

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 19.02.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 21.08.20 Bulletin 20/34.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SAFRAN SA — FR.

72 Inventeur(s) : ROUGIER Florent et VIGUIER Chris-
tophe, Ludovic, Jean-Claude.

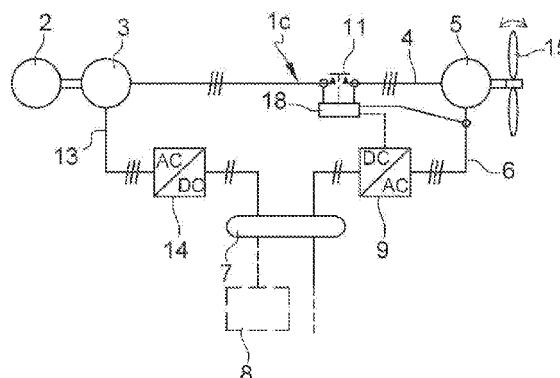
73 Titulaire(s) : SAFRAN SA.

74 Mandataire(s) : GEVERS & ORES.

54 Système électrique pour canal propulsif synchrone.

57 L'invention concerne un système (1) propulsif syn-
chrone de poussée comprenant une source de vitesse (2)
connectée mécaniquement à une génératrice (3) syn-
chrone, la génératrice (3) étant raccordée par une première
chaîne (4) électrique à un moteur synchrone (5) entraînant
un propulseur (15). Le moteur synchrone (5) est raccordé à
au moins une deuxième chaîne (6) électrique en parallèle à
la première chaîne (4), ladite au moins une deuxième
chaîne (6) comprenant un bus de courant continu (7) relié à
une source d'alimentation (8) électrique en courant continu,
ladite au moins une deuxième chaîne (6) électrique compren-
nant un onduleur (9) disposé entre le bus de courant continu
(7) et le moteur synchrone (5).

Figure pour l'abrégé : Figure 5



Description

Titre de l'invention : Système électrique pour canal propulsif synchrone

Domaine technique de l'invention

- [0001] La présente invention concerne un système propulsif synchrone basé au moins une source de vitesse, par exemple une turbomachine, un générateur électrique et un moteur électrique de propulsion de technologie synchrone, ainsi qu'un système regroupant au moins deux sous-systèmes basés sur une source de vitesse respective et des procédés de fonctionnement de ces deux types de système propulsif. Par source de vitesse, il est entendu une machine créant de l'énergie par un mouvement, par exemple un mouvement rotatif comme une turbomachine.
- [0002] La présente invention s'inscrit dans le contexte de l'électrification de la propulsion qui vise à assurer toute ou une partie de la propulsion des aéronefs par des propulseurs électriques afin d'améliorer les critères d'émission acoustique et d'émissions de gaz à effet de serre.
- [0003] La présente invention ne vise pas d'aéronef particulier et peut être appliquée aussi bien à des aéronefs à voilure fixe qu'à des aéronefs à voilure tournante de type hélicoptère ou multicoptère.
- [0004] La présente invention s'inscrit notamment dans le cadre d'architectures propulsives intégrant une turbine à gaz comme source de vitesse, une ou des sources d'alimentation électrique et des propulseurs électriques, à savoir les architectures de type séries hybrides ou séries/parallèles hybrides.

Arrière-plan technique

- [0005] De manière connue, la propulsion des aéronefs se fait aujourd'hui par le biais de turbines à gaz couplées mécaniquement à des éléments propulsifs, notamment un réacteur pour un turboréacteur, une hélice pour un turbopropulseur ou un rotor pour les turbines à gaz, particulièrement pour des turbomoteurs d'hélicoptère.
- [0006] L'état de la technique propose également de coupler une source de vitesse telle qu'une turbomachine avec un générateur de courant électrique et un moteur électrique pour l'entraînement d'un propulseur formant ainsi un système propulsif.
- [0007] Il a été proposé un système propulsif à courant continu présentant un redresseur en sortie d'une génératrice synchrone à courant alternatif suivi d'un onduleur en entrée du moteur électrique synchrone, afin de délivrer en sortie de l'onduleur un courant alternatif pour l'alimentation électrique du moteur synchrone.
- [0008] Un tel système propulsif à courant continu présente le désavantage de nécessiter l'intégration de deux éléments de transformation de courant, ce qui augmente son coût

et sa masse, diminue sa fiabilité tout en augmentant les pertes d'énergie lors des deux conversions de courant.

- [0009] En se référant à la figure 1, un système propulsif synchrone selon l'état de la technique comprend classiquement une source de vitesse 2, par exemple une turbomachine, connectée mécaniquement à une génératrice 3 synchrone. La génératrice 3 est raccordée par une chaîne électrique 4 à un moteur synchrone 5 entraînant un propulseur 15.
- [0010] Un redresseur et un onduleur peuvent être présents sur le système en se suivant entre la génératrice synchrone 3 et le moteur synchrone 5 afin d'assurer des fonctions de démarrage et de synchronisation, le redresseur et l'onduleur n'étant pas représentés à cette figure 1. Un interrupteur 11 peut être présent entre la génératrice 3 et le moteur synchrone 5.
- [0011] Une problématique forte de ces systèmes propulsifs est la densité de puissance du système et la fiabilité comparée à des systèmes thermiques classiques.
- [0012] Les systèmes propulsifs synchrones ont l'avantage de minimiser, voire d'annuler l'utilisation de convertisseur statique, comme l'électronique de puissance dans la chaîne directe de puissance. Une telle architecture électrique permet donc de minimiser la masse et d'augmenter le rendement et la fiabilité globale du système.
- [0013] Plusieurs inconvénients relatifs aux systèmes propulsifs synchrones subsistent néanmoins et freinent leur développement.
- [0014] Un inconvénient apparaît lors de l'accrochage du moteur synchrone avec la génératrice synchrone, c'est-à-dire relativement à une synchronisation des vitesses ou pulsations électriques de la génératrice synchrone avec le moteur synchrone, cette synchronisation devant avoir lieu durant les phases de démarrage ou de reconfiguration du système propulsif.
- [0015] Un autre inconvénient est le manque de possibilité de récupération d'énergie pouvant être fournie par le propulseur via le moteur synchrone, le moteur synchrone fonctionnant alors comme générateur et fournissant de l'énergie pour des fonctions annexes à la propulsion pouvant se greffer sur le système propulsif synchrone.
- [0016] Enfin, pour un système d'au moins deux sous-systèmes propulsifs synchrones, il existe un besoin de concevoir une interaction entre les deux sous-systèmes qui puisse permettre de compenser une défaillance de l'un des sous-systèmes.
- [0017] Par conséquent, le problème à la base de l'invention est, pour un système propulsif synchrone avec source de vitesse couplée avec une génératrice synchrone et un moteur synchrone dans une chaîne de puissance vers un propulseur électrique, d'optimiser les performances du système, de gérer des dysfonctionnements pouvant survenir dans le système et de maîtriser un partage de puissance entre les sources d'alimentation électriques du système.

Résumé de l'invention

- [0018] A cet effet, la présente invention concerne un système propulsif synchrone comprenant au moins une source de vitesse connectée mécaniquement à une génératrice synchrone, la génératrice étant raccordée par une première chaîne électrique à un moteur synchrone entraînant un propulseur, caractérisé en ce que le moteur synchrone est raccordé à au moins une deuxième chaîne électrique en parallèle à la première chaîne, ladite au moins une deuxième chaîne comprenant un bus de courant continu relié à une source d'alimentation électrique en courant continu, ladite au moins une deuxième chaîne électrique comprenant un onduleur disposé entre le bus de courant continu et le moteur synchrone.
- [0019] La source de vitesse peut être une turbomachine mais ceci n'est pas limitatif.
- [0020] L'effet technique obtenu par le système selon la présente invention est, par la présence d'une deuxième chaîne électrique d'apport d'énergie au moteur synchrone, d'assurer le démarrage et la synchronisation du moteur avec la génératrice, dans un mode de démarrage ou de reconfiguration de manière ségrégué de la première chaîne.
- [0021] Ceci procure un autre effet technique qui est d'assurer une redondance d'alimentation au moteur synchrone en cas de défaut d'un élément de la première chaîne du système ainsi qu'un surplus d'énergie obtenu par hybridation dans le cas d'une nécessité d'augmentation de la poussée exercée par le système.
- [0022] Il s'ensuit une sécurité améliorée lors du fonctionnement du système avec compensation de possibles pannes ou dysfonctionnements de la génératrice synchrone ou de la source de vitesse, avantageusement une turbomachine.
- [0023] Bien que cela soit un avantage majeur, cet avantage n'est pas le seul avantage du système selon la présente invention, un tel système pouvant permettre aussi de réaliser le démarrage de la source de vitesse, la montée en régime de la génératrice synchrone, d'assurer les fonctions d'hybridation de poussée dégradée et de génération de secours.
- [0024] Il est ainsi offert pour la propulsion plusieurs niveaux d'alimentation électrique permettant une modulation plus ou moins forte de la puissance transmise au propulseur. Il est aussi possible de récupérer de l'énergie à partir du propulseur et de stocker cette énergie dans la source d'alimentation électrique de la deuxième chaîne du système, ce qui permet d'exercer un effet de freinage sur la rotation du propulseur et de récupérer de l'énergie.
- [0025] Avantageusement, le système comporte une unité de contrôle de synchronisation comprenant des moyens de mesure, d'une part, d'une première tension dans la première chaîne au niveau de la génératrice synchrone et une deuxième tension dans la première chaîne au niveau du moteur synchrone, l'unité de contrôle de synchronisation comprenant des moyens de pilotage de l'onduleur afin que la deuxième tension soit

égale à la première tension en fréquence, en amplitude et en phase.

[0026] La mesure de tension de la chaîne secondaire est optionnelle et permet de remplacer la mesure de tension en aval de l'interrupteur de la chaîne primaire.

