US 2013/147204 A1 (BOTTI JEAN [DE] ET AL) 13 juin 2013 (2013-06-13) abrégé; figures 3, 6 -----	1-10
A	FR 2 962 407 A1 (HISPANO SUIZA SA [FR]) 13 janvier 2012 (2012-01-13) abrégé; figures 2, 3 ----- -/-	1-10

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13 décembre 2017

21/12/2017

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Podratzky, Andreas

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Demande internationale n°

PCT/FR2017/052595

## C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	JP 2015 137092 A (YASUDA KENTA) 30 juillet 2015 (2015-07-30) figures 1, 2 -----	1-10
A	CN 205 554 582 U (SHANGHAI OXAI AIRPLANE CO LTD) 7 septembre 2016 (2016-09-07) figures 1, 2 -----	1-10
1		

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2017/052595

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 105711826	A	29-06-2016	AUCUN
FR 2990573	A1	15-11-2013	CA 2872724 A1 CN 104471819 A 25-03-2015 EP 2847845 A2 18-03-2015 FR 2990573 A1 15-11-2013 JP 2015525551 A 03-09-2015 US 2015130186 A1 14-05-2015 WO 2013167837 A2 14-11-2013
US 2013147204	A1	13-06-2013	CN 102971216 A 13-03-2013 DE 102010021026 A1 24-11-2011 EP 2571763 A2 27-03-2013 KR 20130038301 A 17-04-2013 US 2013147204 A1 13-06-2013 WO 2011144692 A2 24-11-2011
FR 2962407	A1	13-01-2012	AUCUN
JP 2015137092	A	30-07-2015	AUCUN
CN 205554582	U	07-09-2016	AUCUN