

⑫ **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ Système de distribution électrique pour aéronef et procédé associé.

②② Date de dépôt : 21.06.22.

③③ Priorité :

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN ELECTRICAL & POWER*
Société par actions simplifiée — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 22.12.23 Bulletin 23/51.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 31.05.24 Bulletin 24/22.

⑦② Inventeur(s) : CHAPERON Vincent et GIRAULT
Florence.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

⑦③ Titulaire(s) : *SAFRAN ELECTRICAL & POWER*
Société par actions simplifiée.

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦④ Mandataire(s) : ARGYMA.



Description

Titre de l'invention : Système de distribution électrique pour aéronef et procédé associé

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne un système de distribution électrique configuré pour alimenter une pluralité de moteurs électriques de propulsion pour un aéronef à partir d'une pluralité de sources électriques. La présente invention vise en particulier un système de distribution électrique ségrégué permettant d'assurer la propulsion de l'aéronef en cas de défaut d'une des sources électriques.
- [0002] Le changement climatique est une préoccupation majeure pour de nombreux organes législatifs et de régulation à travers le monde. En effet, diverses restrictions sur les émissions de carbone ont été, sont ou seront adoptées par divers états. En particulier, une norme ambitieuse s'applique à la fois aux nouveaux types d'avions mais aussi ceux en circulation nécessitant de devoir mettre en œuvre des solutions technologiques afin de les rendre conformes aux réglementations en vigueur. L'aviation civile se mobilise depuis maintenant plusieurs années pour apporter une contribution à la lutte contre le changement climatique.
- [0003] Les efforts de recherche technologique ont déjà permis d'améliorer de manière très significative les performances environnementales des avions. La Déposante prend en considération les facteurs impactant dans toutes les phases de conception et de développement pour obtenir des composants et des produits aéronautiques moins énergivores, plus respectueux de l'environnement et dont l'intégration et l'utilisation dans l'aviation civile ont des conséquences environnementales modérées dans un but d'amélioration de l'efficacité énergétique des avions.
- [0004] Par voie de conséquence, la Déposante travaille en permanence à la réduction de son incidence climatique négative par l'emploi de méthodes et l'exploitation de procédés de développement et de fabrication vertueux et minimisant les émissions de gaz à effet de serre au minimum possible pour réduire de l'empreinte environnementale de son activité.
- [0005] Ces travaux de recherche et de développement soutenus portent à la fois sur les nouvelles générations de moteurs d'avions et l'emploi des technologies électriques pour assurer la propulsion.
- [0006] De manière connue, en référence à la [Fig.1], un aéronef comporte quatre moteurs électriques M11-M14 pour permettre sa propulsion qui sont alimentés par deux batteries électriques B11, B12 via un système de distribution électrique 100. Dans cet exemple, le système de distribution électrique 100 comporte un premier commutateur

électrique C11 relié d'une part à la première batterie électrique B11 et, d'autre part, à deux moteurs de propulsion M11, M12. Le système de distribution électrique 100 comporte en outre un deuxième commutateur électrique C12 relié, d'une part, à la deuxième batterie électrique B12 et, d'autre part, à deux autres moteurs de propulsion M13, M14.

[0007] De manière connue, chaque batterie électrique B11, B12 possède une grande puissance pour alimenter les moteurs M11-M14. Cela impose d'utiliser des câbles spécifiques onéreux entre une batterie électrique B11, B12 et son commutateur associé C11, C12, ce qui présente un inconvénient sur le plan économique. De plus, pour des tensions électriques élevées, le risque d'apparition d'un défaut électrique est plus grand (arc électrique, etc.).

[0008] Par ailleurs, afin d'assurer l'alimentation des moteurs électrique M11-M14 en cas d'un défaut localisé, il a été proposé d'utiliser un système de distribution électrique 100 ayant une architecture dite « ségréguée », c'est-à-dire, permettant aux batteries électriques B11, B12 de prendre le relais l'une de l'autre en cas de défaut en isolant une ou plusieurs lignes électriques du système de distribution électrique 100. Ainsi, le premier commutateur C11 est relié à la deuxième batterie électrique B12 par une première ligne électrique de reconfiguration R1. De manière analogue, le deuxième commutateur C12 est relié à la première batterie électrique B11 par une deuxième ligne électrique de reconfiguration R2. Les lignes électriques de reconfiguration R1, R2 sont de préférence unidirectionnelles et ne permettent une circulation du courant que dans une seule direction afin d'éviter l'apparition de pannes simultanées. Ces lignes de reconfiguration R1, R2 imposent également d'utiliser des câbles spécifiques onéreux, ce qui présente également un inconvénient.

[0009] L'invention vise ainsi à éliminer au moins certains de ces inconvénients.

PRESENTATION DE L'INVENTION

[0010] L'invention concerne un système de distribution électrique configuré pour alimenter au moins un premier moteur électrique et un deuxième moteur électrique à partir d'au moins une première source électrique et d'une deuxième source électrique, chaque moteur électrique étant un moteur de propulsion d'un aéronef, chaque moteur électrique comprenant au moins une première étoile électrique et une deuxième étoile électrique configurées pour être alimentées de manière indépendante, chaque source électrique ayant une puissance nominale définie, chaque source électrique comprenant au moins une première sortie d'alimentation et une deuxième sortie d'alimentation ayant une puissance élémentaire définie inférieure à la puissance nominale définie, le système de distribution électrique comportant :

- Au moins un premier commutateur et un deuxième commutateur, chaque

- commutateur étant associé à une source électrique et à un moteur électrique,
- Chaque commutateur comprenant au moins un premier bus d'alimentation et un deuxième bus d'alimentation configurés pour alimenter respectivement la première étoile électrique et la deuxième étoile électrique du moteur électrique associé au commutateur,
- Le premier bus d'alimentation et le deuxième bus d'alimentation de chaque commutateur étant configurés pour être alimentés respectivement par la première sortie d'alimentation et par la deuxième sortie d'alimentation de la source électrique associée au commutateur, les bus d'alimentation étant alimentés de manière indépendante à la puissance élémentaire,
- Au moins une ligne électrique de reconfiguration reliant le premier commutateur au deuxième commutateur, la ligne électrique de reconfiguration comportant au moins un interrupteur de reconfiguration configuré pour être activé en position fermée en cas de défaut d'une des sources électriques.

[0011] Grâce à l'invention, la puissance nominale d'une source électrique peut avantageusement être répartie sur plusieurs bus d'alimentation afin d'alimenter plusieurs étoiles électriques d'un moteur électrique de manière ségréguée. La redondance du système de distribution est ainsi améliorée. En outre, les bus de d'alimentation sont reliés par des lignes électriques traditionnelles et il n'est pas nécessaire de prévoir des lignes électriques spécifiques dédiées à la grande puissance qui sont onéreuses et sujettes à des défauts électriques.