[0027] Avantageusement, la première chaîne comporte un premier interrupteur positionné entre la génératrice synchrone et le moteur synchrone, les moyens de mesure de la première tension dans la première chaîne par l'unité de contrôle de synchronisation étant positionnés en aval du premier interrupteur, l'unité de contrôle de synchronisation comprenant des moyens de mesure d'une troisième tension en amont du premier interrupteur dans la première chaîne, le premier interrupteur, précédemment ouvert, étant fermé lors d'une phase de démarrage du système lorsque la première tension est égale à la troisième tension.

[0028] L'unité de contrôle de synchronisation permet de synchroniser la tension en amont et en aval du premier interrupteur avant sa fermeture et de connecter le moteur et la génératrice. Un capteur de tension peut mesurer la tension en amont du premier interrupteur et lorsque la même tension est détectée en amont et en aval, l'unité de contrôle de synchronisation ferme le premier interrupteur.

[0029] Ceci permet au système d'adopter plusieurs configurations de travail, par exemple une ouverture de la première chaîne lors du démarrage de la génératrice synchrone et en attente de la synchronisation du moteur avec la génératrice, un remplacement au moins partiel ou un renforcement de l'alimentation électrique du moteur synchrone provenant de la génératrice synchrone par une alimentation électrique provenant de la source d'alimentation électrique de la deuxième chaîne du système.

[0030] Avantageusement, le moteur synchrone comprend au moins un rotor, un premier stator muni de bobines formant un premier élément polyphasé relié à la première chaîne électrique et au moins un deuxième stator muni de bobines formant un deuxième élément polyphasé raccordé à ladite au moins une deuxième chaîne électrique, ledit au moins un rotor étant encadré par le premier stator et ledit au moins un deuxième stator.

[0031] Avantageusement, la source d'alimentation électrique de ladite au moins une deuxième chaîne comporte au moins une batterie.

[0032] Une batterie peut être rechargée dans certaines configurations de fonctionnement du système. Une source d'alimentation électrique dédiée à la deuxième chaîne et indépendante d'une ou des sources d'alimentation électrique présentes sur la première chaîne comme la génératrice synchrone permet d'assurer un effet de redondance et d'hybridation de l'alimentation électrique du moteur synchrone en indépendance de la première chaîne du système.

[0033] Avantageusement, la source de vitesse est une turbomachine et la première chaîne comprend un générateur de démarrage de la turbomachine ou le démarrage de la tur-

bomachine est effectué par la génératrice synchrone dans une configuration de turbine liée, le générateur de démarrage ou la génératrice synchrone fonctionnant alors en mode moteur en étant alimentés par une source d'alimentation électrique en courant continu de la deuxième chaîne.

- [0034] La dénomination générateur de démarrage est à prendre dans son sens large et peut couvrir tout moyen d'aide au démarrage correspondant à l'appellation anglo-saxonne de « starter ».
- [0035] Une source d'alimentation principale ou auxiliaire de la deuxième chaîne peut alors être réalisée par un générateur de démarrage ou moyen d'aide au démarrage connecté sur la turbomachine, avantageusement une turbine à gaz, associée à une batterie ou par la génératrice synchrone.
- [0036] En cas de présence d'une autre source d'alimentation électrique propre à la deuxième chaîne, ainsi qu'un générateur de démarrage ou si la chaîne secondaire est liée à une génératrice synchrone, il est possible d'ajouter une fonction de démarrage de la turbomachine.
- [0037] Ainsi, il est obtenu une synergie avec effet interactif fort entre les sources d'alimentation électrique de la deuxième chaîne. Au démarrage de la turbomachine, c'est la source d'alimentation électrique propre à la deuxième chaîne qui fournit de l'énergie au générateur de démarrage et/ou à la génératrice synchrone. Après le démarrage, c'est le générateur de démarrage et/ou la génératrice synchrone qui peuvent contribuer au moins partiellement à l'alimentation électrique dans la deuxième chaîne.
- [0038] De plus, dans le cas d'une génératrice synchrone assurant le démarrage de la turbomachine, ce qui est possible pour un certain type de turbomachine dite turbine liée, une source d'alimentation électrique propre à la deuxième chaîne peut assurer consécutivement le démarrage de la turbomachine et la montée en régime du moteur synchrone.
- [0039] Avantageusement, quand la source d'alimentation électrique de ladite au moins une deuxième chaîne est au moins temporairement le générateur de démarrage ou la génératrice synchrone délivrant un courant alternatif, une branche intermédiaire reliant le générateur de démarrage ou la génératrice synchrone au bus de courant continu comprend un redresseur de courant.
- [0040] Quand le générateur de démarrage est à courant continu, il n'est pas nécessaire de prévoir un redresseur de courant entre le générateur de démarrage et le bus de courant continu.
- [0041] Il est avantageux d'utiliser un convertisseur de courant bidirectionnel entre, d'une part, le générateur de démarrage et/ou la génératrice synchrone en courant alternatif et, d'autre part, le bus en courant continu de la deuxième chaîne. Le convertisseur peut faire office d'onduleur vers le générateur et/ou la génératrice et de redresseur vers le

bus, ce qui est une économie de moyens.

[0042] La présente invention concerne un procédé de fonctionnement d'un tel système, une autre source d'alimentation électrique étant connectée au bus en parallèle de la branche intermédiaire, remarquable en ce que :

- lors du démarrage de la turbomachine, ladite autre source d'alimentation électrique alimente le générateur de démarrage ou la génératrice synchrone avec le redresseur de la branche intermédiaire faisant office d'onduleur vers le générateur de démarrage ou la génératrice synchrone, la génératrice synchrone atteignant un régime stabilisé tandis que le moteur synchrone n'est pas alimenté électriquement, et,

- quand le moteur synchrone est alimenté électriquement et démarré après atteinte du régime stabilisé pour la génératrice synchrone, ladite autre source d'alimentation électrique d'appoint alimente uniquement le moteur synchrone par la deuxième chaîne via le bus et l'onduleur, la première chaîne étant ouverte entre la génératrice synchrone et le moteur synchrone.

[0043] Une autre difficulté majeure lors du démarrage du système résidait dans l'accrochage du moteur synchrone sur la génératrice synchrone, c'est-à-dire dans la synchronisation des vitesses ou pulsations électriques du moteur et de la génératrice durant les phases de démarrage ou de reconfiguration.

[0044] Cette difficulté majeure est résolue par la présente invention de par l'alimentation électrique du moteur synchrone effectuée par la source d'alimentation électrique propre à la deuxième chaîne.

[0045] Ainsi, avec une source d'alimentation électrique propre, la deuxième chaîne peut concourir consécutivement au démarrage de la turbomachine et à la montée en régime de la génératrice synchrone par la branche intermédiaire reliant la génératrice synchrone au bus en courant continu, à la montée en régime et à la synchronisation du moteur synchrone par la portion de la deuxième chaîne reliant le bus en courant continu au moteur synchrone.

[0046] Il en résulte un démarrage complet du système lui permettant d'atteindre sa configuration en mode de génération de poussée.

[0047] Avantageusement, après synchronisation du moteur synchrone et de la génératrice synchrone, la première chaîne est fermée pour un fonctionnement en mode de génération de poussée du système et la deuxième chaîne est ouverte par mise en veille de l'onduleur tant qu'une poussée auxiliaire lors d'un fonctionnement en poussée nominale ou dégradée, qu'une absorption de puissance de poussée ou un prélèvement de puissance par la deuxième chaîne sur le moteur synchrone ne sont pas requis.

[0048] Ceci permet d'économiser l'énergie de la source d'alimentation électrique de la deuxième chaîne car il n'est pas nécessaire de garantir un appoint en énergie électrique au moteur synchrone quand ces conditions ne sont pas requises.

- [0049] Dans une forme de réalisation préférentielle, le système comprend au moins deux sources de vitesse, chacune desdites au moins deux sources de vitesse étant associée à une première chaîne et au moins une deuxième chaîne propres en entraînant un propulseur respectif en formant un sous-système respectif, chaque première chaîne comportant un premier interrupteur positionné entre la génératrice synchrone et le moteur synchrone, les premières chaînes, appartenant chacune à un sous-système respectif, étant reliées entre elles par une branche transversale comprenant au moins un deuxième interrupteur, le bus de courant continu et la source d'alimentation électrique étant communs auxdites au moins deux deuxième chaînes électriques ou chaque deuxième chaîne électrique comportant un bus de courant continu et une source d'alimentation électrique respectifs, les bus de courant continu des deuxième chaînes électriques étant reliés entre eux par une branche en dérivation de chaque onduleur et de chaque source d'alimentation électrique, la branche en dérivation comprenant au moins un troisième interrupteur.
- [0050] Ceci permet de renforcer la sécurité de la propulsion, un sous-système du système pouvant compenser une déficience de l'autre sous-système. Il est possible de concevoir un système comportant plus de deux sous-systèmes.
- [0051] Avantageusement, le premier interrupteur est piloté par des moyens de pilotage d'une unité de contrôle de synchronisation commune à la première chaîne et à ladite au moins une deuxième chaîne de chaque sous-système et le système comprend une unité de contrôle de reconfiguration connectée à chaque unité de contrôle de synchronisation d'un sous-système, l'unité de contrôle de reconfiguration pilotant directement lesdits au moins un deuxième interrupteur et un troisième interrupteur et les premiers interrupteurs des premières chaînes du système par l'intermédiaire de chaque unité de contrôle de synchronisation.
- [0052] L'unité de contrôle de reconfiguration intervient en cas de perte de la génératrice d'un sous-système pour fermer les premier, deuxième et/ou troisième interrupteurs permettant de synchroniser le moteur synchrone de ce sous-système avec une autre génératrice, avantageusement d'un autre sous-système. Il peut exister une étape de synchronisation de la première chaîne du sous-système défaillant avec la première chaîne de l'autre sous-système.
- [0053] L'invention concerne enfin un procédé de fonctionnement d'un tel système formé d'au moins deux sous-systèmes, remarquable en ce que :
- les deux sources de vitesse et les génératrices synchrones des premières chaînes desdits sous-systèmes étant opérationnelles, le système fonctionne en mode de génération de poussée avec chacune des premières chaînes alimentant leur moteur synchrone respectif, ledit au moins un deuxième interrupteur de la branche transversale reliant entre elles les premières chaînes étant ouvert, ou

