

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 15.04.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.10.23 Bulletin 23/42.

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 ELECTRONICS &
DEFENSE Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : GRIMAUD Louis.

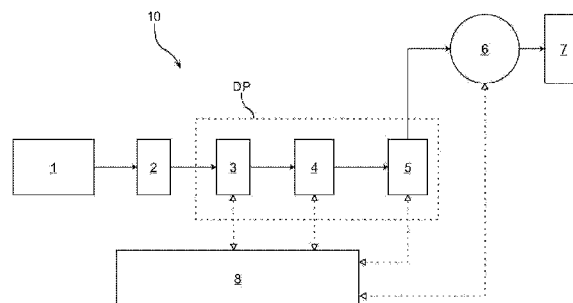
73 Titulaire(s) : SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE
Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : ARGYMA.

54 Système de commande d'au moins un actionneur d'une turbomachine d'aéronef comprenant un calculateur
de test en vol et procédé de test en vol.

57 Un procédé de test en vol d'un système de commande
(10) d'au moins un actionneur (7) d'une turbomachine d'aé-
ronef comprenant un moteur électrique (6) et un dispositif de
puissance (DP) comprenant au moins un module de stoc-
kage d'énergie (3) configuré pour être chargé par un réseau
électrique d'aéronef (1), un module de conversion continu-
continu (4), un module de conversion continu-alternatif (5),
le procédé comprenant des étapes consistant à comparer la
tension aux bornes du module de stockage d'énergie (3) à
la tension aux bornes du module de conversion continu-
continu (4), fournir une tension de consigne en entrée afin
de vérifier que la tension de sortie est conforme à un rapport
de conversion prédéterminé du module de conversion conti-
nu-continu, fermer l'ensemble des transistors bas, ouvrir
l'ensemble des transistors hauts et émettre une première
commande impulsionnelle d'entrée afin de vérifier que la
tension de sortie est nulle.

Figure de l'abrégé : Figure 2



Description

Titre de l'invention : Système de commande d'au moins un actionneur d'une turbomachine d'aéronef comprenant un calculateur de test en vol et procédé de test en vol

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne le domaine de test en vol d'un système de commande d'un actionneur d'une turbomachine d'aéronef, en particulier, d'un volet d'inversion de poussée d'une nacelle.
- [0002] De manière connue, un aéronef comporte un système de propulsion comportant une turbomachine montée dans une nacelle. Afin de réduire la vitesse de l'aéronef, il est connu de prévoir sur la nacelle des volets d'inversion de poussée. Comme illustré à la [Fig.1], des volets d'inversion de poussée 104 sont déplacés par un moteur électrique 103 commandé par un dispositif de puissance 102 qui est alimenté par un réseau électrique de l'aéronef 101, en particulier, un réseau triphasé en 115V AC. Le dispositif de puissance 102 et le moteur électrique 103 forment ensemble un système de commande 105 des volets d'inversion 104.
- [0003] Avant d'entamer une phase de descente de l'aéronef, il est nécessaire de tester en vol le système de commande 105 afin de s'assurer du déploiement effectif des volets d'inversion 104 lors de la phase de descente pour freiner l'aéronef. En pratique, le test du système de commande 105 est complexe. En effet, il est difficile de garantir avec une probabilité suffisamment élevée qu'un test ne conduise pas à une ouverture effective d'un volet d'inversion 104, ce qui serait problématique lorsque l'aéronef est en vol.
- [0004] Afin d'absorber les pics d'appel de puissance lors de la commande d'un volet d'inversion 104, il a été proposé d'utiliser un dispositif de puissance 102 comprenant un onduleur triphasé pour alimenter le moteur électrique 103 et un module de charge, en particulier une supercapacité, pour alimenter l'onduleur triphasé. Un module de charge permet d'éviter une alimentation directe entre le réseau électrique de l'aéronef 101 et le moteur électrique 103, ce qui réduit le risque d'actionnement accidentel. Néanmoins, cela interdit de mettre en œuvre un procédé de test selon l'art antérieur.
- [0005] L'invention vise à éliminer au moins certains de ces inconvénients.

PRESENTATION DE L'INVENTION

- [0006] L'invention concerne un procédé de test en vol d'un système de commande d'au moins un actionneur d'une turbomachine d'aéronef comprenant un moteur électrique configuré pour déplacer l'actionneur et un dispositif de puissance alimentant le moteur électrique afin de le commander, le dispositif de puissance comprenant au moins un

module de stockage d'énergie configuré pour être chargé par un réseau électrique d'aéronef, un module de conversion continu-continu configuré pour être alimenté par le module de stockage d'énergie, le module de conversion continu-continu ayant un rapport de conversion prédéterminé, un module de conversion continu-alternatif relié au moteur électrique configuré pour être alimenté par le module de conversion continu-continu, le module de conversion continu-alternatif comportant un pont de transistors, comprenant des transistors hauts et des transistors bas, et un calculateur de test en vol, le procédé comprenant des étapes consistant à :

- E1 comparer la tension aux bornes du module de stockage d'énergie à la tension aux bornes du module de conversion continu-continu afin de vérifier qu'elles sont égales,
- E2 activer le module de conversion continu-continu et lui fournir une tension de consigne en entrée afin de vérifier que la tension de sortie est conforme au rapport de conversion prédéterminé du module de conversion continu-continu,
- E3 activer le module de conversion continu-alternatif, fermer l'ensemble des transistors bas, ouvrir l'ensemble des transistors hauts et émettre une première commande impulsionnelle d'entrée afin de vérifier que la tension de sortie du module de conversion continu-alternatif est nulle.