[0012] De manière préférée, le système de distribution électrique comprend au moins une ligne d'alimentation de parking, reliée à ligne électrique de reconfiguration, configurée pour permettre la recharge des sources électriques via les commutateurs reliés à la ligne électrique de reconfiguration. De manière avantageuse, les sources électriques peuvent être rechargées de manière pratique en tirant partie de la ligne de reconfiguration pour permettre une recharge commune des sources électriques.

[0013] De manière préférée, la ligne électrique de reconfiguration comporte au moins deux interrupteurs de reconfiguration, la ligne d'alimentation de parking étant reliée entre les deux interrupteurs de reconfiguration. Ainsi, la commande des interrupteurs de configuration permet de recharger l'une ou l'autre des sources électriques ou les deux de manière simultanée.

[0014] De préférence, chaque bus d'alimentation est configuré pour être alimenté par une sortie d'alimentation via une ligne électrique de source. Selon un aspect, chaque ligne électrique de source comporte au moins un interrupteur source de manière à permettre d'isoler la sortie d'alimentation.

[0015] Selon un autre aspect, chaque ligne source est exempte d'interrupteur source. Le bus d'alimentation étant relié de manière directe, ce qui permet de réduire le nombre

d'interrupteurs. L'isolation électrique est réalisée directement par le bus d'alimentation qui peut être inactivé.

- [0016] De manière préférée, chaque bus d'alimentation est configuré pour alimenter une étoile électrique via une ligne électrique de charge. Chaque ligne électrique de charge comporte au moins un dispositif électrique de gestion configuré pour permettre, d'une part, une alimentation électrique de l'étoile électrique par le bus d'alimentation associé et, d'autre part, une alimentation électrique du bus d'alimentation par l'étoile électrique associée.
- [0017] De préférence, le dispositif électrique de gestion comporte au moins deux paires d'interrupteurs commandables de manière coordonnée. Au moins un des interrupteurs commandables est configuré pour limiter les appels de courant lors d'une commutation.
- [0018] De préférence, le système de distribution comprend un convertisseur monté entre un commutateur et son moteur électrique associé. Cela permet une alimentation avec un courant alternatif des étoiles électriques du moteur électrique via une source électrique continue.
- [0019] De préférence, les bus d'alimentation d'un même commutateur sont isolés les uns des autres. Cela permet avantageusement de limiter les interrupteurs en privilégiant une ségrégation au sein d'un même commutateur.
- [0020] De préférence, le système de distribution comprend uniquement deux bus d'alimentation par commutateur.
- [0021] L'invention concerne également une architecture électrique pour aéronef comprenant au moins un premier moteur électrique et un deuxième moteur électrique, au moins une première source électrique et une deuxième source électrique, chaque moteur électrique étant un moteur de propulsion d'un aéronef, chaque moteur électrique comprenant au moins une première étoile électrique et une deuxième étoile électrique configurées pour être alimentées de manière indépendante, chaque source électrique ayant une puissance nominale définie, chaque source électrique comprenant au moins une première sortie d'alimentation et une deuxième sortie d'alimentation ayant une puissance élémentaire définie inférieure à la puissance nominale définie, l'architecture comprenant au moins un système de distribution électrique, tel que présenté précédemment, alimentant les moteurs électriques à partir des sources électriques.
- [0022] De préférence, la somme des puissances élémentaires des sorties d'alimentation d'une source électrique est supérieure à la puissance nominale de ladite source électrique. Ainsi, en cas de défaut d'une sortie d'alimentation et/ou d'un bus d'alimentation, plus de 50% de la puissance peut transiter via une sortie d'alimentation (dans le cas de deux sorties d'alimentation). Cela permet d'alimenter plusieurs étoiles électriques tout en conservant des lignes électriques traditionnelles. De préférence, la

puissance nominale est d'au moins 400 kW. De manière préférée, la puissance élémentaire est inférieure à 300 kW, de préférence, supérieure à 200 kW.

[0023] De préférence, l'architecture comprend uniquement deux sources électriques.

[0024] L'invention concerne un procédé d'alimentation d'au moins un premier moteur électrique et d'un deuxième moteur électrique à partir d'au moins une première source électrique et d'une deuxième source électrique via un système de distribution électrique tel que présenté précédemment, chaque moteur électrique étant un moteur de propulsion d'un aéronef, chaque moteur électrique comprenant au moins une première étoile électrique et une deuxième étoile électrique configurées pour être alimentées de manière indépendante, chaque source électrique ayant une puissance nominale définie, chaque source électrique comprenant au moins une première sortie d'alimentation et une deuxième sortie d'alimentation ayant une puissance élémentaire définie inférieure à la puissance nominale définie, la sources électriques étant opérationnelles, l'interrupteur de reconfiguration étant ouvert de manière à isoler électriquement les commutateurs, le procédé d'alimentation comportant des étapes consistant à :

- Pour chaque commutateur, alimenter respectivement le premier bus d'alimentation et le deuxième bus d'alimentation par la première sortie d'alimentation et par la deuxième sortie d'alimentation de la source électrique associée au commutateur,
- Pour chaque commutateur, alimenter respectivement la première étoile électrique et la deuxième étoile électrique du moteur électrique associé au commutateur par le premier bus d'alimentation et le deuxième bus d'alimentation associés au commutateur,
- En cas de défaut d'une des sources électriques, fermer l'interrupteur de reconfiguration pour relier électriquement les commutateurs.

[0025] L'invention s'applique également à un procédé de recharge des sources électriques par les moteurs via le système de distribution, le procédé de recharge comportant des étapes consistant à :

- Pour chaque commutateur, alimenter respectivement le premier bus d'alimentation et le deuxième bus d'alimentation par la première étoile électrique et la deuxième étoile électrique du moteur électrique associée au commutateur,
- Pour chaque commutateur, alimenter respectivement la première sortie d'alimentation et par la deuxième sortie d'alimentation de la source électrique associé au commutateur par le premier bus d'alimentation et le deuxième bus d'alimentation associés au commutateur.