- quand une source d'une deuxième chaîne d'un des sous-systèmes est défectueuse , le sous-système étant alors dit en défaut, le système fonctionne en mode défaut avec le moteur synchrone du sous-système en défaut alimenté électriquement uniquement par la deuxième chaîne du sous-système en défaut, l'autre sous-système fonctionnant en mode de génération de poussée, avec, quand chaque deuxième chaîne présente chacune une source d'alimentation électrique, la source d'alimentation électrique de la deuxième chaîne du système fonctionnant en mode de génération de poussée alimente le moteur synchrone du sous-système en défaut en complément de la source d'alimentation électrique de la deuxième chaîne du sous-système en défaut, ledit au moins un troisième interrupteur de la branche en dérivation entre les deux deuxièmes chaînes étant ouvert ou étant fermé pour que le moteur synchrone du sous-système, fonctionnant en mode de génération de poussée, alimente ou non le moteur synchrone du sous-système en défaut en complément d'au moins la source d'alimentation électrique de la deuxième chaîne du sous-système en défaut et ledit au moins un deuxième interrupteur de la branche transversale entre les deux premières chaînes étant ouvert ou étant fermé pour que la génératrice synchrone du sous-système, fonctionnant en mode de génération de poussée, alimente ou non le moteur synchrone du sous-système en défaut en complément d'au moins la source d'alimentation électrique de la deuxième chaîne du sous-système en défaut .

[0054] Il est ainsi possible d'avoir différents niveaux d'apport d'énergie électrique du système fonctionnant en mode de génération de poussée vers le sous-système en défaut.

[0055] Le premier niveau est de prévoir une alimentation du moteur synchrone du sous-système en défaut par sa première chaîne via la branche transversale par la génératrice synchrone de l'autre sous-système en mode poussée. Dans ce cas, l'interrupteur de la première chaîne du sous-système en défaut est fermé de même que l'interrupteur ou les interrupteurs de la branche transversale reliant les deux premières chaînes des sous-systèmes.

[0056] Un autre niveau est, si les chaînes secondaires présentent des sources d'alimentation électrique séparées, de prévoir, unitairement ou en combinaison avec le premier niveau, une alimentation du moteur synchrone du sous-système en défaut par la source d'alimentation de la deuxième chaîne du système en mode poussée en complément de la source d'alimentation de la deuxième chaîne du sous-système en défaut.

[0057] Encore un autre niveau, pouvant être associé ou non avec un ou tous les niveaux précédents, est de prévoir une alimentation électrique du moteur synchrone du sous-système en défaut par le moteur synchrone de l'autre système via les bus des deux deuxièmes chaînes, avec dans ce cas l'interrupteur ou les interrupteurs de la branche en dérivation reliant les deux deuxièmes chaînes des sous-systèmes fermées.

[0058] Il est possible de combiner tous ces niveaux ou certains de ces niveaux. Il est ainsi possible de réguler l'apport d'énergie au moteur synchrone du sous-système en défaut au plus près des besoins du moteur synchrone de ce sous-système en défaut.

Brève description des figures

[0059] D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et au regard des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

[0060] [fig.1]

La figure 1 est une représentation schématique d'un système propulsif synchrone selon l'état de la technique ;

[0061] [fig.2]

La figure 2 est une représentation schématique d'une vue partielle d'un système propulsif synchrone selon la présente invention montrant une première chaîne et une deuxième chaîne assurant l'alimentation électrique d'un moteur synchrone ;

[0062] [fig.3]

La figure 3 illustre une première forme de réalisation d'un système propulsif synchrone selon la présente invention ;

[0063] [fig.4]

La figure 4 illustre une autre forme de réalisation d'un système propulsif synchrone selon la présente invention ;

[0064] [fig.5]

La figure 5 illustre encore une autre forme de réalisation d'un système propulsif synchrone selon la présente invention ;

[0065] [fig.6]

La figure 6 illustre une forme alternative de celle montrée à la figure 5 d'un système propulsif synchrone selon la présente invention ;

[0066] [fig.7]

La figure 7 illustre un logigramme d'un procédé de démarrage et fonctionnement normal d'un système selon la présente invention ;

[0067] [fig.8]

La figure 8 illustre un logigramme d'un procédé de gestion de décrochage pour un système selon la présente invention ;

[0068] [fig.9]

La figure 9 illustre une première forme alternative de réalisation d'un système formé d'au moins deux sous-systèmes propulsifs synchrones selon la présente invention ;

[0069] [fig.10]

La figure 10 illustre une deuxième forme alternative de réalisation d'un système

formé d'au moins deux sous-systèmes propulsifs synchrones selon la présente invention.

Description détaillée de l'invention

- [0070] Dans ce qui va suivre, il est fait référence à toutes les figures prises en combinaison. Quand il est fait référence à une ou des figures spécifiques, ces figures sont à prendre en combinaison avec les autres figures pour la reconnaissance des références numériques désignées.
- [0071] En se référant aux figures 2 à 6, la présente invention concerne un système 1 propulsif synchrone de poussée comprenant au moins une source de vitesse 2, par exemple une turbomachine connectée mécaniquement à une génératrice 3 synchrone. La génératrice 3 est raccordée par une première chaîne 4 électrique à un moteur synchrone 5 entraînant un propulseur 15.
- [0072] Dans ce qui va suivre il va être fait référence à une turbomachine pour caractériser la source de vitesse mais ceci n'est pas limitatif.
- [0073] Comme montré de manière très schématique à la figure 2, le moteur synchrone 5 est raccordé à au moins une deuxième chaîne 6 électrique en parallèle à la première chaîne 4, à la figure 2 comme aux figures 3 à 6, une unique deuxième chaîne 6, ce qui n'est pas limitatif, le nombre de chaînes pouvant être plus élevé que deux.
- [0074] Comme visible aux figures 3 à 6, la deuxième chaîne 6 ou les chaînes autres que la première chaîne 4 comprennent un bus de courant continu 7, avantageusement relié à une source d'alimentation 8 électrique en courant continu directement incorporée à une extrémité de la deuxième chaîne 6.
- [0075] Il est possible que cette source d'alimentation électrique soit autre en étant placée à distance de la deuxième chaîne 6, ce qui est montré aux figures 5 et 6 auxquelles la source d'alimentation 8 électrique en courant continu directement incorporée à une extrémité de la deuxième chaîne 6 est montrée en pointillés comme pouvant ne pas être présente ou être uniquement une source d'appoint.
- [0076] D'une manière générale, la source d'alimentation 8 électrique peut être une batterie. En alternative ou en complément, la source d'alimentation peut être la génératrice 3 synchrone via un redresseur 14 ou en repiquage en aval de la génératrice 3 synchrone, ces deux modes étant montrés respectivement aux figures 5 et 6, ou un moyen d'aide au démarrage comme un générateur de démarrage ou starter/générateur comme montré à la figure 4 avec présence d'une branche intermédiaire 13 entre le générateur de démarrage 12 et un bus de courant continu 7.
- [0077] La première chaîne 4, pouvant être qualifiée de chaîne principale d'alimentation du moteur synchrone 5 en fonctionnement normal du système 1 propulsif synchrone, est alimentée par la génératrice 3 synchrone.

- [0078] La deuxième chaîne 6 secondaire ou les chaînes autres que la première chaîne 4 peuvent être connectées à un bus de courant continu 7 par le biais d'un convertisseur AC/DC de courant alternatif en courant continu, avantageusement bidirectionnel, en servant d'onduleur 9 du courant vers le moteur synchrone 5 et, inversement, de redresseur vers le bus de courant continu 7.
- [0079] Le bus de courant continu 7 est alimenté par une source d'alimentation en courant continu et peut alimenter d'autres charges requérant une alimentation en courant continu, les autres charges n'étant pas montrées aux figures, cette source d'alimentation étant incorporée, dans ce cas en étant référencée 8, ou non dans la deuxième chaîne 6.
- [0080] Le système 1 peut comporter une unité de contrôle de synchronisation 18 comprenant des moyens de mesure, d'une part, d'une première tension dans la première chaîne 4 entre la génératrice 3 synchrone et le moteur 5 synchrone et, d'autre part, d'une deuxième tension dans ladite au moins une deuxième chaîne 6 entre l'onduleur 9 et le moteur 5 synchrone.
- [0081] Il faut a minima une mesure de la tension en amont et aval d'un interrupteur 11 pouvant être présent dans la première chaîne 4 entre la génératrice 3 synchrone et le moteur 5 synchrone. La mesure de la tension dans la deuxième chaîne 6 est une option en cas de perte d'une mesure de tension dans la première chaîne 4.
- [0082] L'unité de contrôle de synchronisation 18 peut comprendre des moyens de pilotage de l'onduleur 9 afin que la deuxième tension soit égale à la première tension.
- [0083] D'une manière générale, sans dysfonctionnement du système 1, la première chaîne 4 permet de fournir la majorité de la puissance du système, par exemple 90% ou même 100%.
- [0084] La deuxième chaîne 6 permet de gérer des modes particuliers, comme une synchronisation du moteur synchrone 5 avec la génératrice 3 synchrone, un démarrage de la source de vitesse 2, une hybridation ou gestion de puissance entre la génératrice 3 synchrone et la source d'alimentation de la deuxième chaîne 6, une poussée dégradée en cas de perte de la génératrice 3 synchrone, une génération de secours avec, en cas de perte ou de défaillance de la génératrice 3 synchrone, un passage du propulseur électrique 15 en mode éolien avec fourniture de puissance au bus continu 7 ou une re-configuration.
- [0085] Le moteur électrique 5 du système 1 est de technologie synchrone en comportant un rotor et au moins un stator, avantageusement au moins deux stators encadrant au moins un rotor, ce qui n'est pas montré aux figures.
- [0086] Un premier stator peut intégrer un jeu de bobines formant un élément polyphasé en sortie de la première chaîne 4 de puissance. Au moins, un deuxième stator peut intégrer un jeu de bobines formant un élément polyphasé en sortie de la deuxième chaîne 6 ou

d'autres chaînes que la première chaîne 4. Ces stators peuvent être communs ou ségrégués.