[0007] De préférence, les étapes de test sont réalisées de manière consécutives. En cas d'échec d'une étape de test, un défaut est détecté et le système de commande est mis en sécurité, par exemple, en coupant l'alimentation électrique.

[0008] Grâce à l'invention, le module de stockage, le module de conversion continu-continu et le module de conversion continu-alternatif sont testés de manière consécutive afin de détecter de manière précoce un défaut pour éviter une propagation d'un défaut dans le système de commande. Chaque élément du système de commande est alimenté lorsque les éléments situés en amont ont été testés et validés. On garantit ainsi un test rigoureux et pertinent du système de commande. Tout dysfonctionnement caractéristique du module de stockage, du module de conversion continu-continu et du module de conversion continu-alternatif est testé afin d'éviter de commander de manière involontaire le moteur électrique et, par voie de conséquence, l'actionneur. Un tel procédé de test est adapté pour un système de commande comprenant un module de stockage d'énergie permettant une isolation avec le réseau électrique d'aéronef, ce qui limite le risque de défaut.

[0009] De manière préférée, le procédé de test en vol comprend une étape consistant à activer le module de conversion continu-alternatif, fermer l'ensemble des transistors hauts, ouvrir l'ensemble des transistors bas et émettre une deuxième commande impulsionnelle d'entrée afin de vérifier que la tension de sortie du module de conversion continu-alternatif est égale à sa tension d'entrée fournie par le module de conversion

continu-continu.

- [0010] Une telle étape de test permet de contrôler le comportement « haut » du module de conversion continu-alternatif.
- [0011] De préférence, le procédé de test en vol comprend une étape consistant à fermer l'ensemble des transistors hauts, fermer l'ensemble des transistors bas et émettre une troisième commande impulsionnelle d'entrée afin de vérifier que le module de conversion continu-alternatif est protégé contre les sur-courants.
- [0012] De manière préférée, au cours de l'étape E2, la tension de consigne d'entrée est une tension nulle afin de vérifier que la tension de sortie du module de conversion continu-continu est nulle.
- [0013] Selon un aspect de l'invention, le module de conversion continu-continu ayant une plage de tension d'entrée de fonctionnement, au cours de l'étape, plusieurs valeurs de tension de consigne d'entrée sont testées de manière successive afin de s'assurer du bon fonctionnement du module de conversion continu-continu sur sa plage de tension d'entrée de fonctionnement.
- [0014] L'invention concerne également un système de commande d'au moins un actionneur d'une turbomachine d'aéronef comprenant un moteur électrique configuré pour déplacer l'actionneur et un dispositif de puissance alimentant le moteur électrique afin de le commander, le dispositif de puissance comprenant :
- au moins un module de stockage d'énergie configuré pour être chargé par un réseau électrique d'aéronef,
 - un module de conversion continu-continu configuré pour être alimenté par le module de stockage d'énergie, le module de conversion continu-continu ayant un rapport de conversion prédéterminé,
 - un module de conversion continu-alternatif relié au moteur électrique configuré pour être alimenté par le module de conversion continu-continu, le module de conversion continu-alternatif comportant un pont de transistors comprenant des transistors hauts et des transistors
- [0015] Le système de commande est remarquable en ce que le dispositif de puissance comporte un calculateur de test en vol configuré pour :
- comparer la tension aux bornes du module de stockage d'énergie à la tension aux bornes du module de conversion continu-continu afin de vérifier qu'elles sont égales,
 - activer le module de conversion continu-continu et lui fournir une tension de consigne en entrée afin de vérifier que la tension de sortie est conforme au rapport de conversion prédéterminé du module de conversion continu-continu,
 - activer le module de conversion continu-alternatif, fermer l'ensemble des transistors bas, ouvrir l'ensemble des transistors hauts et émettre une première

commande impulsionnelle d'entrée afin de vérifier que la tension de sortie du module de conversion continu-alternatif est nulle.