PRESENTATION DES FIGURES

- [0026] 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.
- [0027] La [Fig.1] est une représentation schématique d'un système de distribution électrique avec une architecture ségréguée selon l'art antérieur.
- [0028] La [Fig.2] est une représentation schématique d'un système de distribution électrique avec une architecture ségréguée selon une première forme de réalisation de l'invention.
- [0029] La [Fig.3] est une représentation schématique d'un système de distribution électrique avec une architecture ségréguée selon une deuxième forme de réalisation de l'invention.
- [0030] La [Fig.4] est une représentation schématique d'un système de distribution électrique avec une architecture ségréguée selon une troisième forme de réalisation de l'invention.
- [0031] 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

- [0032] Il va dorénavant être présenté un aéronef comprenant une architecture électrique afin d'assurer la propulsion de l'aéronef.
- [0033] En référence à la [Fig.2], il est représenté une architecture électrique comportant un premier moteur électrique M1 et un deuxième moteur électrique M2 pour la propulsion de l'aéronef. L'invention s'applique néanmoins à plus de deux moteurs électriques M1, M2, notamment quatre ou six. Chaque moteur électrique M1, M2 comprend au moins une première étoile électrique M1A, M2A et une deuxième étoile électrique M1B, M2B configurées pour être alimentées de manière indépendante. Les étoiles électriques forment ensemble un stator d'un moteur électrique M1, M2. De manière préférée, le premier moteur électrique M1 comporte uniquement une première étoile électrique M1A et une deuxième étoile électrique M1B. De manière analogue, le deuxième moteur électrique M2 comporte uniquement une première étoile électrique M2A et une deuxième étoile électrique M2B. Dans cet exemple, les étoiles électriques d'un moteur électrique M1, M2 permettent de générer des champ magnétiques indépendants de manière à entraîner un rotor d'un moteur électrique M1, M2. L'utilisation d'un moteur électrique M1, M2 comprenant plusieurs étoiles électriques permet d'augmenter la reconfiguration en permettant à un rotor d'un moteur électrique M1, M2 d'être entraîné par un ou plusieurs champs magnétiques générés par des étoiles électriques différentes. L'utilisation de tels moteurs électriques M1, M2 permet avantageusement un fonc-

tionnement selon un mode dégradé comme cela sera présenté par la suite.

- [0034] Afin d'alimenter les moteurs électriques M1, M2, toujours en référence à la [Fig.2], l'architecture électrique comporte une première source électrique B1 et une deuxième source électrique B2. Il est préféré d'utiliser uniquement deux sources électriques B1, B2 mais l'invention s'applique néanmoins à plus de deux sources électriques B1, B2, notamment quatre.
- [0035] Chaque source électrique B1, B2 a une puissance nominale définie P_{nom} . De manière préférée, chaque source électrique B1, B2 est une batterie électrique ou une pile à combustible ayant une haute tension, en particulier, de l'ordre de 800Vdc. De préférence, la puissance nominale P_{nom} est de l'ordre 400 kW.
- [0036] Toujours en référence à la [Fig.2], chaque source électrique B1, B2 comprend une première sortie d'alimentation B1A, B2A et une deuxième sortie d'alimentation B1B, B2B ayant une puissance élémentaire définie P_{ele} qui est inférieure à la puissance nominale définie P_{nom} . Il est préféré d'utiliser uniquement deux sorties d'alimentation par source électrique B1, B2 mais l'invention s'applique néanmoins à plus de deux sorties d'alimentation. L'utilisation de plusieurs sorties d'alimentation permet de répartir la puissance nominale P_{nom} de la source électrique B1, B2 et ainsi de transmettre des puissances élémentaires P_{ele} qui sont plus faibles et plus simples à transmettre avec des lignes électriques traditionnelles.
- [0037] De manière préférée, la somme des puissances élémentaires P_{ele} d'une source électrique B1, B2 est supérieure à la puissance nominale P_{nom} de ladite source électrique B1, B2 ($P_{ele} > P_{nom}$). Ainsi, en cas de défaut d'une sortie d'alimentation, l'autre ou les autres sorties d'alimentation permettent de conduire une quantité importante de puissance pour alimenter les moteurs électriques M1, M2. La propulsion demeure ainsi satisfaisante selon un mode dégradé. Dans cet exemple, la puissance élémentaire P_{ele} est supérieure à 200 kW, de préférence, inférieure à 300 kW, de préférence encore, égale à 250 kW. Cela permet de transmettre plus de la moitié de la puissance nominale P_{nom} via une unique sortie d'alimentation tout en utilisant des lignes électriques traditionnelles.
- [0038] De manière préférée, chaque moteur électrique M1, M2 est configuré pour être alimenté à la puissance nominale P_{nom} , dans cet exemple, 400 kW.
- [0039] Selon l'invention, l'architecture électrique comporte un système de distribution électrique 1 configuré pour assurer le transfert de puissance électrique entre les sources électriques B1, B2 et les moteurs électriques M1, M2. Ce transfert d'énergie est de préférence bidirectionnel pour permettre la recharge des sources électriques B1, B2 via les moteurs électriques M1, M2 (fonctionnement générateur).
- [0040] En référence à la [Fig.2], le système de distribution électrique 1 comprend un premier commutateur C1 et un deuxième commutateur C2, chaque commutateur C1, C2 étant

associé à une source électrique B1, B2 et à un moteur électrique M1, M2. En particulier, le premier commutateur C1 est associé à la première source électrique B1 et au premier moteur électrique M1. Le deuxième commutateur C2 est associé à la deuxième source électrique B2 et au deuxième moteur électrique M2. Il existe de préférence autant de commutateurs que de batteries électriques.

- [0041] Dans cet exemple, un convertisseur CONV1, CONV2 est monté entre chaque commutateur C1, C2 et son moteur électrique M1, M2 associé. Chaque convertisseur CONV1, CONV2 est de préférence du type continu-alternatif. En référence à la [Fig.2], chaque convertisseur CONV1, CONV2 est indépendant du moteur électrique M1, M2 et extérieur au système de distribution électrique 1. Chaque convertisseur CONV1, CONV2 pourrait être directement intégré audit moteur électrique M1, M2. Par ailleurs, chaque convertisseur CONV1, CONV2 pourrait appartenir directement au système de distribution électrique 1.
- [0042] Dans cet exemple, chaque commutateur C1, C2 comprend un premier bus d'alimentation BUS1A, BUS1B et un deuxième bus d'alimentation BUS2A, BUS2B configurés pour alimenter respectivement la première étoile électrique M1A, M2A et la deuxième étoile électrique M1B, M2B du moteur électrique M1, M2 associé au commutateur C1, C2. Il est préféré d'utiliser deux bus d'alimentation par commutateur mais l'invention s'applique néanmoins à plus de deux bus d'alimentation. Le nombre de bus d'alimentation est de préférence le même que le nombre de sorties d'alimentation de la source électrique B1, B2 associée et que le nombre d'étoiles électrique du moteur électrique associé M1, M2 de manière à maximiser la puissance distribuée.
- [0043] Le premier bus d'alimentation BUS1A, BUS1B et le deuxième bus d'alimentation BUS2A, BUS2B de chaque commutateur C1, C2 sont configurés pour être alimentés respectivement par la première sortie d'alimentation B1A, B2A et par la deuxième sortie d'alimentation B1B, B2B de la source électrique B1, B2 associée au commutateur C1, C2. Ainsi, les bus d'alimentation BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B sont alimentés de manière indépendante. Les bus d'alimentation BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B sont alimentés à la puissance élémentaire P_{ele} .
- [0044] En référence à la [Fig.2], chaque bus d'alimentation BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B est configuré pour alimenter une étoile électrique M1A, M1B, M2A, M2B via une ligne électrique de charge LC. Dans cet exemple, afin de permettre un transfert d'énergie bidirectionnel, chaque ligne électrique de charge LC comporte au moins un dispositif électrique de gestion DG configuré pour permettre, d'une part, une alimentation électrique de l'étoile électrique M1A, M1B, M2A, M2B par le bus d'alimentation associé BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B et, d'autre part, une alimentation électrique du bus d'alimentation BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B par l'