[0087] De plus, la première chaîne 4 peut comporter un premier interrupteur 11 positionné entre la génératrice 3 synchrone et le moteur synchrone 5. Le rôle de ce premier interrupteur 11 et sa commande par une unité de contrôle de synchronisation sera ultérieurement plus amplement détaillé, avantageusement par son pilotage par l'unité de contrôle de synchronisation 18.

[0088] La source d'alimentation 8 électrique de la deuxième chaîne 6 ou les chaînes autres que la première chaîne 4 peut comporter au moins une batterie, c'est-à-dire que la source d'alimentation 8 électrique peut être sous la forme d'une batterie ou une batterie peut servir de source d'appoint en association avec une autre source d'alimentation électrique.

[0089] Dans le cas d'une présence d'une batterie comme source d'alimentation 8 principale ou d'appoint de la deuxième chaîne 6, le système 1 peut aussi réaliser une fonction de recharge de la batterie. La source d'alimentation 8 électrique peut être réalisée cependant autrement que sous la forme d'une batterie électrique.

[0090] En se référant notamment à la figure 4, la première chaîne 4 peut comprendre un générateur de démarrage 12 de la turbomachine 2.

[0091] Comme visible à la figure 4, le générateur de démarrage 12 peut former la source d'alimentation électrique de la deuxième chaîne 6 ou les chaînes autres que la première chaîne 4 en étant connecté par une branche intermédiaire 13 au bus de courant continu 7.

[0092] Ceci peut se faire, en parallèle ou non d'une source d'alimentation 8 électrique d'appoint en courant continu directement intégrée à la deuxième chaîne 6 connectée au bus de courant continu 7, cette source d'alimentation 8 électrique pouvant être une batterie électrique.

[0093] Le démarrage de la turbomachine 2 peut être effectué par la génératrice 3 synchrone, ceci principalement dans une configuration de turbine liée pour une turbomachine en tant que source de vitesse 2, ce qui permet de se dispenser du générateur de démarrage 12 montré à la figure 4.

[0094] Dans ce cas de démarrage par la génératrice, la génératrice 3 synchrone peut former la source d'alimentation électrique de la deuxième chaîne 6 ou des chaînes autres que la première chaîne 4 en étant connectée par une branche intermédiaire 13 au bus de courant continu 7 ou la branche intermédiaire 13 étant repiquée sur la première chaîne 4 en sortie de la génératrice.

[0095] Ceci peut se faire, en parallèle ou non d'une source d'alimentation 8 électrique d'appoint en courant continu de la deuxième chaîne 6 directement connectée au bus de courant continu 7, cette source d'alimentation 8 électrique pouvant être une batterie

électrique et étant montrée en pointillés aux figures 5 et 6 comme pouvant ou non être présente.

- [0096] En se référant toujours à la figure 5, quand la source d'alimentation électrique de la deuxième chaîne 6 ou les chaînes autres que la première chaîne 4 peut comprendre au moins temporairement la génératrice 3 synchrone délivrant un courant alternatif, une branche intermédiaire 13, piquée sur la génératrice 3 ou sur la première chaîne 4 en aval de la génératrice 3, comprend un redresseur 14 de courant alternatif en courant continu.
- [0097] La source d'alimentation électrique de la génératrice 3 synchrone peut être réalisée par le bobinage principal de la génératrice 3 synchrone ou par un bobinage auxiliaire.
- [0098] En alternative, la source de courant continu de la deuxième chaîne 6 peut également être réalisée au moins partiellement par un bobinage auxiliaire de la génératrice 3 synchrone associée à un convertisseur AC/DC 14 bidirectionnel dans une branche intermédiaire 13 s'étendant entre la génératrice 3 synchrone et le bus de courant continu 7, et optionnellement à une batterie 8.
- [0099] Si la turbomachine 2, avantageusement une turbine à gaz, peut être démarrée par la génératrice 3 synchrone, dans une configuration de turbine liée, en cas de présence d'une source d'alimentation 8 électrique d'appoint incorporée dans la deuxième chaîne 6, la deuxième chaîne 6 peut alimenter la génératrice 3 synchrone pour l'aider à assurer la fonction de démarrage de la turbomachine 2, le redresseur 14 entre la génératrice 3 synchrone et le bus de courant continu 7 remplissant alors le rôle inverse d'onduleur.
- [0100] Il est possible de prévoir plusieurs génératrices synchrones en parallèle. Par exemple, si une première génératrice 3 synchrone est en défaut, il est possible de la déconnecter de la première chaîne 4 et de connecter à la place une deuxième génératrice synchrone, non montrée aux figures.
- [0101] Sans présence d'une source d'alimentation 8 électrique d'appoint dans la deuxième chaîne 6, la deuxième chaîne 6 du système 1 ne peut plus assurer la fonction d'hybridation en complétant l'énergie fournie au moteur synchrone 5, son alimentation électrique étant seulement assurée par la génératrice 3 synchrone. Il est donc judicieux de prévoir une telle source d'alimentation 8 électrique dans la deuxième chaîne 6, qu'elle soit d'appoint ou principale.
- [0102] La source d'alimentation 8 électrique de la deuxième chaîne 6 alimentera alors le moteur synchrone 5 via la portion de la deuxième chaîne 6 entre le bus de courant continu 7 et le moteur synchrone 5, cette portion comportant un onduleur 9 de courant continu en courant alternatif ou DC/AC, afin de synchroniser le moteur synchrone 5 à la deuxième génératrice.
- [0103] Une fois le moteur 5 synchronisé à la génératrice 3, il peut être procédé à la fermeture du premier interrupteur 11 de la première chaîne 4 pour la mise en œuvre en

mode de génération de poussée.

- [0104] En se référant à la figure 4, c'est au moins temporairement le générateur de démarrage 12 qui peut, dans certaines conditions, représenter la source d'alimentation principale de la deuxième chaîne 6 avec une source d'appoint 8 directement connectée au bus de courant continu 7 en parallèle du générateur de démarrage 12, cette source d'appoint 8 pouvant être une batterie électrique.
- [0105] Il convient de garder à l'esprit que ce qui est énoncé au regard de la figure 4 pour un générateur de démarrage 12 comme source principale d'alimentation de la deuxième chaîne 6 peut être appliqué à une génératrice 3 synchrone, comme montré à la figure 5, sous condition qu'un redresseur 14 soit présent dans la branche intermédiaire 13 raccordant la génératrice 3 synchrone au bus de courant continu 7, ceci en dérivation de la source d'alimentation 8 électrique d'appoint sous la forme non limitative d'une batterie électrique.
- [0106] En se référant aux figures 2 à 6, d'une manière générale, la présente invention concerne aussi un procédé de fonctionnement d'un tel système 1.
- [0107] Lors du démarrage de la turbomachine 2, la source d'alimentation 8 électrique d'appoint, aux figures 4 à 6 une batterie, peut alimenter le générateur de démarrage 12, comme montré à la figure 4 ou la génératrice 3 synchrone, comme montré à la figure 5, avec le redresseur 14 de la branche intermédiaire 13 faisant office d'onduleur pour la génératrice 3 synchrone.
- [0108] Pendant ce temps, le moteur synchrone 5 n'est pas alimenté électriquement.
- [0109] Il en va de même pour un moteur synchrone 5 non alimenté électriquement pendant l'alimentation électrique du générateur de démarrage 12 de la turbomachine 2 par la source d'alimentation 8 électrique d'appoint comme montré à la figure 4 au démarrage de la turbomachine 2.
- [0110] Après démarrage de la turbomachine 2 comme source de vitesse et montée en régime de la génératrice 3 synchrone, le moteur synchrone 5 est alimenté électriquement et démarré. Cela peut être la source d'alimentation 8 électrique d'appoint de la deuxième chaîne 6 qui alimente uniquement le moteur synchrone 5, ceci par la deuxième chaîne 6 via le bus 7 et l'onduleur 9.
- [0111] La première chaîne 4 reste alors ouverte entre la génératrice 3 synchrone et le moteur synchrone 5 par le maintien de l'ouverture du premier interrupteur 11 de la première chaîne 4.
- [0112] L'alimentation du moteur synchrone 5 permet d'effectuer une synchronisation du moteur synchrone 5 avec la génératrice 3 synchrone en augmentant le régime du moteur synchrone 5.
- [0113] Après synchronisation du moteur synchrone 5 et de la génératrice 3 synchrone, la première chaîne 4 est fermée par fermeture du premier interrupteur 11 de la première

chaîne 4 entre la génératrice 3 synchrone et le moteur synchrone 5.