- [0016] De manière préférée, le module de stockage d'énergie comporte une pluralité de super capacités.
- [0017] De manière préférée, le système de commande comprend un module de pré-conversion continu-continu pour alimenter le module de stockage d'énergie.
- [0018] De préférence, le module de conversion continu-continu se présente sous la forme d'un convertisseur à double pont actif. Un tel convertisseur est particulièrement adapté pour les fortes puissances. De manière préférée, le module de conversion continu-continu comporte une isolation galvanique de manière à limiter le risque de défaut électrique.
- [0019] L'invention concerne également un ensemble comprenant un réseau électrique d'aéronef, un actionneur d'une turbomachine d'aéronef et un système de commande tel que présenté précédemment, alimenté par le réseau électrique d'aéronef, pour déplacer l'actionneur.
- [0020] L'invention concerne aussi un aéronef comprenant un ensemble tel que présenté précédemment.

PRESENTATION DES FIGURES

- [0021] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple, et se référant aux figures suivantes, données à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquelles des références identiques sont données à des objets semblables.
- [0022] La [Fig.1] est une représentation schématique d'un système de commande selon l'art antérieur.
- [0023] La [Fig.2] est une représentation schématique d'une première forme de réalisation d'un système de commande selon l'invention.
- [0024] La [Fig.3] est une représentation schématique d'un procédé de test en vol selon l'invention.
- [0025] Il faut noter que les figures exposent l'invention de manière détaillée pour mettre en œuvre l'invention, lesdites figures pouvant bien entendu servir à mieux définir l'invention le cas échéant.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

- [0026] L'invention va être présentée en référence à la [Fig.2] qui présente un système de commande 10 d'un actionneur 7 d'une turbomachine d'aéronef. Dans cet exemple, l'actionneur 7 est un volet d'inversion de poussée mais il va de soi que cela pourrait être différent.
- [0027] Comme présenté précédemment, le système de commande 10 comprend un moteur

électrique 6 configuré pour déplacer l'actionneur 7 et un dispositif de puissance DP alimentant le moteur électrique 6 afin de le commander. Le moteur électrique 6 est de préférence un moteur triphasé comprenant un rotor mobile monté dans un stator.

- [0028] Comme illustré à la [Fig.2], le dispositif de puissance DP est alimenté par un réseau électrique d'aéronef 1, en particulier, un réseau continu haute tension, par exemple 270 Vdc/540Vdc, ou basse tension 28Vdc. Dans cet exemple, le dispositif de puissance DP est alimenté directement par un module de pré-conversion continu-continu 2 alimenté par le réseau électrique d'aéronef 1. Comme cela sera présenté par la suite, le module de pré-conversion continu-continu 2 permet de charger le module de stockage d'énergie 3 (énergie dans une capacité est : $E_c = 0.5 * C * V^2$) mais également d'abaisser/relever la tension en fonction des besoins du dispositif de puissance. Le module de pré-conversion continu-continu 2 permet avantageusement de stocker de l'énergie et de créer une isolation galvanique garantissant une séparation physique entre le réseau électrique d'aéronef 1 et le moteur électrique 6 avec un taux de panne très faible. Ainsi, il n'est pas possible de fournir de l'énergie au moteur électrique 6 lorsque le module de pré-conversion continu-continu 2 n'est pas commandé.
- [0029] En référence à la [Fig.2], le dispositif de puissance DP comporte un module de stockage d'énergie 3 configuré pour être chargé par le module de pré-conversion continu-continu 2. De manière préférée, le module de stockage d'énergie 3 comporte une ou plusieurs supercapacités.
- [0030] Le dispositif de puissance DP comporte également un module de conversion continu-continu 4 configuré pour être alimenté par le module de stockage d'énergie 3. De manière connue, le module de conversion continu-continu 4 possède un rapport de conversion prédéterminé qui correspond au rapport de la tension de sortie sur la tension d'entrée. Le dispositif de puissance DP comporte aussi un module de conversion continu-alternatif 5 relié au moteur électrique 6 configuré pour être chargé par le module de conversion continu-continu 4.
- [0031] Dans cet exemple, le module de conversion continu-continu 4 est relié au module de conversion continu-alternatif 5 par un bus régulé par module de conversion continu-continu 4.
- [0032] Selon l'invention, le module de conversion continu-alternatif 5 comporte un pont de transistors comportant des transistors hauts et des transistors bas pour permettre la conversion alternative. En particulier, les transistors définissent un état « haut » ou « passant » et un état « bas » ou « ouvert ».
- [0033] Le module de conversion continu-alternatif 5 possède plusieurs phases qui sont reliées à des phases du moteur électrique 6. Dans cet exemple, le module de conversion continu-alternatif 5 se présente sous la forme d'un onduleur, en particulier, un onduleur triphasé.