étoile électrique associée M1A, M1B, M2A, M2B. De manière préférée, chaque dispositif électrique de gestion DG comporte au moins deux paires d'interrupteurs commandables de manière coordonnée. Chaque ligne électrique de charge LC est dimensionnée pour transmettre la puissance élémentaire P_{ele} . Cela permet avantageusement d'utiliser des lignes électriques traditionnelles.

- [0045] De même, toujours en référence à la [Fig.2], chaque bus d'alimentation BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B est configuré pour être alimenté par une sortie d'alimentation B1A, B2A, B1B, B2B via une ligne électrique de source LS. Chaque ligne électrique de source LS est dimensionnée pour transmettre la puissance élémentaire P_{ele} . Cela permet avantageusement d'utiliser des lignes électriques traditionnelles.
- [0046] Dans cet exemple, chaque bus d'alimentation BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B est associé à un module de surveillance et d'isolation K1A, K1B, K2A, K2B afin de permettre d'isoler un bus d'alimentation BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B en cas de défaut.
- [0047] En référence à la [Fig.2], le système de distribution électrique 1 comprend une ligne électrique de reconfiguration LR1 reliant le premier commutateur C1 au deuxième commutateur C2. Dans cet exemple, la ligne électrique de reconfiguration LR1 relie les bus d'alimentation BUS1B, BUS2A comme illustré à la [Fig.2].
- [0048] La ligne électrique de reconfiguration LR1 comporte au moins un interrupteur de reconfiguration I1 configuré pour être activé en position fermée en cas de défaut d'une des sources électriques B1, B2. Cela permet avantageusement de rendre indépendant les commutateurs C1, C2, par exemple, lors des opérations de recharge des sources électriques B1, B2. Cela permet en outre de relier les commutateurs C1, C2 ensemble afin de former un commutateur global pour partager la puissance reçue avec les différents moteurs électriques M1, M2.
- [0049] Lorsque le système de distribution électrique 1 comporte plus de deux commutateurs C1, C2, plusieurs lignes électriques de reconfiguration sont prévues pour permettre un transfert de puissance entre lesdits commutateurs C1, C2.
- [0050] Toujours en référence à la [Fig.2], le système de distribution électrique 1 comprend une ligne d'alimentation de parking LAP, reliée à ligne électrique de reconfiguration LR1, qui est configurée pour permettre la recharge des sources électriques B1, B2 via les commutateurs C1, C2 reliés à la ligne électrique de reconfiguration LR1. Ainsi, l'interrupteur de reconfiguration I1 peut être fermé pour permettre la recharge simultanée des deux sources électriques B1, B2. Cela est particulièrement avantageux lorsque les sources électriques B1, B2 sont des batteries électriques. La ligne d'alimentation de parking LAP est configurée pour être reliée à un dispositif d'alimentation électrique d'un aéroport, en particulier, un réseau électrique

d'alimentation EP.

[0051] Un exemple de mise en œuvre d'un procédé d'alimentation des moteurs électriques M1, M2 via le système de distribution électrique 1 va être dorénavant présenté.

[0052] Dans cet exemple, l'interrupteur de reconfiguration I1 est initialement ouvert de manière isoler électriquement les commutateurs C1, C2. Le procédé d'alimentation comporte des étapes consistant à :

- Pour chaque commutateur C1, C2, alimenter respectivement le premier bus d'alimentation BUS1A, BUS1B et le deuxième bus d'alimentation BUS2A, BUS2B par la première sortie d'alimentation B1A, B2A et par la deuxième sortie d'alimentation B1B, B2B de la source électrique B1, B2 associé au commutateur C1, C2,
- Pour chaque commutateur C1, C2, alimenter respectivement la première étoile électrique M1A, M2A et la deuxième étoile électrique M1B, M2B du moteur électrique M1, M2 associé au commutateur C1, C2 par le premier bus d'alimentation BUS1A, BUS1B et le deuxième bus d'alimentation BUS2A, BUS2B associé au commutateur C1, C2,
- En cas de défaut d'une des sources électriques B1, B2, fermer l'interrupteur de reconfiguration I1 pour relier électriquement les commutateurs C1, C2.

[0053] Ainsi, grâce au procédé selon l'invention, le système de distribution électrique 1 permet d'assurer un mode de fonctionnement dégradé dans lequel une source électrique B1, B2 permet d'alimenter les deux commutateurs C1, C2 pour alimenter les deux moteurs électriques M1, M2. L'utilisation de moteurs électriques M1, M2 ayant plusieurs étoiles permet d'utiliser un moteur électrique M1, M2 selon un mode dégradé. Cela permet à chaque moteur électrique M1, M2 de participer à la propulsion en cas de défaut d'une source électrique B1, B2. L'utilisation de plusieurs bus d'alimentation, de plusieurs étoiles électriques et de plusieurs sorties d'alimentation permet d'utiliser des sources électriques B1, B2 ayant des puissances nominales P_{nom} qui sont élevées tout en utilisant des lignes électriques traditionnelles moins sujettes à des défauts électriques et moins onéreuses.

[0054] L'invention a été présentée pour assurer l'alimentation des moteurs électriques M1, M2 mais l'invention s'applique aussi à l'utilisation des moteurs électriques M1, M2 comme générateurs de courant pour recharger les sources électriques B1, B2.