- [0114] Le premier interrupteur 11 peut ainsi être positionné entre la génératrice 3 synchrone et le moteur synchrone 5 dans la première chaîne 4. Des moyens de mesure de la première tension dans la première chaîne 4 par l'unité de contrôle de synchronisation 18 peuvent être positionnés en aval du premier interrupteur 11. L'unité de contrôle de synchronisation 18 peut comprendre des moyens de mesure d'une troisième tension en amont du premier interrupteur 11 dans la première chaîne 4.
- [0115] Le premier interrupteur 11, précédemment ouvert, peut alors être fermé lors d'une phase de démarrage du système lorsque la première tension est égale à la troisième tension. Ainsi, une autre fonction de l'unité de contrôle de synchronisation 18, en plus de piloter l'onduleur 9, peut être de piloter le premier interrupteur 11, notamment en fermeture pour connecter le moteur 5 synchrone avec la génératrice 3 synchrone.
- [0116] Le système 1 propulsif synchrone est alors apte à assurer un fonctionnement en mode de génération de poussée du système 1 et la deuxième chaîne 6 est ouverte par mise en veille de l'onduleur 9.
- [0117] Ceci peut durer tant qu'un prélèvement de puissance par la deuxième chaîne 6 sur le moteur synchrone 5 n'est pas requis, ce prélèvement étant obtenu par fermeture de la deuxième chaîne 6, ceci par réveil de l'onduleur 9 faisant alors office de redresseur. Le courant traverse le redresseur en partant du moteur synchrone 5 vers le bus de courant continu 7.
- [0118] En alternative, ceci peut durer tant qu'une poussée auxiliaire lors d'un fonctionnement en poussée nominale ou dégradée n'est pas requise. Dans ce cas, la fermeture de la deuxième chaîne 6 est aussi obtenue par réveil de l'onduleur 9 réversible reprenant son rôle d'onduleur. Le courant traverse l'onduleur 9, du bus de courant continu 7 vers le moteur synchrone 5.
- [0119] A partir d'une architecture électrique du système 1 propulsif synchrone précédemment décrite aux figures 3 à 6, plusieurs fonctions peuvent être réalisées, à savoir le démarrage de la turbomachine 2, la montée en régime de la génératrice 3 synchrone, la synchronisation du moteur synchrone 5 avec la génératrice 3 synchrone et enfin la génération de poussée, ce qui représente la fonction principale du système 1 propulsif synchrone.
- [0120] Il peut aussi être assuré un fonctionnement en génération de poussée dégradée, ce qui nécessite un apport d'alimentation électrique par la deuxième chaîne 6 du système 1.
- [0121] Inversement, il peut aussi être assuré une génération de secours avec alimentation du bus de courant continu 7 par le moteur synchrone 5, par exemple pour la recharge d'une batterie en tant que source d'alimentation 8 électrique principale ou d'appoint ou d'autres organes alimentés en courant continu et reliés au bus de courant continu 7 en étant extérieurs au système 1.

- [0122] Dans le cas d'un démarrage et d'une génération de poussée, le premier interrupteur 11 de la première chaîne 4 étant ouvert, il est effectué un démarrage de la source de vitesse 2, aux figures une turbomachine, soit par un dispositif externe au système 1, par exemple un générateur de démarrage 12 ou soit par la génératrice 3 synchrone dans le cas d'une turbomachine liée.
- [0123] Il est ensuite procédé à la mise en rotation de la génératrice 3 synchrone, si non encore effective lors d'un démarrage de la turbomachine 2, ceci jusqu'à atteindre un régime stabilisé.
- [0124] Il est ensuite procédé au démarrage du moteur synchrone 5 par la deuxième chaîne 6 via l'onduleur 9, la puissance électrique provenant de la source d'alimentation 8 électrique associée au bus de courant continu 7, avantageusement une source d'alimentation 8 électrique d'appoint. Cette phase de démarrage du moteur synchrone 5 se fait à puissance réduite.
- [0125] Lorsque les vitesses ou les pulsations électriques, dépendant du nombre de paires de pôles du moteur synchrone 5 et de la génératrice 3 synchrone, sont identiques entre la génératrice 3 synchrone et le moteur synchrone 5, le premier interrupteur 11 de la première chaîne 4 est fermé et l'accrochage, d'une part, entre la turbomachine 2 et la génératrice 3 synchrone et, d'autre part, le moteur synchrone 5 est réalisé.
- [0126] L'onduleur 9 de la deuxième chaîne 6 peut se mettre en mode veille et ne peut plus transiter de puissance. La puissance propulsive est alors fournie par la première chaîne 4 en tant que chaîne principale.
- [0127] Dans le cas d'une génération de poussée dégradée, par exemple, en cas de perte au moins partielle de la puissance dans la première chaîne 4, il est toujours possible d'assurer une poussée dégradée par le biais de la deuxième chaîne 6. Cette poussée ne peut se faire qu'à puissance réduite, d'où l'appellation de poussée dégradée.
- [0128] En cas de perte de la deuxième chaîne 6 et si la première chaîne 4 principale a été préalablement synchronisée, il est toujours possible au système 1 de fournir la poussée. Néanmoins les fonctions d'hybridation et de génération de secours sont perdues.
- [0129] Dans le cas d'une hybridation ou assistance en poussée de la première chaîne 4 par la deuxième chaîne 6, durant certaines phases de poussée, notamment de vol, la deuxième chaîne 6 peut contribuer à fournir la puissance propulsive en complément de la première chaîne 4. Cela peut correspondre à de l'assistance continue ou à des contributions temporaires transitoires.
- [0130] Ces contributions transitoires peuvent se faire pour accélérer la propulsion, afin de permettre la fourniture de puissance par la source d'alimentation électrique 8 de la deuxième chaîne 6.
- [0131] Inversement, il peut aussi y avoir des prélèvements de puissance transitoires pour freiner la propulsion, ceci par absorption de puissance par la source d'alimentation

électrique 8 de la deuxième chaîne 6, avantageusement une batterie 8 dédiée à la deuxième chaîne 6 et intégrée à cette deuxième chaîne 6.

- [0132] Le moteur synchrone 5 restitue de l'énergie à la deuxième chaîne 6 avec l'onduleur 9 de la deuxième chaîne 6 travaillant en tant que redresseur de courant alternatif AC en courant continu DC.
- [0133] En cas de perte de la première chaîne 4 et durant certaines phases de vol, donc dans le cas d'une génération de secours, il peut être avantageux d'utiliser le moteur synchrone 5 en tant que générateur de courant afin de fournir de la puissance au bus de courant continu 7 de la deuxième chaîne 6. C'est particulièrement intéressant si le bus de courant continu 7 alimente par ailleurs des sources critiques comme par exemple des commandes de vol, ne faisant pas partie du système 1.
- [0134] Les figures 7 et 8, tout en se référant aux figures 3 à 6 pour les références manquantes à ces figures 7 et 8, montrent respectivement un logigramme d'une phase de démarrage du système comportant une unique turbomachine 2 avec de la génération de propulsion en mode normal, avec ou sans hybridation et un logigramme de la gestion d'un décrochage intervenant sur la première chaîne du système.
- [0135] A la figure 7, l'étape 20 est le démarrage de la turbomachine 2 en tant que source de vitesse. L'étape 21 est la sélection d'un mode à faible puissance du propulseur 15 via le contrôle d'un actionneur modulant la poussée du propulseur 15.
- [0136] L'étape 22 est le démarrage du moteur synchrone par la source d'alimentation 8 en courant continu via l'onduleur 9. L'étape 23 est la synchronisation du moteur synchrone 5 à la fréquence, la phase et la tension de la génératrice 3 synchrone.
- [0137] L'étape 24 est la connexion du moteur synchrone 5 à la génératrice 3 synchrone par la fermeture du premier interrupteur 11 de la première chaîne 4. L'étape 25 est la sélection d'un mode de puissance normale du propulseur 15 par l'intermédiaire du contrôle de l'actionneur modulant la poussée du propulseur 15.
- [0138] Enfin, l'étape 26 est le fonctionnement en mode normal ou en mode hybridation de la source d'alimentation 8 électrique en courant continu.
- [0139] A la figure 8, l'étape 27 est un décrochage de la première chaîne 4 du système. L'étape 21 est une sélection d'un mode à faible puissance du propulseur via le contrôle d'un actionneur modulant la poussée du propulseur.
- [0140] L'étape 28 est une déconnexion du moteur 5 synchrone de la génératrice 3 synchrone par l'ouverture du premier interrupteur 11.
- [0141] L'étape 29 est une alimentation du moteur synchrone par la source d'alimentation électrique 8 en courant continu par l'intermédiaire de l'onduleur 9.
- [0142] L'étape 24 est la synchronisation du moteur 5 synchrone à la fréquence, la phase et la tension de la génératrice 3 synchrone.
- [0143] L'étape 25 est la connexion du moteur synchrone à la génératrice 3 synchrone par la

fermeture du premier interrupteur 11 de la première chaîne 4 et l'étape 26 est le fonctionnement en mode normal ou en mode hybridation de la source d'alimentation 8 électrique en courant continu.

- [0144] En se référant à nouveau plus particulièrement aux figures 9 et 10, pour compenser une panne dans une première chaîne 4 d'un système propulsif synchrone travaillant isolément avec une unique turbomachine 2, comme montré aux figures 3 à 6, la présente invention concerne aussi un système 10 d'au moins deux sous-systèmes 1a, 1b propulsifs synchrones de poussée.
- [0145] Aux figures 9 et 10, il est montré un système 10 doté de deux sous-systèmes 1a, 1b propulsifs de poussée mais ceci n'est pas limitatif, le nombre de sous-systèmes 1a, 1b du système 10 pouvant être supérieur à deux.
- [0146] Chacun des sous-systèmes 1a, 1b propulsifs synchrones comprend une source de vitesse telle qu'une turbomachine 2 connectée mécaniquement à une génératrice 3 synchrone en étant configuré comme un système 1 montré précédemment aux figures 3 à 6. La génératrice 3 est reliée par une première chaîne 4 électrique à un moteur synchrone 5 entraînant un propulseur 15.
- [0147] Les deux sous-systèmes 1a, 1b ou plus sont, comme il a été décrit précédemment, avec chacun une deuxième chaîne 6 électrique comprenant un bus de courant continu 7 relié à une source d'alimentation 8 électrique en courant continu. Aux figures 9 et 10, cette source d'alimentation 8 électrique est contigüe à la deuxième chaîne 6, ce qui n'est pas limitatif bien que préféré.
- [0148] Chaque première chaîne 4 comporte un premier interrupteur 11 positionné entre la génératrice 3 synchrone et le moteur synchrone 5, avantageusement piloté par des moyens de pilotage de l'unité de contrôle de synchronisation 18 commune à la première chaîne 4 et à ladite au moins une deuxième chaîne d'un sous-système 1a, 1b.
- [0149] Les premières chaînes 4, appartenant donc chacune à un sous-système 1a, 1b respectif, sont reliées entre elles par une branche transversale 16 comprenant au moins un deuxième interrupteur 11a, le bus de courant continu 7 et la source d'alimentation 8 électrique pouvant être communs auxdites au moins deux deuxièmes chaînes 6 électriques à la figure 9.
- [0150] En alternative, comme montré à la figure 10, chaque deuxième chaîne 6 électrique peut comporter un bus de courant continu 7 et une source d'alimentation 8 électrique respectifs, les bus de courant continu 7 des deuxièmes chaînes 6 électriques étant reliés entre eux par une branche en dérivation 17 de chaque onduleur 9 et de chaque source d'alimentation 8 électrique. La branche en dérivation 17 comprend au moins un troisième interrupteur 11b.
- [0151] Comme pour un système précédemment décrit en regard des figures 2 à 6, le système 10 à au moins deux sous-systèmes 1a, 1b peut comprendre une unité de contrôle de

synchronisation 18 pour chacun de ses sous-systèmes 1a, 1b.