- [0034] De manière préférée, le convertisseur continu-continu 4 comporte des moyens d'isolation. De préférence, il se présente sous la forme d'un convertisseur à double pont actif, plus connu sous son abréviation anglaise DAB pour « Dual Active Bridge ». Un tel convertisseur continu-continu 4 est particulièrement adapté pour les fortes puissances. Il permet de manière avantageuse de réguler le courant, ce qui permet de l'associer avec un module de conversion continu-alternatif 5 comportant des composants normalement à l'état ouvert (par exemple des transistors du type JFET). Le module de conversion continu-alternatif 5 est configuré pour court-circuiter les phases du moteur électrique 6 lorsque le module de conversion continu-alternatif 5 n'est pas alimenté. Il va de soi que d'autres types de convertisseur continu-continu 4 pourraient convenir.
- [0035] En pratique, le convertisseur continu-continu 4 comporte, en sortie, une capacité pour filtrer les ondulations de courant qui possède une valeur au moins 100 fois plus faible que la capacité d'un filtre LC d'entrée du module de conversion continu-alternatif 5. Aussi, la capacité de sortie du convertisseur continu-continu 4 ne peut pas stocker suffisamment d'énergie pour entretenir des courants dans le moteur électrique 6 une fois sa commande stoppée. La sécurité est ainsi améliorée.
- [0036] D'autre part, le convertisseur continu-continu 4 est réversible. Son contrôle permet de ne pas dépendre de la dynamique naturelle du moteur électrique 6 pour forcer la décharge de sa capacité de sortie et donc ramener la tension à 0V immédiatement. Cela permet de mettre en place une protection en cas de mesure de courants non nuls dans les phases du moteur électrique 6. De préférence, le convertisseur continu-continu 4 est configuré pour élever la tension entre son entrée et sa sortie lorsqu'il est relié à un réseau électrique d'aéronef 1 basse tension. En fonction des besoins, le convertisseur continu-continu 4 peut être élévateur/abaisseur de tension.
- [0037] Le module de pré-conversion continu-continu 2, le module de stockage d'énergie 3, le module de conversion continu-continu 4 et le module de conversion continu-alternatif 5 sont connus de l'homme du métier et ne seront pas présentés de nouveau.
- [0038] Le système de commande 10 permet de commander de manière effective l'actionneur 7 absorbant de manière efficace les pics d'appel de courant grâce notamment au module de stockage d'énergie 3. Un tel système de commande 10, de nouvelle génération, doit être testé en vol afin de garantir la sécurité.
- [0039] Selon l'invention, en référence à la [Fig.2], le système de commande 10 comporte un calculateur de test en vol 8 configuré pour mettre en œuvre une pluralité d'étapes de test afin de détecter un éventuel dysfonctionnement dans le dispositif de puissance DP et le moteur électrique 6. Le calculateur de test en vol 8 se présente de manière préférée sous la forme d'un contrôleur numérique.
- [0040] Le calculateur de test en vol 8 est configuré pour activer des éléments du dispositif de

puissance DP, émettre des consignes auxdits éléments et mesurer des paramètres desdits éléments. Les paramètres du module de conversion continu-continu 4 sont par exemple des mesures de tension et d'intensité, notamment, au niveau d'un primaire et d'un secondaire du module de conversion continu-continu 4, mesures de tensions et d'intensités alternatives sur les phases de l'onduleur (module de conversion continu-alternatif 5). Les paramètres du module de conversion continu-alternatif 5 sont par exemple des mesures de tension et d'intensité.

- [0041] De manière préférée, le calculateur de test en vol 8 est également configuré pour mesurer des paramètres du moteur électrique 6, par exemple, des mesures de vitesse et de position angulaire du rotor du moteur électrique 6.
- [0042] La présente invention propose de mettre en œuvre un procédé de test dans lequel les éléments du système de commande 10 sont testés de manière séquentielle afin d'éviter tout actionnement accidentel. On évite ainsi qu'un défaut ne se propage aux autres éléments du dispositif de puissance DP qui sont inactifs. Une alimentation involontaire du moteur électrique 6 est ainsi hautement improbable.
- [0043] Selon un exemple de mise en œuvre, en référence à la [Fig.3], il est représenté schématiquement plusieurs étapes de test E1-E5 mises en œuvre par le calculateur de test en vol 8. En cas d'échec d'une étape de test, le système de commande 10 est considéré comme défectueux POK.
- [0044] Chaque étape de test E1-E5 va dorénavant être présentée de manière individuelle.
- [0045] Les étapes de test sont réalisées de manière séquentielle. Une étape de test n'est réalisée qu'en cas de réussite de l'étape de test précédente. En cas de défaut POK, le procédé de contrôle est tout de suite stoppé. De préférence, l'alimentation du dispositif de puissance DP est également coupée.
- [0046] Comme illustré à la [Fig.3], à l'état initial INIT, le module de conversion continu-continu 4 et le module de conversion continu-alternatif 5 sont éteints.
- [0047] Le procédé comporte une étape de test E1 consistant à comparer de la tension aux bornes du module de stockage d'énergie 3 à la tension aux bornes du module de conversion continu-continu 4 pour vérifier qu'elles sont égales. En cas de différence, le système de commande 10 est considéré comme défectueux POK.
- [0048] Une telle étape de test E1 permet avantageusement de détecter toute perte d'énergie caractéristique d'un défaut, par exemple, une fuite d'une supercapacité ou une rupture de connectique.
- [0049] Au cours de cette étape de test E1, un actionnement accidentel ne peut survenir qu'en cas de défaut simultané du module de conversion continu-alternatif 5, du module de conversion continu-continu 4 et du calculateur de test en vol 8, ce qui est très peu probable.
- [0050] Grâce au module de stockage d'énergie 3, toutes les fonctions contribuant à fournir la

puissance peuvent être testées indépendamment de la présence du réseau électrique d'aéronef 1. Il suffit de stocker un minimum d'énergie dans le module de stockage d'énergie 3 pour réaliser le test.