[0055] Dans la première forme de réalisation de la [Fig.2], chaque ligne électrique de source LS comporte au moins un interrupteur source IS. De préférence, chaque interrupteur de source IS est commandable et permet d'ouvrir/fermer la ligne électrique de source LS. Un interrupteur source LS peut ainsi être ouvert en cas de défaut de la sortie d'alimentation reliée à la ligne électrique de source LS.

[0056] Toujours en référence à la [Fig.1], les bus d'alimentation BUS1A, BUS1B, BUS2A,

BUS2B, d'un même commutateur C1, C2 sont reliés par une ligne électrique de liaison comportant un interrupteur de liaison Z1, Z2 de manière de permettre de les connecter électriquement ensemble de manière commandable. De tels interrupteurs peuvent être commandés par un dispositif de surveillance de manière à isoler une ou plusieurs lignes électriques afin d'isoler un défaut, par exemple, un court circuit.

- [0057] Une telle première forme de réalisation comporte de nombreux interrupteurs permettant de nombreuses possibilités de reconfiguration afin d'isoler un défaut électrique pour permettre un fonctionnement en mode dégradé.
- [0058] Il est représenté à la [Fig.3] une deuxième forme de réalisation du système de distribution électrique 1 de la [Fig.2]. Par souci de clarté et de concision, le système de distribution électrique 1 ne sera pas présenté de nouveau. Seules les différences par rapport à la première forme de réalisation vont être présentées.
- [0059] Dans la deuxième forme de réalisation de la [Fig.3], chaque ligne électrique de source LS est exempte d'interrupteur source. Autrement dit, la ligne électrique de source LS n'est pas commandable et assure une alimentation électrique directe. Cela permet avantageusement de réduire le nombre d'interrupteurs, ce qui réduit le coût et l'encombrement du système de distribution électrique 1. On réduit de manière significative la masse en limitant les possibilités de reconfiguration car l'occurrence de défaut sur une ligne électrique de source LS est faible.
- [0060] Toujours en référence à la [Fig.3], la ligne électrique de reconfiguration LR1 comprend au moins deux interrupteurs de reconfiguration I1, I2. La ligne d'alimentation de parking LAP est reliée entre les deux interrupteurs de reconfiguration I1, I2. Cela permet à la ligne d'alimentation parking LAP de recharger de manière alternative ou simultanée les sources électriques B1, B2, ce qui est avantageux en fonction du niveau de charge desdites sources électriques B1, B2. La recharge est ainsi plus flexible.
- [0061] Il est représenté à la [Fig.4] une troisième forme de réalisation du système de distribution électrique 1 de la [Fig.2]. Par souci de clarté et de concision, le système de distribution électrique 1 ne sera pas présenté de nouveau. Seules les différences par rapport à la deuxième forme de réalisation vont être présentées.
- [0062] En référence à la [Fig.4], les bus d'alimentation d'un même commutateur C1, C2 sont isolés l'un de l'autre de manière à limiter le nombre d'interrupteurs, ce qui réduit le coût et l'encombrement du système de distribution électrique 1. Ainsi, la ligne électrique de reconfiguration ne permet de relier que deux bus d'alimentation BUS1B, BUS2A de commutateurs C1, C2 différents. La recharge via la ligne d'alimentation de parking LAP n'est possible que via les deux bus d'alimentation BUS1B, BUS2A. Une telle architecture est optimisée étant donné qu'elle permet d'obtenir une distribution efficace de l'énergie électrique en utilisant des lignes électriques traditionnelles qui

sont bon marché. Par ailleurs, le nombre d'interrupteurs est réduit de manière importante, ce qui est avantageux sur le plan de la masse, de l'encombrement, de la fiabilité et de la maintenance.

Revendications

[Revendication 1]

Système de distribution électrique (1) configuré pour alimenter au moins un premier moteur électrique (M1) et un deuxième moteur électrique (M2) à partir d'au moins une première source électrique (B1) et d'une deuxième source électrique (B2), chaque moteur électrique (M1, M2) étant un moteur de propulsion d'un aéronef, chaque moteur électrique (M1, M2) comprenant au moins une première étoile électrique (M1A, M2A) et une deuxième étoile électrique (M1B, M2B) configurées pour être alimentées de manière indépendante, chaque source électrique (B1, B2) ayant une puissance nominale définie (P_{nom}), chaque source électrique (B1, B2) comprenant au moins une première sortie d'alimentation (B1A, B2A) et une deuxième sortie d'alimentation (B1B, B2B) ayant une puissance élémentaire définie (P_{ele}) inférieure à la puissance nominale définie (P_{nom}), le système de distribution électrique (1) comportant :

- Au moins un premier commutateur (C1) et un deuxième commutateur (C2), chaque commutateur (C1, C2) étant associé à une source électrique (B1, B2) et à un moteur électrique (M1, M2),
- Chaque commutateur (C1, C2) comprenant au moins un premier bus d'alimentation (BUS1A, BUS2A) et un deuxième bus d'alimentation (BUS1B, BUS2B) configurés pour alimenter respectivement la première étoile électrique (M1A, M2A) et la deuxième étoile électrique (M1B, M2B) du moteur électrique (M1, M2) associé au commutateur (C1, C2),
- Le premier bus d'alimentation (BUS1A, BUS2A) et le deuxième bus d'alimentation (BUS1B, BUS2B) de chaque commutateur (C1, C2) étant configurés pour être alimentés respectivement par la première sortie d'alimentation (B1A, B2A) et par la deuxième sortie d'alimentation (B1B, B2B) de la source électrique (B1, B2) associée au commutateur (C1, C2), les bus d'alimentation (BUS1A, BUS2A) étant alimentés de manière indépendante à la puissance élémentaire (P_{ele}),
- Au moins une ligne électrique de reconfiguration (LR1) reliant le premier commutateur (C1) au deuxième commutateur (C2), la ligne électrique de reconfiguration (LR1) comportant au moins un interrupteur de reconfiguration (I1) configuré pour

être activé en position fermée en cas de défaut d'une des sources électriques (B1, B2).