- [0152] Le système 10 à au moins deux sous-systèmes 1a, 1b peut aussi comprendre une unité de contrôle de reconfiguration 19 connectée à chaque unité de contrôle de synchronisation 18 d'un sous-système 1a, 1b. L'unité de contrôle de reconfiguration 19 pilote directement ledit au moins un deuxième interrupteur 11a et ledit au moins un troisième interrupteur 11b.
- [0153] De plus, l'unité de contrôle de reconfiguration 19 pilote indirectement, par l'intermédiaire de l'unité de contrôle de synchronisation 18 de chaque sous-système 1a, 1b, les premiers interrupteurs 11 des premières chaînes 4 du système 10. En effet, l'unité de contrôle de reconfiguration 19 communique avec l'unité de contrôle de synchronisation 18 afin de gérer de manière correcte la reconfiguration et la synchronisation des différentes chaînes.
- [0154] Dans une première forme de réalisation de l'invention comme montré à la figure 9, le bus de courant continu 7 et la source d'alimentation 8 électrique sont communs aux deux deuxième chaînes 6 électriques des deux sous-systèmes 1a, 1b. Il est prévu un onduleur 9 respectif pour chaque deuxième chaîne 6 des sous-systèmes 1a, 1b raccordé au moteur synchrone 5 de la première chaîne 4 associée à chaque deuxième chaîne 6.
- [0155] Pour un nombre de sous-systèmes 1a, 1b supérieur à deux, il peut être prévu l'ajout d'un ou de plusieurs sous-systèmes sur un côté d'un sous-système 1a ou 1b déjà associé avec un sous-système 1b ou 1a en formant un système 10. Ceci peut être fait pour chaque sous-système 1a, 1b d'un système 10. Cela vaut aussi pour la deuxième forme de réalisation d'un système selon l'invention comme montré à la figure 10.
- [0156] Dans une deuxième forme de réalisation de l'invention comme montré à la figure 10, chaque deuxième chaîne 6 électrique comporte un bus de courant continu 7 et une source d'alimentation 8 électrique respectifs lui appartenant en propre.
- [0157] Les bus de courant continu 7 des deuxième chaînes 6 électriques des deux sous-systèmes 1a, 1b sont reliés entre eux par une branche en dérivation 17. Cette branche 17 est en dérivation de chaque onduleur 9 et de chaque source d'alimentation 8 électrique, la branche en dérivation 17 comprenant au moins un troisième interrupteur 11b, avantageusement deux.
- [0158] La deuxième forme de réalisation du système 10 avec deux sources d'alimentation électrique 8, chacune spécifique à un des deux sous-systèmes 1a, 1b, confère plus de possibilités de régulation de l'alimentation électrique que la première forme, les deux sources d'alimentation électrique 8 pouvant par exemple être utilisées conjointement pour l'alimentation d'un moteur synchrone 5 d'un des sous-systèmes 1a, 1b.
- [0159] La reconfiguration est, dans le cas d'un système 10 comprenant plusieurs sous-systèmes 1a, 1b en parallèle, en cas de perte d'une génératrice 3 synchrone dans un 1a des sous-systèmes alors en fonctionnement dégradé, une synchronisation du moteur 5

du sous-système dégradé 1a avec une autre génératrice 3 synchrone que la sienne, notamment de la génératrice 3 de l'autre sous-système 1b.

- [0160] En se référant toujours principalement aux figures 9 et 10, l'invention concerne enfin un procédé de fonctionnement d'un tel système 10 formé d'au moins deux sous-systèmes 1a, 1b.
- [0161] Ce procédé de fonctionnement est valable pour les deux formes de réalisation du système 10 respectivement montrées aux figures 9 et 10, la deuxième forme de réalisation montrée à la figure 10 offrant plus de variantes d'alimentation électrique dans le système 10 que la première.
- [0162] Les deux sous-systèmes 1a, 1b du système 10 peuvent être en mode de génération de poussée en étant sans défaut. Le moteur synchrone 5 de chaque sous-système 1a, 1b est alimenté, d'une part, par la génératrice 3 synchrone de sa première chaîne 4 et, d'autre part, par la source d'alimentation 8 électrique en courant continu de sa deuxième chaîne 6 via le bus de courant continu 7 et l'onduleur 9, ceci dans le cas d'une hybridation pour garantir une poussée renforcée.
- [0163] Dans ce cas, les deuxièmes interrupteurs 11a de la branche transversale 16, avantageusement au nombre de deux, entre les deux premières chaînes 4 des sous-systèmes 1a, 1b du système 10 peuvent être ouverts et aucun courant ne transite par la branche transversale 16.
- [0164] Quand un premier 1a des sous-systèmes 1a, 1b est en défaut, par exemple du fait de sa source de vitesse 2 ou de sa génératrice 3 synchrone, aucun courant ne passe par la première chaîne 4 de ce premier système 1a en défaut pour alimenter son moteur synchrone 5.
- [0165] Comme pour un sous-système en défaut 1a fonctionnant isolément sans faire partie d'un système 10, la source d'alimentation 8 électrique de la deuxième chaîne 6 de ce premier sous-système en défaut 1a peut alimenter le moteur synchrone 5 via le bus de courant continu 7 et l'onduleur 9.
- [0166] De plus, dans le cas de la forme de réalisation montrée à la figure 9, comme le système 10 comprend une seule source d'alimentation 8 pour les deux deuxième chaînes 6 des deux sous-systèmes 1a, 1b et comme les deux deuxième chaînes 6 présentent un bus commun 7, il est possible que de l'énergie électrique soit prélevée du deuxième sous-système 1b pour alimenter le moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a.
- [0167] L'apport du deuxième sous-système 1b dans l'alimentation du moteur synchrone 5 du premier sous-système 1a peut être multiple.
- [0168] Dans un premier mode d'apport d'énergie au moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a, en plus d'une alimentation du moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a par la source d'alimentation 8 électrique commune aux deux

deuxièmes chaînes 6 des sous-systèmes 1a, 1b, de l'énergie peut être prélevée sur le moteur synchrone 5 du deuxième sous-système 1b alors opérationnel ou récupérée sur le propulseur 15 du deuxième sous-système 1b pour être transférée vers le moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a.

- [0169] Ceci est effectué via la deuxième chaîne 6 du deuxième sous-système 1b en sens inverse d'un fonctionnement nominal d'apport d'électricité au moteur synchrone 5 du deuxième sous-système 1b, l'onduleur 9 de sa deuxième chaîne 6 fonctionnant alors en redresseur de courant alternatif en courant continu. Le courant traverse ensuite le bus de courant continu 7 commun et l'onduleur 9 de la deuxième chaîne 6 du premier sous-système en défaut 1a.
- [0170] Dans un deuxième mode d'apport d'énergie au moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a, la génératrice 3 synchrone du deuxième sous-système 1b peut alimenter le moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a.
- [0171] Ceci peut être fait par passage de courant par la branche transversale 16 entre les deux premières chaînes 4 des sous-systèmes 1a, 1b. Ceci peut se faire en complément ou en remplacement d'un prélèvement d'énergie sur le moteur synchrone 5 du deuxième sous-système 1b ou d'énergie récupérée sur le propulseur 15 du deuxième sous-système 1b pour être transférée vers le moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a.
- [0172] Il s'ensuit que l'apport d'énergie dans cette configuration du deuxième sous-système 1b vers le premier sous-système en défaut 1a peut être plus fort que l'apport d'énergie dans la configuration précédente, ceci particulièrement si les premier et deuxième modes d'apport d'énergie au moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a sont combinés.
- [0173] Tout ce qui a été énoncé précédemment en regard de la première forme de réalisation, comme montré à la figure 9, avec une unique source d'alimentation commune aux deux deuxième chaînes 6 des deux sous-systèmes 1a, 1b du système 10 peut être extrapolé à un système 10 d'au moins deux sous-systèmes 1a, 1b présentant des deuxième chaînes 6 ayant leur source d'alimentation 8 respectives comme montré à la figure 10 selon une deuxième forme de réalisation du système 10 à au moins deux sous-systèmes 1a, 1b.
- [0174] Dans cette deuxième forme de réalisation, les possibilités d'alimentation regroupent aussi une alimentation du moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a par la source d'alimentation 8 de la deuxième chaîne 6 du deuxième sous-système 1b opérationnel.
- [0175] Sinon, pour un tel système 10 d'au moins deux sous-systèmes 1a, 1b montré à la figure 10, les deux modes d'apport d'énergie au moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a par la génératrice 3 synchrone du deuxième sous-système 1b, par

le moteur synchrone 5 du deuxième sous-système 1b ou par récupération d'énergie sur le propulseur 15 du deuxième sous-système 1b, restent valides.