- [0051] Le procédé comporte une étape de test E2 consistant à activer le module de conversion continu-continu 4 et à lui fournir une tension de consigne en entrée afin de vérifier que la tension de sortie est conforme au rapport de conversion prédéterminé du module de conversion continu-continu 4.
- [0052] A titre d'exemple, la tension de consigne d'entrée est une tension nulle et il est vérifié que la tension de sortie du module de conversion continu-continu 4 est nulle. Si la tension de sortie est non-nulle, le système de commande 10 est considéré comme défectueux POK. Une telle étape de test E2 permet avantageusement de détecter tout dysfonctionnement interne du module de conversion continu-continu 4.
- [0053] De manière préférée, plusieurs valeurs de tension de consigne d'entrée peuvent être testées de manière successive afin de s'assurer du bon fonctionnement du module de conversion continu-continu 4 sur sa plage de tension. De préférence, le calculateur de test 8 émet des commandes impulsionnelles au module de conversion continu-continu 4 pour modifier la tension de consigne d'entrée. Cette étape peut être réalisée de manière itérative. De manière avantageuse, cela permet de contrôler le module de conversion continu-continu 4 mais également le calculateur de test 8.
- [0054] Une telle étape de test E2 permet de vérifier le fonctionnement du module de conversion continu-continu 4 sur sa plage de fonctionnement.
- [0055] De préférence, le module de conversion continu-continu 4 est configuré pour réguler la tension entre son entrée et sa sortie. La tension de sortie, qui est fournie au module de conversion continu-alternatif 5, est avantageusement de très faible valeur (quelques Volts), ce qui garantit que la tension appliquée au module de conversion continu-alternatif 5 est insuffisante pour générer des courants (et donc du couple) dans le moteur électrique 6. L'actionneur 7 a ainsi une probabilité très faible d'être déplacé.
- [0056] Au cours de cette étape de test E2, un actionnement accidentel ne peut survenir qu'en cas de défaut simultané du module de conversion continu-alternatif 5, de l'alimentation du module de conversion continu-alternatif 5, du module de conversion continu-continu 4 et du calculateur de test en vol 8, ce qui est très peu probable.
- [0057] Le procédé comporte une étape de test E3 consistant à activer le module de conversion continu-alternatif 5, fermer l'ensemble des transistors bas, ouvrir l'ensemble des transistors hauts et émettre une première commande impulsionnelle d'entrée. Cela permet de vérifier que le module de conversion continu-alternatif 5 ne génère pas de tension dans la configuration « état bas ». En effet, dans cette configuration du pont de transistors du module de conversion continu-alternatif 5, aucune tension ne doit être transmise.