- [Revendication 2] Système de distribution électrique (1) selon la revendication 1, comprenant au moins une ligne d'alimentation de parking (LAP), reliée à ligne électrique de reconfiguration (LR1), configurée pour permettre la recharge des sources électriques (B1, B2) via les commutateurs (C1, C2) reliés à la ligne électrique de reconfiguration (LR1).
- [Revendication 3] Système de distribution électrique (1) selon la revendication 2, dans lequel la ligne électrique de reconfiguration (LR1) comporte au moins deux interrupteurs de reconfiguration (I1, I2), la ligne d'alimentation de parking (LAP) étant reliée entre les deux interrupteurs de reconfiguration (I1, I2).
- [Revendication 4] Système de distribution électrique (1) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel chaque bus d'alimentation (BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B) étant configuré pour être alimenté par une sortie d'alimentation (B1A, B2A, B1B, B2B) via une ligne électrique de source (LS), chaque ligne électrique de source (LS) comporte au moins un interrupteur source (IS).
- [Revendication 5] Système de distribution électrique (1) selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel chaque bus d'alimentation (BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B) étant configuré pour alimenter une étoile électrique (M1A, M1B, M2A, M2B) via une ligne électrique de charge (LC), chaque ligne électrique de charge (LC) comporte au moins un dispositif électrique de gestion (DG) configuré pour permettre, d'une part, une alimentation électrique de l'étoile électrique (M1A, M1B, M2A, M2B) par le bus d'alimentation associé (BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B) et, d'autre part, une alimentation électrique du bus d'alimentation (BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B) par l'étoile électrique associée (M1A, M1B, M2A, M2B).
- [Revendication 6] Système de distribution électrique (1) selon la revendication 5, dans lequel le dispositif électrique de gestion (DG) comporte au moins deux paires d'interrupteurs commandables de manière coordonnée.
- [Revendication 7] Système de distribution électrique (1) selon l'une des revendications 1 à 6, comprenant un convertisseur (CONV1, CONV2) monté entre un commutateur (C1, C2) et son moteur électrique (M1, M2) associé.
- [Revendication 8] Système de distribution électrique (1) selon l'une des revendications 1 à

7, dans lequel les bus d'alimentation (BUS1A, BUS1B, BUS2A, BUS2B) d'un même commutateur (C1, C2) sont isolés les uns des autres.

- [Revendication 9] Architecture électrique pour aéronef comprenant au moins un premier moteur électrique (M1) et un deuxième moteur électrique (M2), au moins une première source électrique (B1) et une deuxième source électrique (B2), chaque moteur électrique (M1, M2) étant un moteur de propulsion d'un aéronef, chaque moteur électrique (M1, M2) comprenant au moins une première étoile électrique (M1A, M2A) et une deuxième étoile électrique (M1B, M2B) configurées pour être alimentées de manière indépendante, chaque source électrique (B1, B2) ayant une puissance nominale définie (P_{nom}), chaque source électrique (B1, B2) comprenant au moins une première sortie d'alimentation (B1A, B2A) et une deuxième sortie d'alimentation (B1B, B2B) ayant une puissance élémentaire définie (P_{ele}) inférieure à la puissance nominale définie (P_{nom}), l'architecture comprenant au moins un système de distribution électrique (1) selon l'une des revendications 1 à 8 alimentant les moteurs électriques (M1, M2) à partir des sources électriques (B1, B2).
- [Revendication 10] Architecture selon la revendication 9 dans laquelle la somme des puissances élémentaires (P_{ele}) des sorties d'alimentation (B1A, B1B, B2A, B2B) d'une source électrique (B1, B2) est supérieure à la puissance nominale (P_{nom}) de ladite source électrique (B1, B2).
- [Revendication 11] Procédé d'alimentation d'au moins un premier moteur électrique (M1) et d'un deuxième moteur électrique (M2) à partir d'au moins une première source électrique (B1) et d'une deuxième source électrique (B2) via un système de distribution électrique (1) selon l'une des revendications 1 à 8, chaque moteur électrique (M1, M2) étant un moteur de propulsion d'un aéronef, chaque moteur électrique (M1, M2) comprenant au moins une première étoile électrique (M1A, M2A) et une deuxième étoile électrique (M1B, M2B) configurées pour être alimentées de manière indépendante, chaque source électrique (B1, B2) ayant une puissance nominale définie (P_{nom}), chaque source électrique (B1, B2) comprenant au moins une première sortie d'alimentation (B1A, B2A) et une deuxième sortie d'alimentation (B1B, B2B) ayant une puissance élémentaire définie (P_{ele}) inférieure à la puissance nominale définie (P_{nom}), la sources électriques (B1, B2) étant opérationnelles, l'interrupteur de reconfiguration (I1) étant ouvert de manière

à isoler électriquement les commutateurs (C1, C2), le procédé d'alimentation comportant des étapes consistant à :

- Pour chaque commutateur (C1, C2), alimenter respectivement le premier bus d'alimentation (BUS1A, BUS2A) et le deuxième bus d'alimentation (BUS1B, BUS2B) par la première sortie d'alimentation (B1A, B2A) et par la deuxième sortie d'alimentation (B1B, B2B) de la source électrique (B1, B2) associée au commutateur (C1, C2),
- Pour chaque commutateur (C1, C2), alimenter respectivement la première étoile électrique (M1A, M2A) et la deuxième étoile électrique (M1B, M2B) du moteur électrique (M1, M2) associé au commutateur (C1, C2) par le premier bus d'alimentation (BUS1A, BUS2A) et le deuxième bus d'alimentation (BUS1B, BUS2B) associé au commutateur (C1, C2),
- En cas de défaut d'une des sources électriques (B1, B2), fermer l'interrupteur de reconfiguration (I1) pour relier électriquement les commutateurs (C1, C2).

[Fig. 1]