- [0176] Tous ces modes d'apport d'énergie peuvent être pris unitairement ou en combinaison selon le besoin d'énergie demandé pour le moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a, ce premier sous-système en défaut 1a pouvant aussi être en fonctionnement en mode dégradé, c'est-à-dire assurant une fourniture d'énergie affaiblie à son moteur synchrone 5 par sa génératrice 3 synchrone.
- [0177] Ainsi, pour un système 10 d'au moins deux sous-systèmes 1a, 1b illustré à la figure 10, quand chaque deuxième chaîne 6 présente une source d'alimentation 8 électrique, la source d'alimentation 8 électrique de la deuxième chaîne 6 du deuxième sous-système 1b fonctionnant en mode de génération de poussée alimente le moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a, ceci en complément de la source d'alimentation 8 électrique de la deuxième chaîne 6 du premier sous-système en défaut 1a.
- [0178] Dans tous les modes d'apport d'énergie au moteur synchrone 5 du premier sous-système en défaut 1a énoncés plus haut, le ou les deuxièmes interrupteurs 11a de la branche transversale 16 peuvent être ouverts ou fermés pour que le moteur synchrone 5 présent dans la première chaîne 4 du deuxième sous-système 1b fonctionnant en mode de génération de poussée alimente ou non le moteur du premier sous-système en défaut 1a en complément de la source d'alimentation 8 électrique de la deuxième chaîne 6 du sous-système en défaut 1a.
- [0179] Il en va de même pour le ou les troisièmes interrupteurs 11b de la branche en dérivation 17 reliant les bus en courant continu 7 des deux deuxièmes chaînes 6 des sous-systèmes 1a, 1b.

Revendications

- [Revendication 1] Système (1, 10) propulsif synchrone de poussée comprenant au moins une source de vitesse (2) connectée mécaniquement à une génératrice (3) synchrone, la génératrice (3) étant raccordée par une première chaîne (4) électrique à un moteur synchrone (5) entraînant un propulseur (15), caractérisé en ce que le moteur synchrone (5) est raccordé à au moins une deuxième chaîne (6) électrique en parallèle à la première chaîne (4), ladite au moins une deuxième chaîne (6) comprenant un bus de courant continu (7) relié à une source d'alimentation (3, 8, 12) électrique en courant continu, ladite au moins une deuxième chaîne (6) électrique comprenant un onduleur (9) disposé entre le bus de courant continu (7) et le moteur synchrone (5).
- [Revendication 2] Système (1, 10) selon la revendication 1, lequel comporte une unité de contrôle de synchronisation (18) comprenant des moyens de mesure, d'une part, d'une première tension dans la première chaîne (4) entre la génératrice (3) synchrone et le moteur (5) synchrone et, d'autre part, d'une deuxième tension dans ladite au moins une deuxième chaîne (6) entre l'onduleur (9) et le moteur (5) synchrone, l'unité de contrôle de synchronisation (18) comprenant des moyens de pilotage de l'onduleur (9) afin que la deuxième tension soit égale à la première tension.
- [Revendication 3] Système (1, 10) selon la revendication 2, dans lequel la première chaîne (4) comporte un premier interrupteur (11) positionné entre la génératrice (3) synchrone et le moteur synchrone (5), les moyens de mesure de la première tension dans la première chaîne (4) par l'unité de contrôle de synchronisation (18) étant positionnés en aval du premier interrupteur (11), l'unité de contrôle de synchronisation (18) comprenant des moyens de mesure d'une troisième tension en amont du premier interrupteur (11) dans la première chaîne (4), le premier interrupteur (11), précédemment ouvert, étant fermé lors d'une phase de démarrage du système (1, 10) lorsque la première tension est égale à la troisième tension.
- [Revendication 4] Système (1, 10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le moteur synchrone (5) comprend au moins un rotor, un premier stator muni de bobines formant un premier élément polyphasé relié à la première chaîne (4) électrique et au moins un deuxième stator muni de bobines formant un deuxième élément polyphasé raccordé à ladite au moins une deuxième chaîne (6) électrique, ledit au moins un

rotor étant encadré par le premier stator et ledit au moins un deuxième stator.

- [Revendication 5] Système (1, 10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la source de vitesse est une turbomachine (2) et la première chaîne (4) comprend un générateur de démarrage (12) de la turbomachine (2) ou le démarrage de la turbomachine (2) est effectué par la génératrice (3) synchrone dans une configuration de turbine liée, le générateur de démarrage (12) ou la génératrice (3) synchrone fonctionnant alors en mode moteur en étant alimentés par une source d'alimentation électrique (8) en courant continu de la deuxième chaîne (6).
- [Revendication 6] Système (1, 10) selon la revendication 5, dans lequel, quand la source d'alimentation électrique de ladite au moins une deuxième chaîne (6) est au moins temporairement le générateur de démarrage (12) ou la génératrice (3) synchrone délivrant un courant alternatif, une branche intermédiaire (13) reliant le générateur de démarrage (12) ou la génératrice (3) synchrone au bus de courant continu (7) comprend un redresseur (14) de courant.
- [Revendication 7] Procédé de fonctionnement d'un système (1, 10) selon la revendication 6, caractérisé en ce que, une source d'alimentation (8) électrique d'appoint étant connectée au bus (7) en parallèle de la branche intermédiaire (13) :
- lors du démarrage de la turbomachine (2), ladite source d'alimentation (8) électrique d'appoint alimente le générateur de démarrage (12) ou la génératrice (3) synchrone avec le redresseur (14) de la branche intermédiaire (13) faisant office d'onduleur vers le générateur de démarrage (12) ou la génératrice (3) synchrone, la génératrice (3) synchrone atteignant un régime stabilisé tandis que le moteur synchrone (5) n'est pas alimenté électriquement, et
 - quand le moteur synchrone (5) est alimenté électriquement et démarré après atteinte du régime stabilisé pour la génératrice (3) synchrone, ladite source d'alimentation (8) électrique d'appoint alimente uniquement le moteur synchrone (5) par la deuxième chaîne (6) via le bus (7) et l'onduleur (9), la première chaîne (4) étant ouverte entre la génératrice (3) synchrone et le moteur synchrone (5).
- [Revendication 8] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel, après synchronisation du moteur synchrone (5) et de la génératrice (3) synchrone, la première chaîne (4) est fermée pour un fonctionnement en mode de gé-

nération de poussée du système (1, 10) et la deuxième chaîne (6) est ouverte par mise en veille de l'onduleur (9) tant qu'une poussée auxiliaire lors d'un fonctionnement en poussée nominale ou dégradée, qu'une absorption de puissance de poussée ou un prélèvement de puissance par la deuxième chaîne (6) sur le moteur synchrone (5) ne sont pas requis.

[Revendication 9]

Système (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, lequel comprend au moins deux sources de vitesse (2), chacune desdites au moins deux sources de vitesse (2) étant associée à une première chaîne (4) et au moins une deuxième chaîne (6) propres en entraînant un propulseur (15) respectif en formant un sous-système (1a, 1b) respectif, chaque première chaîne (4) comportant un premier interrupteur (11) positionné entre la génératrice (3) synchrone et le moteur synchrone (5), les premières chaînes (4), appartenant chacune à un sous-système (1a, 1b) respectif, étant reliées entre elles par une branche transversale (16) comprenant au moins un deuxième interrupteur (11a), le bus de courant continu (7) et la source d'alimentation (8) électrique étant communs auxdites au moins deux deuxième chaînes (6) électriques ou chaque deuxième chaîne (6) électrique comportant un bus de courant continu (7) et une source d'alimentation (8) électrique respectifs, les bus de courant continu (7) des deuxième chaînes (6) électriques étant reliés entre eux par une branche en dérivation (17) de chaque onduleur (9) et de chaque source d'alimentation (8) électrique, la branche en dérivation (17) comprenant au moins un troisième interrupteur (11b).

[Revendication 10]

Système (10) selon la revendication 9, dans lequel le premier interrupteur (11) est piloté par des moyens de pilotage d'une unité de contrôle de synchronisation (18) commune à la première chaîne (4) et à ladite au moins une deuxième chaîne (6) de chaque sous-système (1a, 1b) et le système (10) comprend une unité de contrôle de reconfiguration (19) connectée à chaque unité de contrôle de synchronisation (18) d'un sous-système (1a, 1b), l'unité de contrôle de reconfiguration (19) pilotant directement lesdits au moins un deuxième interrupteur (11a) et un troisième interrupteur (11b) et les premiers interrupteurs (11) des premières chaînes (4) du système (10) par l'intermédiaire de chaque unité de contrôle de synchronisation (18).