- [0058] De manière préférée, préalablement à l'envoi d'une commande impulsioonelle d'entrée, il est vérifié que la tension du module de conversion continu-continu 4 est nulle suite à l'activation du module de conversion continu-alternatif 5.
- [0059] De préférence, le calculateur de test 8 émet la première commande impulsioonelle via le module de conversion continu-continu 4, préalablement testé. La mesure des tensions sur chacune des phases du module de conversion continu-alternatif 5 permet de vérifier la bonne commutation de chacun des bras.
- [0060] Le procédé comporte une étape de test E4 consistant à activer le module de conversion continu-alternatif 5, fermer l'ensemble des transistors hauts, ouvrir l'ensemble des transistors bas et émettre une deuxième commande impulsioonelle d'entrée. Cela permet de vérifier que le module de conversion continu-alternatif 5 transmet la tension du module de conversion continu-continu 4. En effet, dans cette configuration « état haut » du pont de transistors du module de conversion continu-alternatif 5, la tension en entrée du module de conversion continu-alternatif 5 est égale à sa tension de sortie.
- [0061] De manière analogue à précédemment, le calculateur de test 8 émet une deuxième commande impulsioonelle via le deuxième convertisseur continu-continu 4, préalablement testé.
- [0062] Au cours de ces étapes de test E4, un actionnement accidentel ne peut survenir qu'en cas de défaut simultané du module de conversion continu-alternatif 5, d'erreur de commande impulsioonelle et d'erreur de commande du pont de transistors, ce qui est très peu probable.
- [0063] De manière optionnelle, le procédé comporte une étape de test E5 consistant à fermer l'ensemble des transistors hauts, fermer l'ensemble des transistors bas et émettre une troisième commande impulsioonelle d'entrée. Cela permet de vérifier que le module de conversion continu-alternatif 5 est protégé contre les sur-courants.
- [0064] De manière optionnelle, le procédé comporte une étape de test consistant à mesurer les courants du pont de transistors, en particulier, en pied du pont de transistors afin de détecter tout dysfonctionnement.
- [0065] Lorsque l'ensemble des tests a été réalisé, il est considéré que le système de commande 10 est opérationnel OK. Ainsi, lors de l'atterrissage de l'aéronef, la probabilité que l'actionneur 7 s'ouvre suite à une commande du pilote est certaine, ce qui assure une sécurité optimale.
- [0066] De manière préférée, les courants de phase du moteur électrique 6 sont constamment mesurés pour s'assurer de l'absence de couple dans le moteur électrique 6. Si un des courants mesurés n'est pas de valeur nulle, le module de conversion continu-continu 4 impose immédiatement une tension de sortie nulle afin de stopper l'alimentation du module de conversion continu-alternatif 5.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de test en vol d'un système de commande (10) d'au moins un actionneur (7) d'une turbomachine d'aéronef comprenant un moteur électrique (6) configuré pour déplacer l'actionneur (7) et un dispositif de puissance (DP) alimentant le moteur électrique (6) afin de le commander, le dispositif de puissance (DP) comprenant au moins un module de stockage d'énergie (3) configuré pour être chargé par un réseau électrique d'aéronef (1), un module de conversion continu-continu (4) configuré pour être alimenté par le module de stockage d'énergie (3), le module de conversion continu-continu (4) ayant un rapport de conversion prédéterminé, un module de conversion continu-alternatif (5) relié au moteur électrique (6) configuré pour être alimenté par le module de conversion continu-continu (4), le module de conversion continu-alternatif (5) comportant un pont de transistors, comprenant des transistors hauts et des transistors bas, et un calculateur de test en vol (8), le procédé comprenant des étapes consistant à :

- (E1) comparer la tension aux bornes du module de stockage d'énergie (3) à la tension aux bornes du module de conversion continu-continu (4) afin de vérifier qu'elles sont égales,
- (E2) activer le module de conversion continu-continu (4) et lui fournir une tension de consigne en entrée afin de vérifier que la tension de sortie est conforme au rapport de conversion prédéterminé du module de conversion continu-continu (4),
- (E3) activer le module de conversion continu-alternatif (5), fermer l'ensemble des transistors bas, ouvrir l'ensemble des transistors hauts et émettre une première commande impulsionnelle d'entrée afin de vérifier que la tension de sortie du module de conversion continu-alternatif (5) est nulle.

[Revendication 2]

Procédé de test en vol comprenant une étape consistant à :

- (E4) activer le module de conversion continu-alternatif (5), fermer l'ensemble des transistors hauts, ouvrir l'ensemble des transistors bas et émettre une deuxième commande impulsionnelle d'entrée afin de vérifier que la tension de sortie du module de conversion continu-alternatif (5) est égale à sa tension d'entrée fournie par le module de conversion continu-

continu (4).

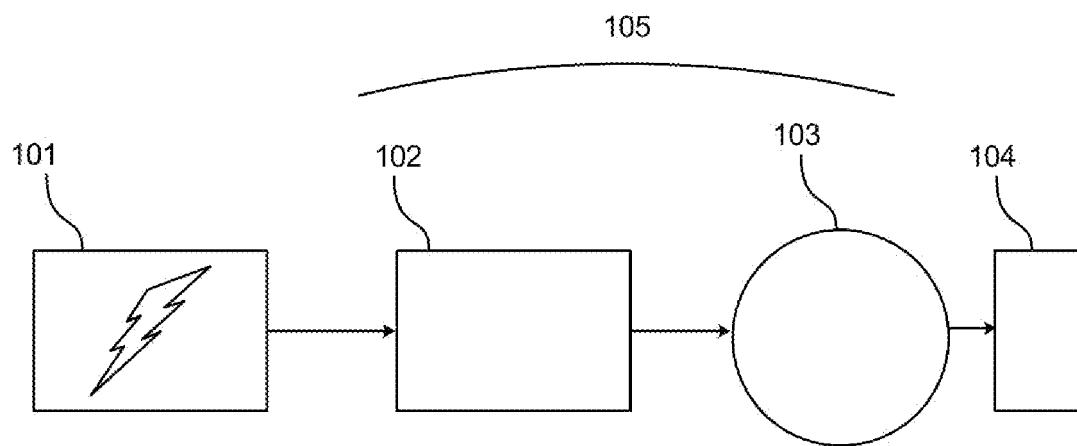
- [Revendication 3] Procédé de test en vol comprenant une étape consistant à :
- (E5) fermer l'ensemble des transistors haut, fermer l'ensemble des transistors bas et émettre une troisième commande impulsionnelle d'entrée afin de vérifier que le module de conversion continu-alternatif (5) est protégé contre les sur-courants.
- [Revendication 4] Procédé de test en vol selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel, au cours de l'étape (E2), la tension de consigne d'entrée est une tension nulle afin de vérifier que la tension de sortie du module de conversion continu-continu (4) est nulle.
- [Revendication 5] Procédé de test en vol selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel, le module de conversion continu-continu (4) ayant une plage de tension d'entrée de fonctionnement, au cours de l'étape (E2), plusieurs valeurs de tension de consigne d'entrée sont testées de manière successive afin de s'assurer du bon fonctionnement du module de conversion continu-continu (4) sur sa plage de tension d'entrée de fonctionnement.
- [Revendication 6] Système de commande (10) d'au moins un actionneur (7) d'une turbomachine d'aéronef comprenant un moteur électrique (6) configuré pour déplacer l'actionneur (7) et un dispositif de puissance (DP) alimentant le moteur électrique (6) afin de le commander, le dispositif de puissance (DP) comprenant :
- au moins un module de stockage d'énergie (3) configuré pour être chargé par un réseau électrique d'aéronef (1),
 - un module de conversion continu-continu (4) configuré pour être alimenté par le module de stockage d'énergie (3), le module de conversion continu-continu (4) ayant un rapport de conversion prédéterminé,
 - un module de conversion continu-alternatif (5) relié au moteur électrique (6) configuré pour être alimenté par le module de conversion continu-continu (4), le module de conversion continu-alternatif (5) comportant un pont de transistors comprenant des transistors hauts et des transistors, système de commande (10) caractérisé en ce que le dispositif de puissance (DP) comporte un calculateur de test en vol (8) configuré

pour:

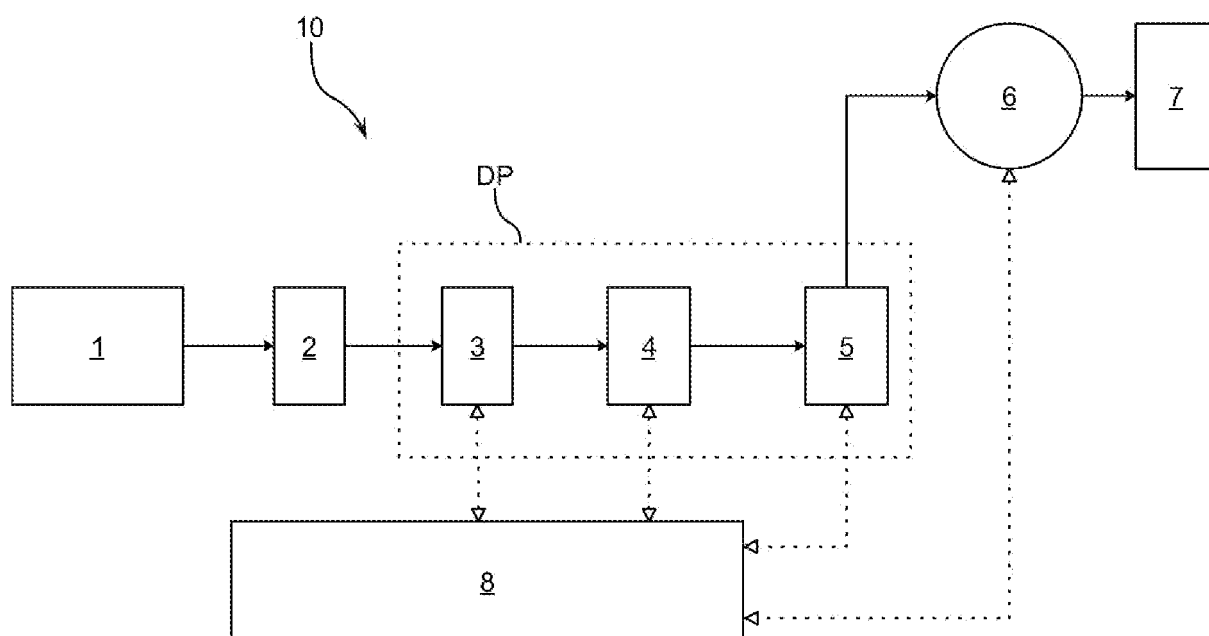
- (E1) comparer la tension aux bornes du module de stockage d'énergie (3) à la tension aux bornes du module de conversion continu-continu (4) afin de vérifier qu'elles sont égales,
- (E2) activer le module de conversion continu-continu (4) et lui fournir une tension de consigne en entrée afin de vérifier que la tension de sortie est conforme au rapport de conversion prédéterminé du module de conversion continu-continu (4),
- (E3) activer le module de conversion continu-alternatif (5), fermer l'ensemble des transistors bas, ouvrir l'ensemble des transistors hauts et émettre une première commande impulsionnelle d'entrée afin de vérifier que la tension de sortie du module de conversion continu-alternatif (5) est nulle.

- [Revendication 7] Système de commande selon la revendication 6 dans lequel le module de stockage d'énergie (3) comporte une pluralité de super capacités.
- [Revendication 8] Système de commande selon l'une des revendications 6 à 7 dans lequel le module de conversion continu-continu (4) se présente sous la forme d'un convertisseur à double pont actif.
- [Revendication 9] Ensemble comprenant un réseau électrique d'aéronef (1), un actionneur (7) d'une turbomachine d'aéronef et un système de commande (10) selon l'une des revendications 6 à 8, alimenté par le réseau électrique d'aéronef (1), pour déplacer l'actionneur (7).
- [Revendication 10] Aéronef comprenant un ensemble selon la revendication 9.

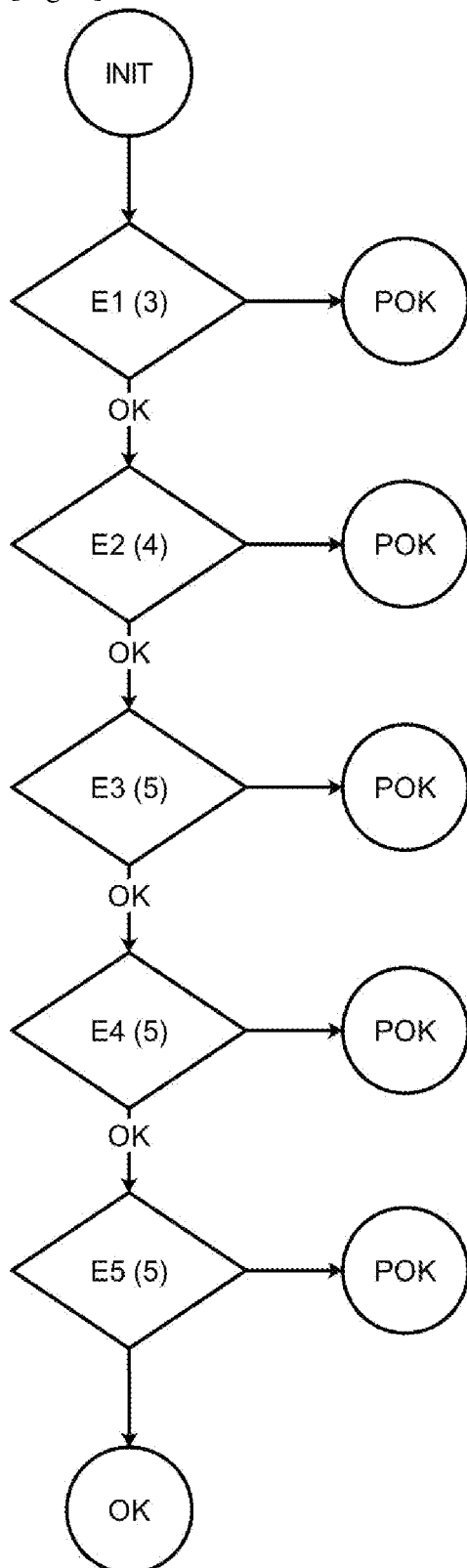
[Fig. 1]

FIG. 1

[Fig. 2]

FIG. 2

[Fig. 3]

**FIG. 3**

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 907290
FR 2203501

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	FR 3 045 837 A1 (AIRCELLE SA [FR]) 23 juin 2017 (2017-06-23) * figures * * revendications * * page 4, ligne 27 – page 9, ligne 34 * -----	1-10	G01R31/40 G01R31/30
A	FR 3 067 121 A1 (SAFRAN NACELLES [FR]) 7 décembre 2018 (2018-12-07) * figures * * revendications * * page 7, ligne 13 – page 12, ligne 12 * -----	1-10	
A	US 2019/186416 A1 (SEKA FLORIAN BONI [FR]) 20 juin 2019 (2019-06-20) * figures * * revendications * * alinéas [0042] – [0062] * -----	1-10	
A	FR 3 074 917 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; INST POLYTECHNIQUE GRENOBLE [FR]) 14 juin 2019 (2019-06-14) * figures * * revendications * * page 8, ligne 24 – page 13, ligne 26 * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01R
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
12 janvier 2023		Moulara, Guilhem	
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 2203501 FA 907290**

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 **12-01-2023**
 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
FR 3045837 A1	23-06-2017	FR 3045837 A1	23-06-2017
		WO 2017103459 A1	22-06-2017
FR 3067121 A1	07-12-2018	EP 3635423 A1	15-04-2020
		FR 3067121 A1	07-12-2018
		US 2020110137 A1	09-04-2020
		WO 2018224760 A1	13-12-2018
US 2019186416 A1	20-06-2019	CN 109642927 A	16-04-2019
		EP 3504556 A1	03-07-2019
		FR 3055418 A1	02-03-2018
		US 2019186416 A1	20-06-2019
		WO 2018037182 A1	01-03-2018
FR 3074917 A1	14-06-2019	AUCUN	