100

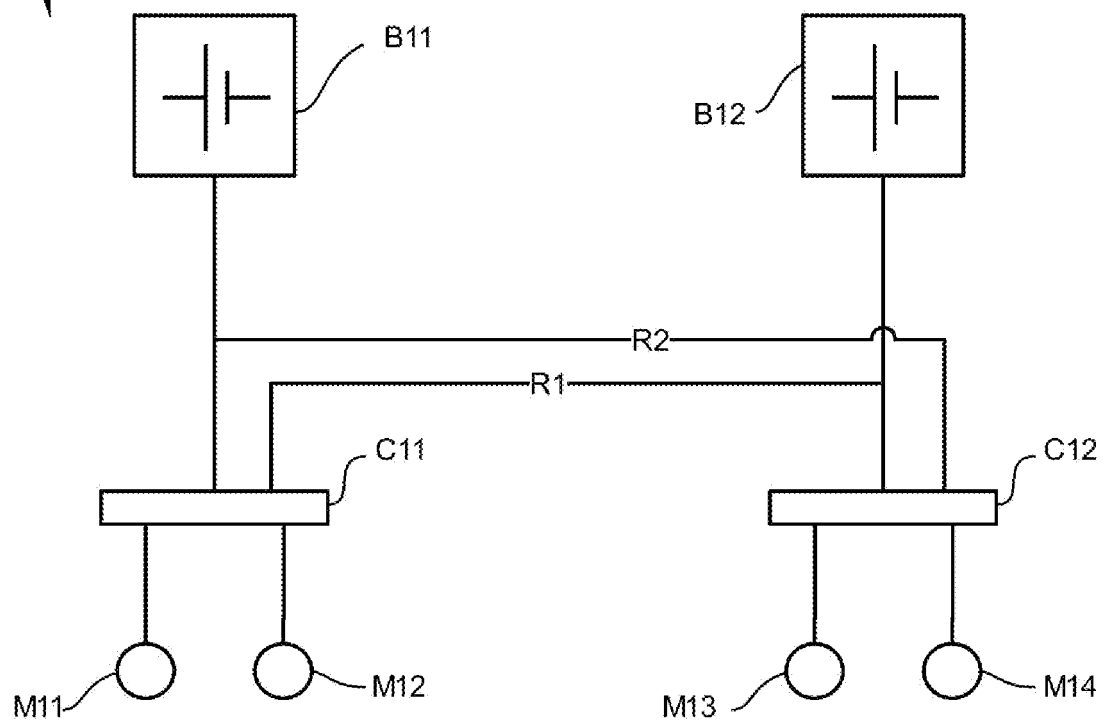
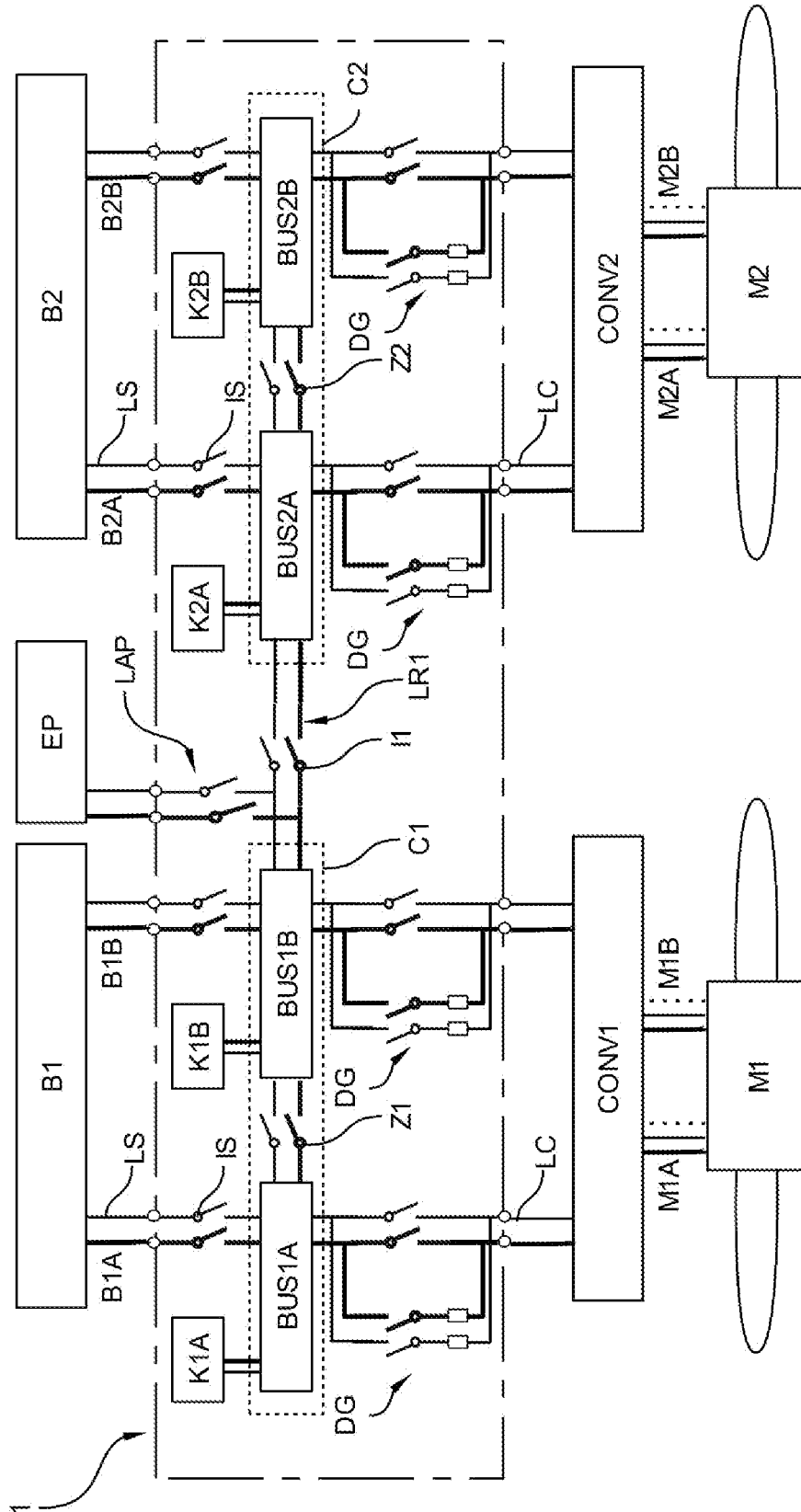


FIG. 1

[Fig. 2]

FIG. 2

[Fig. 3]