[Revendication 11]

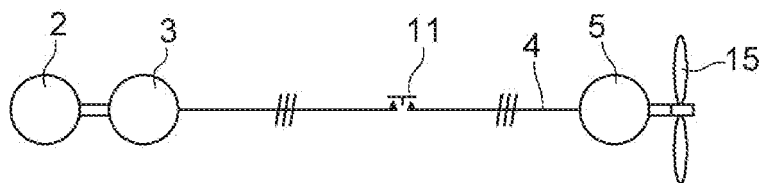
Procédé de fonctionnement d'un système (10) selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que :

- les deux sources de vitesse (2) et les génératrices (3) synchrones des

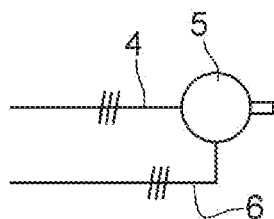
premières chaînes (4) desdits sous-systèmes (1a, 1b) étant opérationnelles, le système (10) fonctionne en mode de génération de poussée avec chacune des deuxièmes chaînes (6) alimentant leur moteur synchrone (5) respectif, ledit au moins un deuxième interrupteur (11a) de la branche transversale (16) reliant entre elles les premières chaînes (4) étant ouvert, ou

- quand une source d'une deuxième chaîne (6) d'un (1a) des sous-systèmes (1a, 1b) est défectueuse, le sous-système (1a) étant alors dit en défaut, le système (10) fonctionne en mode défaut avec le moteur synchrone (5) du sous-système en défaut (1a) alimenté électriquement uniquement par la deuxième chaîne (6) du sous-système en défaut (1a), l'autre sous-système (1b) fonctionnant en mode de génération de poussée, avec, quand chaque deuxième chaîne (6) présente chacune une source d'alimentation (8) électrique, la source d'alimentation (8) électrique de la deuxième chaîne (6) du système (10) fonctionnant en mode de génération de poussée alimente le moteur synchrone (5) du sous-système en défaut (1a) en complément de la source d'alimentation (8) électrique de la deuxième chaîne (6) du sous-système en défaut (1a), ledit au moins un troisième interrupteur (11b) de la branche en dérivation (17) entre les deux deuxièmes chaînes (6) étant ouvert ou étant fermé pour que le moteur synchrone (5) du sous-système (1b), fonctionnant en mode de génération de poussée, alimente ou non le moteur synchrone (5) du sous-système en défaut (1a) en complément d'au moins la source d'alimentation (8) électrique de la deuxième chaîne (6) du sous-système en défaut (1a) et ledit au moins un deuxième interrupteur (11a) de la branche transversale (16) entre les deux premières chaînes (4) étant ouvert ou étant fermé pour que la génératrice (3) synchrone du sous-système (1b), fonctionnant en mode de génération de poussée, alimente ou non le moteur synchrone (5) du sous-système en défaut (1a) en complément d'au moins la source d'alimentation électrique (8) de la deuxième chaîne (6) du sous-système en défaut (1a).

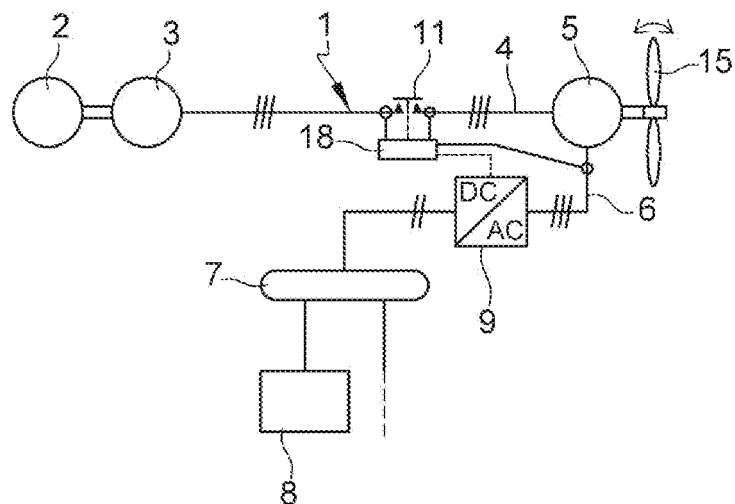
[Fig. 1]



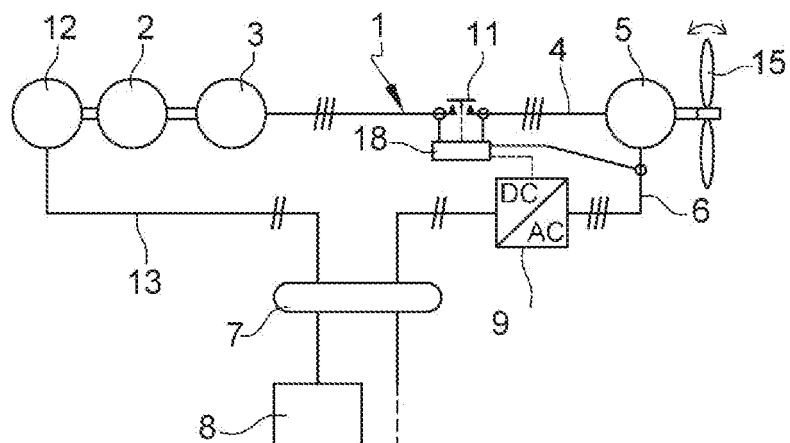
[Fig. 2]



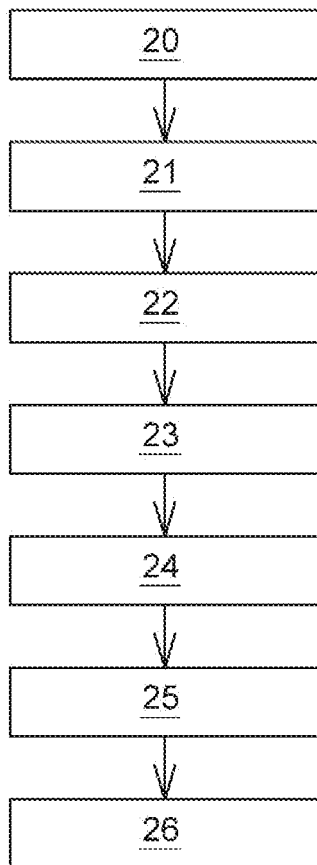
[Fig. 3]



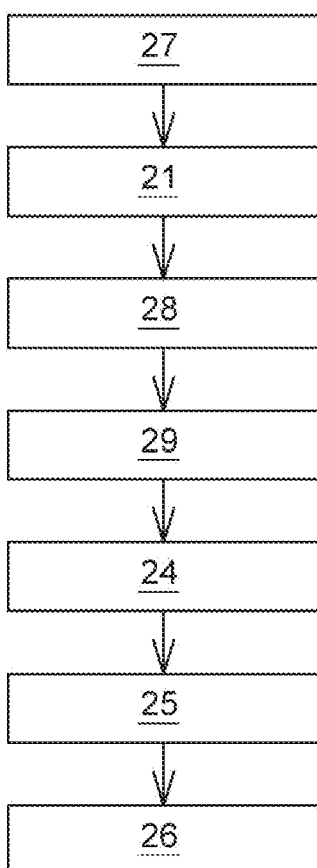
[Fig. 4]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 866518
FR 1901650

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 3 103 671 A1 (ROLLS-ROYCE CORP [US]; ROLLS-ROYCE NORTH AMERICAN TECH INC [US]) 14 décembre 2016 (2016-12-14) * le document en entier *	1-11	H02K19/02 H02K19/16 H02P9/02
A	US 4 338 525 A (KILGORE LEE A) 6 juillet 1982 (1982-07-06) * le document en entier *	1-11	
A	JP S61 157280 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 16 juillet 1986 (1986-07-16) * le document en entier *	1-11	
A	Boeing: "AERO QTR_03 12", 1 ^{er} octobre 2012 (2012-10-01), XP055225976, http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2015_q1/archive.html Extrait de l'Internet: URL: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012_q3/pdfs/AERO_2012q3.pdf [extrait le 2015-11-04] * page 7 - page 8 *	1-11	
A	Boeing: "AERO QTR_04 07", 5 ^{ème} octobre 2007 (2007-10-05), XP055225979, http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2015_q1/archive.html Extrait de l'Internet: URL: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_07/AERO_Q407.pdf [extrait le 2015-11-04] * page 6 - page 11 *	1-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B60L B63J B63H B64D H02H B64F
		-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 décembre 2019		Chevret, Anthony	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 866518
FR 1901650

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	Anonymous: "Boeing 787 - Wikipédia", 17 mars 2018 (2018-03-17), XP055460657, Extrait de l'Internet: URL:https://fr.wikipedia.org/wiki/Boeing_787#Motorisation_et_coopération_internationale [extrait le 2018-03-19] * le document en entier *	1-11	
A	EP 2 887 536 A1 (ROLLS ROYCE CORP [US]; ROLLS ROYCE NAM TECH INC [US]) 24 juin 2015 (2015-06-24) * le document en entier *	1-11	
A	EP 2 886 387 A2 (ROLLS ROYCE CORP [US]; ROLLS ROYCE NAM TECH INC [US]) 24 juin 2015 (2015-06-24) * le document en entier *	1-11	
A	BERG FREDERICK ET AL: "HTS Electrical System for a Distributed Propulsion Aircraft", IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, IEEE SERVICE CENTER, LOS ALAMITOS, CA, US, vol. 25, no. 3, 1 juin 2015 (2015-06-01), pages 1-5, XP011572585, ISSN: 1051-8223, DOI: 10.1109/TASC.2014.2384731 [extrait le 2015-02-05] * le document en entier *	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
	-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 décembre 2019		Chevret, Anthony	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 866518
FR 1901650

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	CHRISTINE ROSS ET AL: "Turboelectric Distributed Propulsion Protection System Design Trades", SAE TECHNICAL PAPER SERIES SAE 2015-01-3787, vol. 1, 16 septembre 2014 (2014-09-16), XP055425021, US ISSN: 0148-7191, DOI: 10.4271/2014-01-2141 * le document en entier *	1-11	
A	EP 2 581 308 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 17 avril 2013 (2013-04-17) * le document en entier *	1-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 décembre 2019		Chevret, Anthony	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1901650 FA 866518**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **11-12-2019**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3103671	A1	14-12-2016	CA 2932101 A1	10-12-2016
			CN 106253785 A	21-12-2016
			EP 3103671 A1	14-12-2016
			JP 2017001668 A	05-01-2017
			KR 20160145505 A	20-12-2016
			US 2016365810 A1	15-12-2016

US 4338525	A	06-07-1982	CA 1161930 A	07-02-1984
			US 4338525 A	06-07-1982

JP S61157280	A	16-07-1986	AUCUN	

EP 2887536	A1	24-06-2015	EP 2887536 A1	24-06-2015
			US 2015175101 A1	25-06-2015

EP 2886387	A2	24-06-2015	EP 2886387 A2	24-06-2015
			US 2015180309 A1	25-06-2015

EP 2581308	A2	17-04-2013	EP 2581308 A2	17-04-2013
			US 2013094963 A1	18-04-2013