100

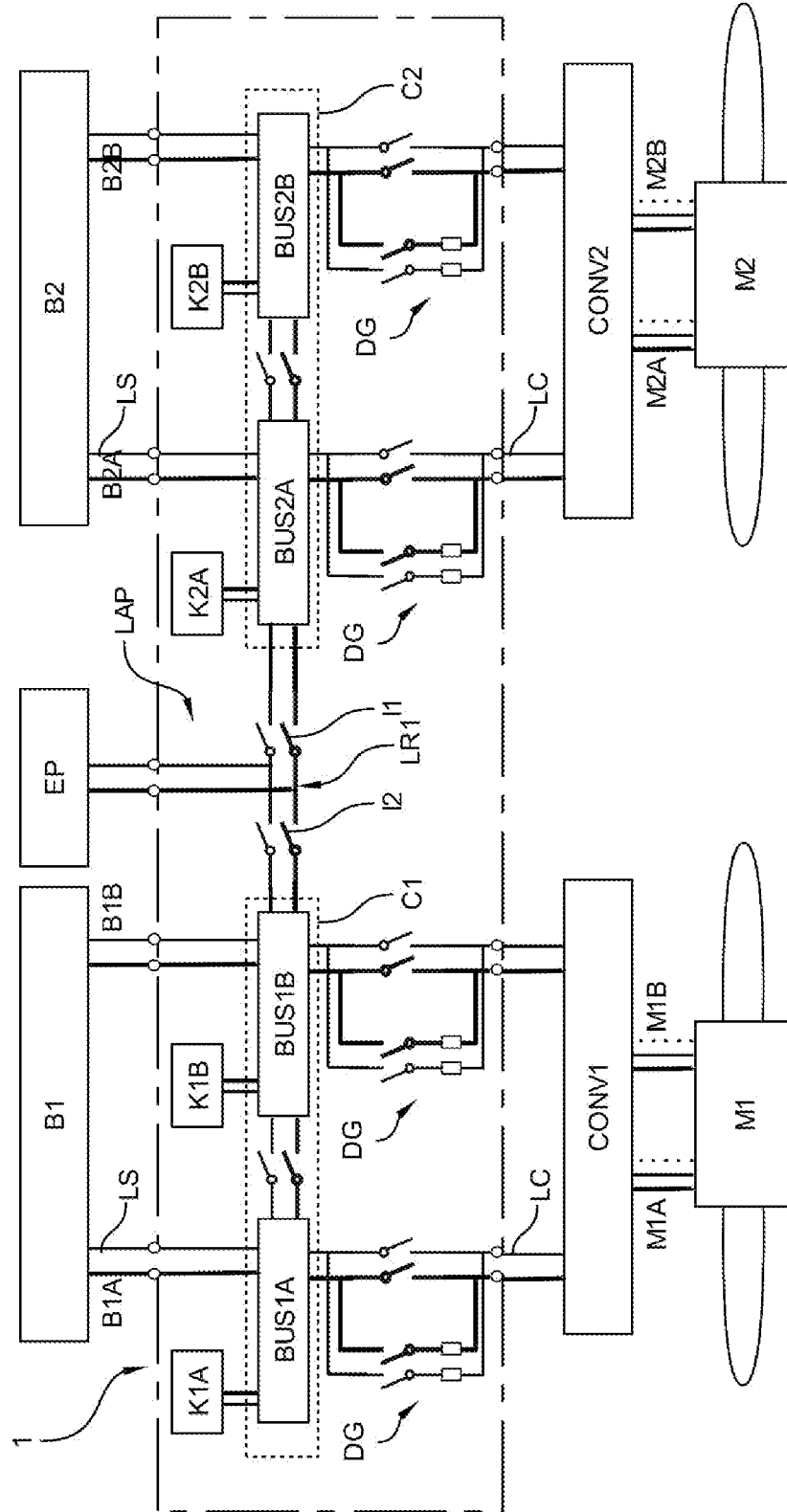


FIG. 3

[Fig. 4]

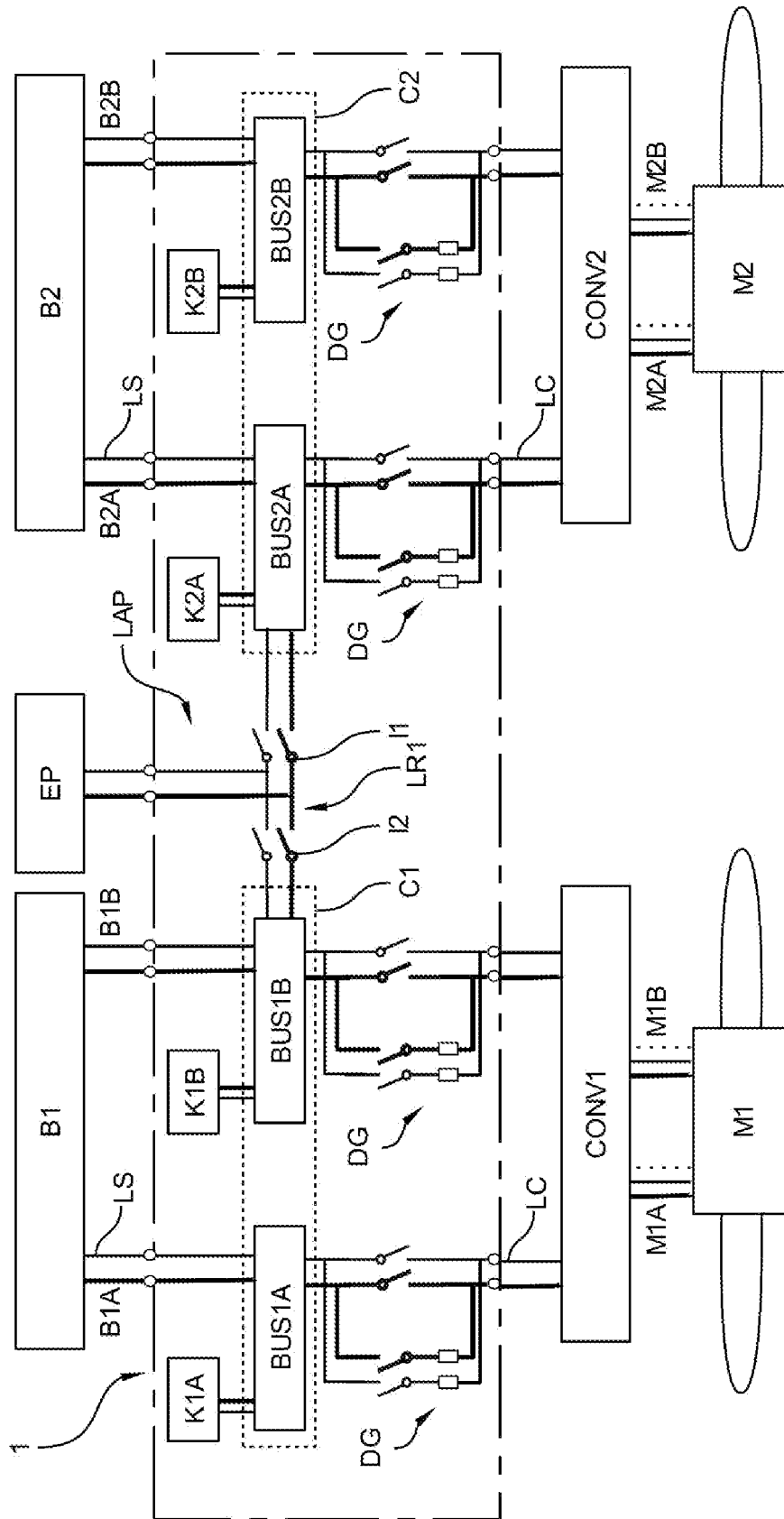


FIG. 4

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

EP 3 296 212 A1 (ROLLS ROYCE PLC [GB])
21 mars 2018 (2018-03-21)

US 2013/270902 A1 (ANDERSEN RUNE B [NO] ET
AL) 17 octobre 2013 (2013-10-17)

FR 3 065 840 A1 (AIRBUS HELICOPTERS [FR])
2 novembre 2018 (2018-11-02)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT