

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 085 153

②① N° d'enregistrement national : **18 57565**

⑤① Int Cl⁸ : **b 64 d 47/00** (2019.01), h 02 h 1/00

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE DE PROTECTION D'UNE CHARGE ASSOCIEE A UNE VOIE DE DISJONCTION D'UNE CARTE ELECTRONIQUE DE DISJONCTEURS STATIQUES.

②② Date de dépôt : 21.08.18.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.02.20 Bulletin 20/09.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 28.08.20 Bulletin 20/35.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN ELECTRICAL & POWER*
— FR.

⑦② Inventeur(s) : *CHAPERON VINCENT, LINCK BENOIT et ELMAALOUF DAMIEN.*

⑦③ Titulaire(s) : *SAFRAN ELECTRICAL & POWER.*

⑦④ Mandataire(s) : *GEVERS & ORES.*

FR 3 085 153 - B1



PROCÉDÉ DE PROTECTION D'UNE CHARGE ASSOCIÉE À UNE VOIE DE DISJONCTION D'UNE CARTE ÉLECTRONIQUE DE DISJONCTEURS STATIQUES

DOMAINE TECHNIQUE

5 L'invention concerne un procédé de protection d'une charge associée à une voie de disjonction d'une carte électronique de disjoncteurs statiques d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef.

L'invention se rapporte également à une carte électronique de disjoncteurs statiques d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef
10 incluant une fonction de protection de la charge associée à une voie de disjonction de la carte.

L'invention a également pour objet un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef incluant une telle carte électronique de disjoncteurs statiques.

15 ÉTAT DE LA TECHNIQUE

De façon connue, les charges d'un aéronef sont protégées de façon électromécanique ou électrostatique par des disjoncteurs.

Certains systèmes d'aéronef utilisent des disjoncteurs statiques en courant alternatif (AC, de l'anglais « alternative current ») ou en courant continu (DC, de
20 l'anglais « discret current »). Un tel système utilise des cartes électroniques de disjoncteurs statiques, également appelées cartes SSPC (de l'anglais « Solid State Power Controller » signifiant « contrôleur de puissance à semi-conducteurs »).

Une carte SSPC est un équipement de protection électrique qui a une fonction de protection des câbles, mais aussi de commutation des charges à distance. Ainsi, une
25 carte SSPC est un disjoncteur électronique. Une carte SSPC peut également embarquer des fonctions supplémentaires telles qu'un actionnement sur logique de commande, une détection d'arcs électriques, une mesure de courant, et une transmission d'informations à l'équipage de l'aéronef ou à un système de maintenance.

Une carte SSPC est paramétrable afin de pouvoir s'adapter à différentes
30 configurations de câblage d'un aéronef. Les paramètres d'une carte SSPC comportent

généralement des informations sur le calibre de protection I^2t (contrainte thermique), l'état par défaut ou encore l'état de consignation, par exemple la position dite d'ouverture sécurisée (de l'anglais « secure open »), ou la position de verrouillage (de l'anglais « lock »), ou encore la position ouverte (« off» en anglais).

5 Une carte SSPC comporte une pluralité de voies de disjonction pilotées par un microcontrôleur. La figure 1 représente une voie de disjonction 10 d'une carte SSPC en courant continu, dite carte SSPC DC, et la figure 2 représente une voie de disjonction 10 d'une carte SSPC en courant alternatif, dite carte SSPC AC.

10 Chaque voie de disjonction 10 comporte un microcontrôleur 12 pour commander et surveiller l'évolution du courant dans le câble en accord avec les paramètres de configuration reçus. La voie de disjonction 10 de la carte SSPC DC comporte un transistor à effet de champ à structure métal, oxyde et semi-conducteur 14 (transistor MOSFET, de l'anglais « Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor ») et la voie de disjonction 10 de la carte SSPC AC comporte deux transistors 15 MOSFET 14a, 14b positionnés tête-bêche pour la partie interruption de puissance.

Plusieurs fonctions de protection, telle que la fonction mémoire thermique, peuvent être gérées en parallèle par le microcontrôleur 12 via une acquisition de courant traversant la voie de disjonction. Cette mesure de courant est réalisée au moyen d'un shunt de mesure 24. En cas de défaut détecté sur le courant, le 20 microcontrôleur 12 envoie un ordre de commande d'arrêt (« OFF » en anglais) au conducteur de grille 26 (« Gate Driver » en anglais) qui est configuré pour piloter la grille du ou des transistors MOSFET 14, 14a, 14b. Plus précisément, le conducteur de grille 26 est un amplificateur de puissance qui reçoit une entrée de faible puissance provenant du microcontrôleur 12 et fournit une entrée de commande à haute 25 intensité à la grille du ou des transistors MOSFET 14, 14a, 14b. en général, un ou des conducteurs ohmiques 28, 28a, 28b sont agencés entre le conducteur de grille 26 et le ou les transistors MOSFET 14, 14a, 14b.

Chaque voie de disjonction 10 comporte également un isolateur 20 du microcontrôleur 12 reliant une ligne de communication du microcontrôleur 12 à un 30 bus de communication externe 22 et une isolation galvanique 16 (« galvanic isolator »

en anglais) qui permet une isolation galvanique de l'aire 18, représentée en pointillés, dans laquelle sont agencés au moins le microcontrôleur 12, le conducteur de grille 26, le ou les conducteurs ohmiques 28, le ou les transistors MOSFET 14, 14a, 14b et le shunt de mesure 24.

5 Chaque voie de disjonction 10 comporte également un ou des fusibles 30, 30a, 30b configurés pour interrompre la circulation de courant dans la voie de disjonction en cas de court-circuit ou de sur-courant détecté.

 En cas de panne d'un transistor MOSFET, notamment en mode dit « bloqué fermé » (« fail closed » en anglais), la protection électronique de la charge de l'aéronef
10 ne peut pas ouvrir ligne pour arrêter la charge ou la protéger. En effet, si le transistor MOSFET est bloqué en position fermée, le courant passe à travers ce dernier. Le shunt de mesure réalise une lecture du courant et la transmet au microcontrôleur, qui envoie un signal pour l'ouverture du transistor MOSFET. Cependant, comme le transistor MOSFET est bloqué en position fermée, le courant se propage, ce qui
15 entraîne un échauffement du câble que la voie de disjonction protège, puis une dégradation du celui-ci, et voire même l'apparition d'un incendie au sein de l'aéronef.

 Dans le cas d'une perte de contrôle du microcontrôleur ou d'un défaut du conducteur de grille, le transistor MOSFET peut également rester en position fermée, dite position commandée.

20 Dans ces cas là, il n'y a que le ou les fusibles qui permettent, de façon indépendante, d'assurer la protection d'un sur-courant. Toutefois, si le courant est un courant nominal, la charge reste alimentée, ce qui peut poser problème dans le cas d'une pompe ou d'un équipement d'ouverture.

25 Il existe donc un besoin d'un système ou d'un procédé permettant de désactiver la protection de la charge associée une voie de disjonction d'une carte SSPC d'un système d'un aéronef en cas de dysfonctionnement d'un composant de la voie de disjonction.

La présente invention a notamment pour but d'apporter une solution simple, économique et efficace à ces problèmes, permettant d'éviter les inconvénients de la technique connue.

En particulier, la présente invention permet une protection automatique de la charge associée à une voie de disjonction d'une carte SSPC d'un système d'un aéronef en cas de disfonctionnement d'un composant de la voie de disjonction.

EXPOSE DE L'INVENTION

A cet effet, l'invention concerne un procédé de protection d'une charge associée à une voie de disjonction d'une carte électronique de disjoncteurs statiques, dite carte SSPC, d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef, ladite carte SSPC comportant au moins une voie de disjonction comprenant un microcontrôleur adapté pour commander et surveiller le courant circulant dans la voie de disjonction, au moins un fusible adapté pour interrompre la circulation du courant au niveau d'une sortie de la voie de disjonction et au moins un transistor à effet de champ à déplétion, dit transistor FET à déplétion, connecté à une masse de l'aéronef entre le fusible et la sortie de la voie de disjonction et piloté par le microcontrôleur, le procédé comprenant les étapes consistant en :

- un démarrage dudit système,
- une mise à un état de fonctionnement prédéterminé, dit état activé, du transistor FET à déplétion de manière à générer un court-circuit entre la masse de l'aéronef et la sortie de la voie de disjonction,
- une détermination d'un disfonctionnement d'un composant de la voie de disjonction, et
- un changement de l'état de fonctionnement du transistor FET à déplétion, en un état dit désactivé, en cas de disfonctionnement dudit composant de manière à faire fondre le fusible.

Le procédé selon l'invention permet d'avoir une protection automatique de la charge associée à une voie de disjonction de la carte SSPC en cas de disfonctionnement d'un composant de la voie de disjonction.

En particulier, le procédé selon l'invention permet avantageusement de protéger de tous les cas de panne du microcontrôleur de la voie de disjonction. En cas de perte de contrôle du microcontrôleur, la relâche de la commande du transistor FET à déplétion par le microcontrôleur permet le changement de l'état de fonctionnement du transistor FET à déplétion, ce qui permet automatiquement de désactiver la charge de la voie de disjonction en faisant fondre le fusible si le courant continue de circuler à travers le ou les transistors MOSFET.

Le procédé selon l'invention permet ainsi d'améliorer la sécurité du système.

La voie de disjonction de la carte SSPC peut également comprendre au moins un transistor à effet de champ à structure métal, oxyde et semi-conducteur, dit transistor MOSFET, adapté pour activer et désactiver la charge de l'aéronef liée à la voie de disjonction en fonction d'une commande du microcontrôleur et un shunt de mesure adapté pour mesurer un courant circulant dans la voie de disjonction. Dans ce cas, la détermination d'un dysfonctionnement d'un composant de la voie de disjonction peut comporter les étapes consistant à:

- un envoi par le microcontrôleur d'un ordre de commande de désactivation de la charge au transistor MOSFET,
- une mesure du courant par le shunt de mesure, et
- une détermination d'un dysfonctionnement du transistor MOSFET lorsque le courant mesuré est non nul.

En cas de panne du transistor MOSFET, suite à l'envoi par le microcontrôleur d'un ordre de commande de désactivation de la charge au transistor MOSFET, le shunt de mesure va continuer de mesurer un courant circulant dans la voie de disjonction. Ceci va entraîner le changement de l'état de fonctionnement du transistor FET à déplétion pour enclencher la protection de la charge reliée à la voie de disjonction.

Le pilotage du transistor FET à déplétion permet de court-circuiter le transistor MOSFET à la masse de façon automatique ou monitorée.

Après l'étape de démarrage du système, le procédé peut comprendre les étapes consistant en :

- une mise à l'état de fonctionnement désactivé du transistor FET à déplétion, et
- un contrôle de l'état des composants de la voie de disjonction.

5 Ceci permet avantageusement de limiter l'appel du courant de court-circuit, de maîtriser le courant de court-circuit et donc d'éviter un surdimensionnement du transistor FET à déplétion.

10 Le microcontrôleur peut être adapté pour commander et surveiller le courant circulant dans la voie de disjonction en fonction de paramètres de configuration de la voie de disjonction.

Dans ce cas, le procédé peut comprendre l'étape consistant en :

- une configuration des paramètres de configuration de la voie de disjonction.

15 L'invention concerne également une carte électronique de disjoncteurs statiques, dite carte SSPC, d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef, comprenant au moins une voie de disjonction comportant :

- un microcontrôleur adapté pour commander et surveiller le courant circulant dans la voie de disjonction,
- 20 – au moins un transistor à effet de champ à structure métal, oxyde et semi-conducteur, dit transistor MOSFET, adapté pour activer et désactiver la charge de l'aéronef liée à la voie de disjonction en fonction d'une commande du microcontrôleur,
- un shunt de mesure adapté pour mesurer un courant circulant dans la voie de disjonction,
- 25 – au moins un fusible adapté pour interrompre la circulation du courant au niveau d'une sortie de la voie de disjonction, et
- au moins un transistor à effet de champ à déplétion, dit transistor FET à déplétion, connecté à une masse de l'aéronef entre le fusible et la sortie de la
- 30 voie de disjonction et piloté par le microcontrôleur.

De façon avantageuse, l'ajout d'un transistor FET à déplétion permet d'avoir une protection automatique de la charge associée à la voie de disjonction de la carte SSPC en cas de disfonctionnement d'un composant de la voie de disjonction, sans augmenter la puissance nécessaire au fonctionnement de la voie de disjonction, puisque le transistor FET à déplétion nécessite une faible puissance pour fonctionner, et sans augmenter le coût de la carte SSPC, puisqu'il n'est pas nécessaire d'ajouter des transistors MOSFET pour réaliser cette protection.

La carte SSPC peut également comporter un conducteur ohmique connecté entre la masse de l'aéronef et le transistor FET à déplétion.

Ce conducteur ohmique permet de limiter l'appel du courant de court-circuit, et de maîtriser le courant de court-circuit. Ceci permet donc d'éviter un surdimensionnement du transistor FET à déplétion.

Selon un mode de réalisation, la carte SSPC est configurée pour être pilotée en courant continu. Dans ce cas, la carte SSPC peut comporter :

- un transistor MOSFET adapté pour activer et désactiver la charge de l'aéronef liée à la voie de disjonction en fonction d'une commande du microcontrôleur,
- un fusible adapté pour interrompre la circulation du courant au niveau d'une sortie de la voie de disjonction, et
- un transistor FET à déplétion connecté à une masse de l'aéronef entre le fusible et la sortie de la voie de disjonction et piloté par le microcontrôleur.

Selon un mode de réalisation, la carte SSPC est configurée pour être pilotée en courant alternatif. Dans ce cas, la carte SSPC peut comporter :

- deux transistors MOSFET adaptés pour activer et désactiver la charge de l'aéronef liée à la voie de disjonction en fonction d'une commande du microcontrôleur,
- deux fusibles adaptés pour interrompre la circulation du courant au niveau des sorties de la voie de disjonction, et

- deux transistors FET à déplétion connectés à une masse de l'aéronef entre un des fusibles et une des sorties de la voie de disjonction et pilotés par le microcontrôleur.

5 L'invention se rapporte également à un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef, comprenant au moins une carte électronique de disjoncteurs statiques selon l'invention.

10 L'invention concerne également un aéronef comportant un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef selon l'invention.

DESCRIPTION DES FIGURES

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

- la figure 1, déjà décrite, représente schématiquement une voie de disjonction d'une carte SSPC en courant continu d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef selon l'art antérieur,
- 20 - la figure 2, déjà décrite, représente schématiquement une voie de disjonction d'une carte SSPC en courant alternatif d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef selon l'art antérieur,
- les figures 3 et 4 représentent schématiquement un boîtier d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef selon des modes de
- 25 réalisation de l'invention,
- la figure 5 représente schématiquement une voie de disjonction d'une carte SSPC en courant continu d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef selon l'art antérieur,

- la figure 6 représente schématiquement une voie de disjonction d'une carte SSPC en courant alternatif d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef selon l'art antérieur, et
- la figure 7 est un organigramme des étapes du procédé de protection d'une charge associée à une voie de disjonction d'une carte électronique de disjoncteurs statiques d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef selon l'invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

10 L'invention concerne un procédé protection d'une charge associée à une voie de disjonction d'une carte électronique de disjoncteurs statiques, dite carte SSPC, d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef.

Un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef comporte au moins un boîtier 50, par exemple représenté sur les figures 3 et 4, dans lequel sont
15 agencées des cartes SSPC.

Une carte SSPC est un équipement de protection électrique qui permet une protection électrique du câblage de l'aéronef. Une carte SSPC est donc un disjoncteur électronique qui permet d'assurer une protection logicielle du câblage de l'aéronef. Une carte SSPC est paramétrée en fonction des différentes configurations de câblage
20 d'un aéronef.

Une carte SSPC permet une protection des charges capacitives, ou inductives ou semi-capacitives et semi-inductives.

Il existe différents types de cartes SSPC, telles que les cartes SSPC dites autonomes 70 et les cartes SSPC dites conventionnelles 60, c'est-à-dire non
25 autonomes. Chaque carte SSPC comporte une pluralité de voies de disjonction 100.

Sur la figure 3, le boîtier 50 comporte une pluralité de cartes SSPC conventionnelles 60, au moins une alimentation 54 et au moins une unité de contrôle 52, par exemple un microcontrôleur. Ici, le boîtier 50 comporte deux alimentations 54
30 et deux unités de contrôle 52, une alimentation 54 et une unité de contrôle 52 étant

agencées de chaque côté du boîtier. En particulier, la ou les alimentations 54 et la ou les unités de contrôle 52 sont agencées séparément des cartes SSPC. Autrement dit, il y a une séparation physique entre les cartes SSPC 60 et la ou les alimentations 54 et unités de contrôle 52.

5 L'alimentation 54 est configurée pour alimenter en énergie électrique toutes les cartes SSPC 60 du boîtier 50. Autrement dit, l'alimentation des cartes SSPC conventionnelles 60 est centralisée.

L'unité de contrôle 52 est configurée pour communiquer avec toutes les cartes SSPC 60 du système et permet de sauvegarder les états de consignation des voies de disjonction 100 des cartes SSPC 60. Les voies de disjonction 100 d'une carte SSPC conventionnelle 60 sont interconnectées à ou aux unités de contrôle 52 au moyen d'un ou de plusieurs bus de communication 64a, 64b.

Sur la figure 4, le boîtier 50 comporte des cartes SSPC dites autonomes 70. Une carte SSPC autonome 70 est une carte SSPC qui ne dialogue pas avec l'unité de contrôle. Une carte SSPC autonome 70 comporte une pluralité de voies de disjonction 100, au moins une alimentation 74, une interface 76 entre la carte SSPC autonome et le système, un microcontrôleur 78 et une mémoire 80.

L'alimentation 74 est configurée pour alimenter en énergie électrique la carte SSPC autonome 70.

Le microcontrôleur 78 est, entre autre, configuré pour déterminer la position de la carte SSPC autonome 70 dans le système, et pour consigner les voies de disjonction 100 de la carte SSPC autonome 70 ou pour lever la consignation des voies de disjonction 100 de la carte.

25 La mémoire 80 est configurée pour enregistrer, dans un registre de position, une position occupée par la carte SSPC autonome 70 dans le boîtier 50 et dans le système.

L'interface 76 est configurée pour assurer la communication entre les voies de disjonction 100 et des éléments extérieurs au boîtier 50. Par exemple, l'interface 76 permet une communication entre les voies de disjonction 100 et un premier bus de

communication 82a et une communication entre les voies de disjonction 100 et un deuxième bus de communication 82b.

Chaque voie de disjonction est gérée par le microcontrôleur 78 qui reçoit une configuration de l'interface 76. Cette configuration comprend une liste de paramètres, tels que son calibre, par exemple 5 A, 7,5 A, 10 A ou 15 A, son état par défaut en cas de perte de communication, ou son état de consignation, par exemple « secure open » ou « lock ». En lisant une série d'entrées discrètes pré-codées, chaque carte SSPC 70 possède les informations concernant sa position, c'est-à-dire sa position dans un boîtier du système et le numéro de son boîtier. La position d'une carte SSPC dans le système est référencée à l'aide d'un couple de données correspondant au numéro du boîtier dans lequel est agencé la carte SSPC et l'emplacement de la carte SSPC dans ce boîtier (« slot » en anglais »).

Une carte SSPC autonome 70 est configurée pour être branchée directement sur la charge de l'aéronef.

En particulier, la configuration des voies de disjonction 100 est pré-chargée dans la carte SSPC autonome 70. Autrement dit, une carte SSPC autonome 70 a en mémoire sa propre configuration de ses voies de disjonction 100.

Une carte SSPC autonome 70 est une carte SSPC indépendante du système dans lequel elle est implantée. Autrement dit, une carte SSPC autonome 70 n'est généralement pas agencée dans un système centralisé.

Un boîtier peut comporter à la fois des cartes SSPC conventionnelles et des cartes SSPC autonomes. L'utilisation de cartes SSPC autonomes, plutôt que des cartes SSPC conventionnelles, permet avantageusement de diminuer la masse du système, en permettant de supprimer l'unité de contrôle et le câblage entre l'unité de contrôle et chaque carte SSPC.

Une voie de disjonction 100 agit comme un disjoncteur statique.

La figure 5 représente une voie de disjonction 100 d'une carte SSPC, conventionnelle ou autonome, configurée pour être pilotée en courant continu, et la

figure 6 représente une voie de disjonction 100 d'une carte SSPC configurée pour être pilotée en courant alternatif.

5 Chaque voie de disjonction 100 comporte un microcontrôleur 112 adapté pour commander et surveiller le courant circulant dans la voie de disjonction 100 en accord avec des paramètres de configuration reçus. En particulier, une voie de disjonction 100 est pilotée par un microcontrôleur. Le microcontrôleur peut également gérer différentes fonctions de protection, telle que la fonction mémoire thermique, via une acquisition du courant traversant la carte SSPC.

10 Chaque voie de disjonction 100 comporte au moins un transistor MOSFET 114, 114a, 114b adapté pour activer et désactiver la charge de l'aéronef liée à la voie de disjonction 100 en fonction d'une commande du microcontrôleur 112. La voie de disjonction 100 de la carte SSPC DC représentée sur la figure 5 comporte un seul transistor MOSFET 114 et la voie de disjonction 100 de la carte SSPC AC représentée sur la figure 6 comporte deux transistors MOSFET 114a, 114b qui sont positionnés

15 tête-bêche pour la partie interruption de puissance. Un transistor MOSFET 114, 114a, 114b est connecté au microcontrôleur 112 via au moins un conducteur ohmique 128, 128a, 128b et un conducteur de grille 126 configuré pour piloter la grille du ou des transistors MOSFET 114, 114a, 114b. Plus précisément le conducteur de grille 126 est un amplificateur de puissance qui reçoit une entrée de faible puissance provenant du

20 microcontrôleur 112 et qui fournit une entrée de commande à haute intensité pour la grille du ou des transistors MOSFET 114, 114a, 114b. Le transistor MOSFET 114, 114a, 114b est alimenté par un courant V_{IN} , qui peut être un courant alternatif, par exemple égal à 115 V ou à 230 V, ou un courant continu, par exemple égal à 28 V.

25 En fonctionnement, le microcontrôleur 112 peut envoyer un ordre de commande au transistor MOSFET 114, 114a, 114b. Cet ordre de commande peut être un ordre de commande d'activation de la charge de l'aéronef liée à la voie de disjonction 100, ou bien un ordre de désactivation de la charge de l'aéronef.

Une mesure de courant circulant dans la voie de disjonction 100 peut être réalisée au moyen d'un shunt de mesure 124. Le shunt de mesure 124 est connecté

aux transistors MOSFET 114, 114a, 114b. Le shunt de mesure 124 est configuré pour envoyer des informations concernant la mesure du courant au microcontrôleur 112.

En particulier, le shunt de mesure 124 réalise une lecture du courant et la transmet au microcontrôleur 112, qui envoie un signal au transistor MOSFET 114, 114a, 114b afin que ce dernier change son état de fonctionnement.

Chaque voie de disjonction 100 comporte également un isolateur 120 du microcontrôleur 112 interconnectant une ligne de communication du microcontrôleur 112 à un bus de communication externe 122.

Chaque voie de disjonction 100 comporte également une isolation galvanique 116 permettant une isolation galvanique de l'aire 118, représentée en pointillés, dans laquelle sont agencés au moins le microcontrôleur 112, le conducteur de grille 126, le ou les conducteurs ohmiques 128, le ou les transistors MOSFET 114, 114a, 114b et le shunt de mesure 124. L'isolation galvanique 116 reçoit une tension d'entrée, notée VCC, et une masse, notée GND, en entrée, et émet une tension de sortie, notée VCC iso, et une masse, notée GND iso, en sortie.

Chaque voie de disjonction 100 comporte également au moins un fusible 130, 130a, 130b configuré pour interrompre la circulation de courant dans la voie de disjonction 100, et notamment au niveau d'une sortie 133, 133a, 133b de la voie de disjonction 100, en cas sur-courant. La partie fusible de la voie de disjonction 100 est configurée pour protéger la charge de l'aéronef associée à cette voie de disjonction 100. La voie de disjonction 100 de la carte SSPC DC représentée sur la figure 5 comporte un seul fusible 130 connecté à une sortie 133 de la voie de disjonction 100. La voie de disjonction 100 de la carte SSPC AC représentée sur la figure 6 comporte deux fusibles 130a, 130b, chaque fusible 130a, 130b étant connecté à une sortie 133b de la voie de disjonction 100.

Chaque voie de disjonction 100 comporte également au moins un transistor à effet de champ à déplétion 132, 132a, 132b, dit transistor FET à déplétion, configuré pour être piloté par le microcontrôleur 112. Le transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b est connecté à une masse mécanique 134 de l'aéronef entre le fusible 130, 130b et une sortie 133, 133b de la voie de disjonction. La voie de disjonction 100 de la carte

SSPC DC représentée sur la figure 5 comporte un seul transistor FET à déplétion 132 et la voie de disjonction 100 de la carte SSPC AC représentée sur la figure 6 comporte deux transistors FET à déplétion 132a, 132b. Un transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b est connecté au microcontrôleur 112 via au moins un conducteur ohmique 138, 138a, 138b et un conducteur de grille 140 configuré pour piloter la grille du ou des transistors FET à déplétion 132, 132a, 132b. Le conducteur de grille 140 est un amplificateur de puissance qui reçoit une entrée de faible puissance provenant du microcontrôleur 112 et qui fournit une entrée de commande à haute intensité pour la grille du ou des transistors FET à déplétion 132, 132a, 132b.

10 Au démarrage du système, le transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b est mis dans un état de fonctionnement prédéterminé, dit état activé (« on » en anglais). Dans cet état activé, le transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b génère un court-circuit entre la masse 134 de l'aéronef et une sortie 133, 133b de la voie de disjonction 100. Le transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b peut être mis dans un état de
15 fonctionnement dit désactivé (« off » en anglais). L'état désactivé du transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b permet de protéger la charge de la voie de disjonction 100.

Chaque voie de disjonction 10 comporte également un conducteur ohmique 136 connecté entre la masse 134 de l'aéronef et le transistor FET à déplétion 132, 132b. Ce conducteur ohmique 136 permet de limiter l'appel du courant de court-circuit, de maîtriser le courant de court-circuit et donc d'éviter un
20 surdimensionnement du transistor FET à déplétion.

Les étapes du procédé de protection d'une charge associée à une voie de disjonction 100 d'une carte SSPC d'un système de distribution d'une puissance
25 électrique sont représentées sur la figure 7.

Le procédé comprend une étape S10 de démarrage du système.

Le procédé peut comprendre une étape S11 de mise à l'état de fonctionnement désactivé du transistor FET à déplétion. Cette étape S11 permet d'inhiber le transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b au démarrage du système.

Le procédé peut comprendre une étape S12 de contrôle de l'état des composants de la voie de disjonction 100. Cette étape S12 correspond à une étape de test du système. Pendant l'étape S12, le transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b est inhibé. Autrement dit, le transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b ne perturbe pas le
5 contrôle de l'état des composants de la voie de disjonction 100.

Le procédé peut comprendre une étape S13 de configuration des paramètres de configuration de la voie de disjonction 100.

Le procédé comprend une étape S20 de mise à l'état de fonctionnement activé du transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b de manière à générer un court-circuit
10 entre la masse 134 de l'aéronef et la sortie 133, 133b de la voie de disjonction 100.

Le procédé comprend une étape S30 de détermination d'un dysfonctionnement d'un composant de la voie de disjonction 100.

L'étape S30 peut comprendre une sous-étape S31 d'envoi par le microcontrôleur 112 d'un ordre de commande de désactivation de la charge au transistor MOSFET 114, 114a, 114b. Plus précisément, en cas de défaut détecté sur le
15 courant, le microcontrôleur 112 envoie un ordre de commande d'arrêt du transistor MOSFET 114, 114a, 114b au conducteur de grille 140 afin de protéger la charge.

L'étape S30 peut comprendre une sous-étape S32 de mesure du courant par le shunt de mesure. En cas de panne du transistor MOSFET 114, 114a, 114b, l'ordre de
20 commande d'arrêt envoyé par le microcontrôleur 112 ne sera pas exécuté par le transistor MOSFET 114, 114a, 114b, et le courant va continuer de circuler à travers ce dernier.

L'étape S30 peut comprendre une sous-étape S33 de détermination d'un dysfonctionnement du transistor MOSFET lorsque le courant mesuré est non nul. En effet, suite à l'ordre de changement d'état du transistor MOSFET 114, 114a, 114b, le
25 microcontrôleur 112 constate que, contrairement à l'ordre de commande envoyé au transistor MOSFET 114, 114a, 114b, le courant circule toujours au niveau du shunt de mesure 124.

Le procédé comprend alors une étape S40 de changement de l'état de
30 fonctionnement du transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b, en l'état désactivé, en

cas de disfonctionnement dudit composant de manière à faire fondre le fusible 130, 130a, 130b. En particulier, le changement de l'état de fonctionnement du transistor FET à déplétion 132, 132a, 132b dans son état désactivé va générer un appel de courant de court-circuit qui va faire fondre le fusible, et donc éteindre la charge liée à la voie de disjonction. La présence du conducteur ohmique 136 entre la masse 134 et le transistor FET à déplétion 132, 132b permet de limiter l'appel du courant de court-circuit, de maîtriser le courant de court-circuit et donc d'éviter un surdimensionnement du transistor FET à déplétion.

Ceci permet avantageusement d'éviter un échauffement du câble que la voie de disjonction protège et une dégradation du celui-ci.

Les étapes S11, S12, S13 et S20 à S40 du procédé sont effectuées après chaque démarrage du système, c'est-à-dire après chaque étape S10.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de protection d'une charge associée à une voie de disjonction d'une carte électronique de disjoncteurs statiques (50, 60) , dite carte SSPC, d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef, ladite carte SSPC (60, 70) comportant au moins une voie de disjonction (100) comprenant un microcontrôleur (112) adapté pour commander et surveiller le courant circulant dans la voie de disjonction (100), au moins un fusible (130, 130a, 130b) adapté pour interrompre la circulation du courant au niveau d'une sortie (133, 133a, 133b) de la voie de disjonction et au moins un transistor à effet de champ à déplétion (132, 132a, 132b), dit transistor FET à déplétion, connecté à une masse (134) de l'aéronef entre le fusible (130, 130a, 130b) et la sortie (133, 133a, 133b) de la voie de disjonction (100) et piloté par le microcontrôleur (112), le procédé comprenant les étapes consistant en :
- un démarrage dudit système (S10),
 - une mise à un état de fonctionnement prédéterminé (S20), dit état activé, du transistor FET à déplétion (132, 132a, 132b) de manière à générer un court-circuit entre la masse (134) de l'aéronef et la sortie (133) de la voie de disjonction (100),
 - une détermination d'un disfonctionnement (S30) d'un composant de la voie de disjonction (100), et
 - un changement de l'état de fonctionnement (S40) du transistor FET à déplétion (132, 132a, 132b), en un état dit désactivé, en cas de disfonctionnement dudit composant de manière à faire fondre le fusible (130, 130a, 130b).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la voie de disjonction (100) de la carte SSPC comprend également au moins un transistor à effet de champ à structure métal, oxyde et semi-conducteur (114, 114a, 114b), dit transistor MOSFET, adapté pour activer et désactiver la charge de l'aéronef liée à la voie de disjonction (100) en fonction d'une commande du microcontrôleur (112) et un shunt de mesure (124) adapté pour mesurer un courant circulant dans la voie de disjonction (100), et dans

lequel la détermination d'un dysfonctionnement d'un composant de la voie de disjonction (100) (S30) comporte les étapes consistant à:

- un envoi par le microcontrôleur (112) d'un ordre de commande de désactivation de la charge au transistor MOSFET (114, 114a, 114b) (S31),
- 5 - une mesure du courant par le shunt de mesure (124) (S32), et
- une détermination d'un dysfonctionnement du transistor MOSFET (114, 114a, 114b) lorsque le courant mesuré est non nul (S33).

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, après l'étape de démarrage du système (S10), le procédé comprend les étapes consistant en :

- 10 - une mise à l'état de fonctionnement désactivé du transistor FET à déplétion (132, 132a, 132b) (S11), et
- un contrôle de l'état des composants (S12) de la voie de disjonction (100).

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant l'étape consistant en :

- 15 - une configuration des paramètres de configuration (S13) de la voie de disjonction (100), le microcontrôleur (112) étant adapté pour commander et surveiller le courant circulant dans la voie de disjonction (100) en fonction des paramètres de configuration.

20

5. Carte électronique de disjoncteurs statiques (60, 70), dite carte SSPC, d'un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef, comprenant au moins une voie de disjonction (100) comportant :

- 25 - un microcontrôleur (112) adapté pour commander et surveiller le courant circulant dans la voie de disjonction (100),
- au moins un transistor à effet de champ à structure métal, oxyde et semi-conducteur (114, 114a, 114b), dit transistor MOSFET, adapté pour activer et désactiver la charge de l'aéronef liée à la voie de disjonction (100) en fonction
- 30 d'une commande du microcontrôleur (112),

- un shunt de mesure (124) adapté pour mesurer un courant circulant dans la voie de disjonction (100),
 - au moins un fusible (130, 130a, 130b) adapté pour interrompre la circulation du courant au niveau d'une sortie (133) de la voie de disjonction (100), et
 - 5 – au moins un transistor à effet de champ à déplétion (132, 132a, 132b), dit transistor FET à déplétion, connecté à une masse (134) de l'aéronef entre le fusible (130, 130a, 130b) et la sortie (133) de la voie de disjonction (100) et piloté par le microcontrôleur (112).
- 10 6. Carte électronique de disjoncteurs statiques (60, 70) selon la revendication 5, comportant également un conducteur ohmique (136) connecté entre la masse (134) de l'aéronef et le transistor FET à déplétion (132, 132a, 132b).
7. Carte électronique de disjoncteurs statiques (60, 70) selon l'une des revendications
- 15 5 ou 6, dans laquelle ladite carte SSPC (60, 70) est configurée pour être pilotée en courant continu, et comporte :
- un transistor MOSFET (114, 114a, 114b) adapté pour activer et désactiver la charge de l'aéronef liée à la voie de disjonction (100) en fonction d'une commande du microcontrôleur (112),
 - 20 – un fusible (130, 130a, 130b) adapté pour interrompre la circulation du courant au niveau d'une sortie (133) de la voie de disjonction (100), et
 - un transistor FET à déplétion (132, 132a, 132b) connecté à une masse (134) de l'aéronef entre le fusible (130, 130a, 130b) et la sortie (133) de la voie de disjonction (100) et piloté par le microcontrôleur (112).

8. Carte électronique de disjoncteurs statiques (60, 70) selon l'une des revendications 5 ou 6, dans laquelle ladite carte SSPC (60, 70) est configurée pour être pilotée en courant alternatif, et comporte :

- 5 – deux transistors MOSFET (114, 114a, 114b) adaptés pour activer et désactiver la charge de l'aéronef liée à la voie de disjonction (100) en fonction d'une commande du microcontrôleur (112),
- deux fusibles (130, 130a, 130b) adaptés pour interrompre la circulation du courant au niveau des sorties (133a, 133b) de la voie de disjonction (100), et
- 10 – deux transistors FET à déplétion (132, 132a, 132b) connectés à une masse (134) de l'aéronef entre un des fusibles (130, 130a, 130b) et une des sorties (133b) de la voie de disjonction (100) et pilotés par le microcontrôleur (112).

9. Système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef, comprenant au moins une carte électronique de disjoncteurs statiques (60, 70) selon l'une des
15 revendications 5 à 8.

10. Aéronef comportant un système de distribution d'une puissance électrique d'un aéronef selon la revendication 9.

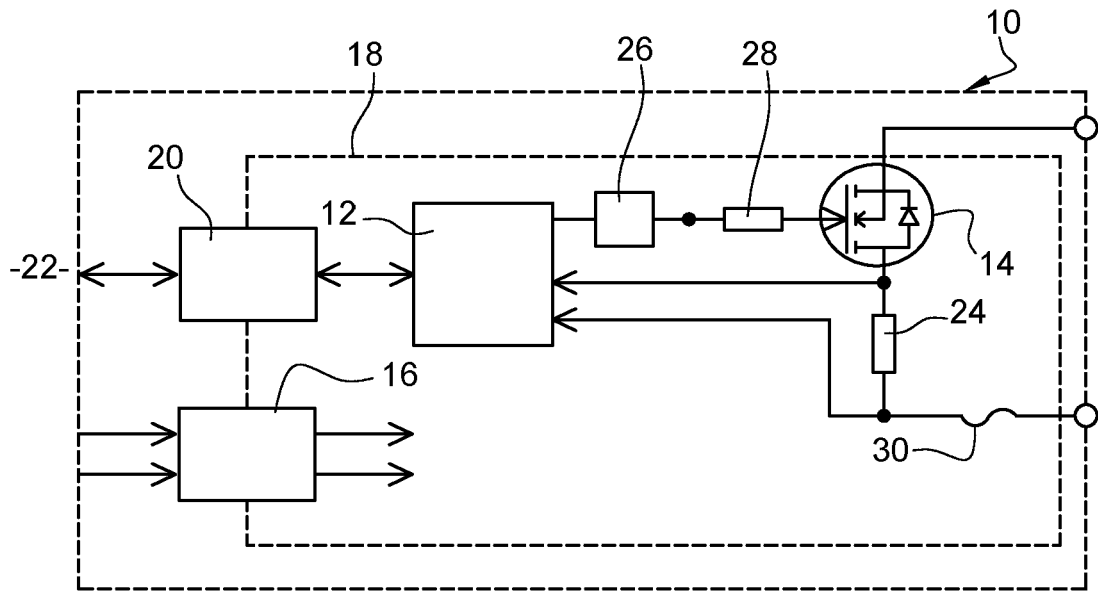


Fig. 1

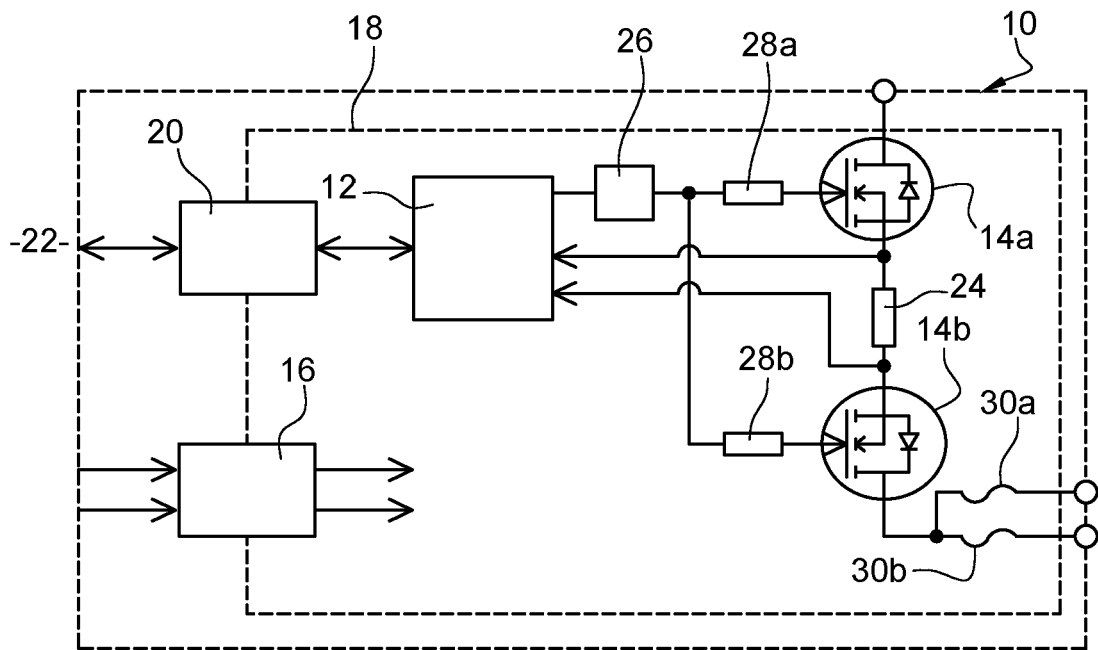


Fig. 2

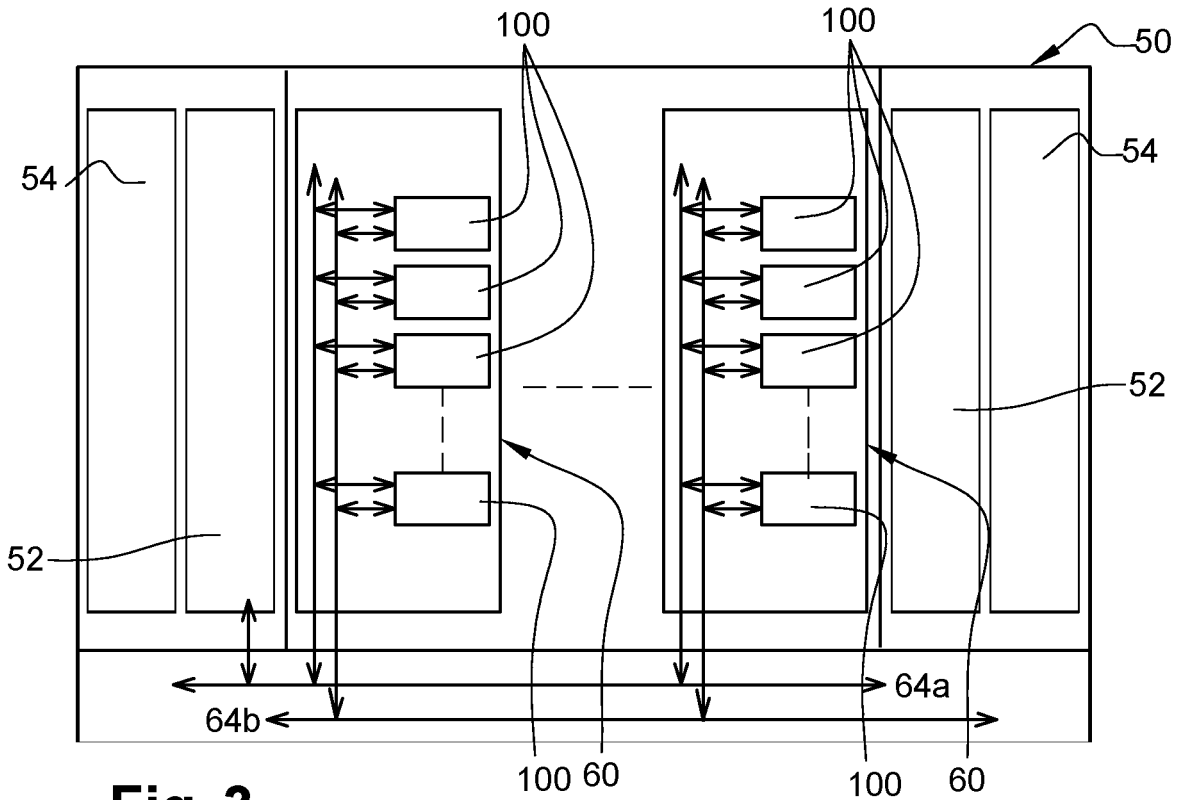


Fig. 3

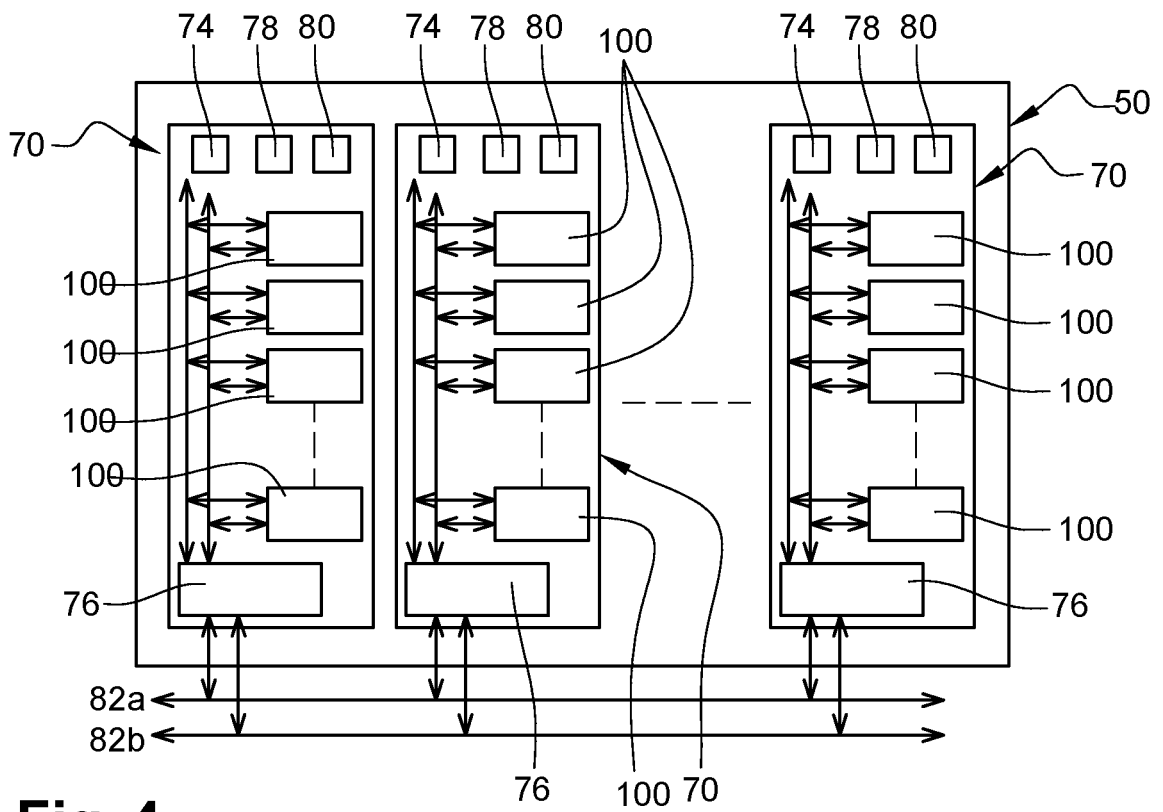


Fig. 4

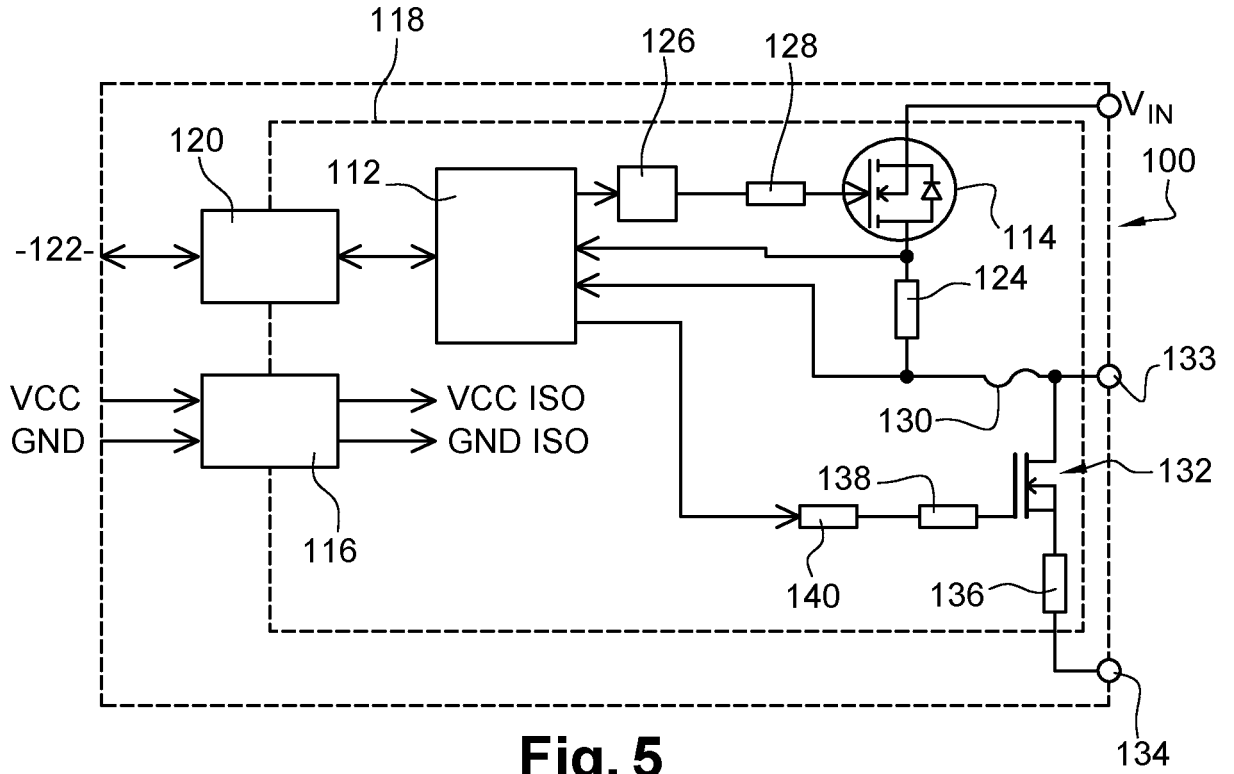


Fig. 5

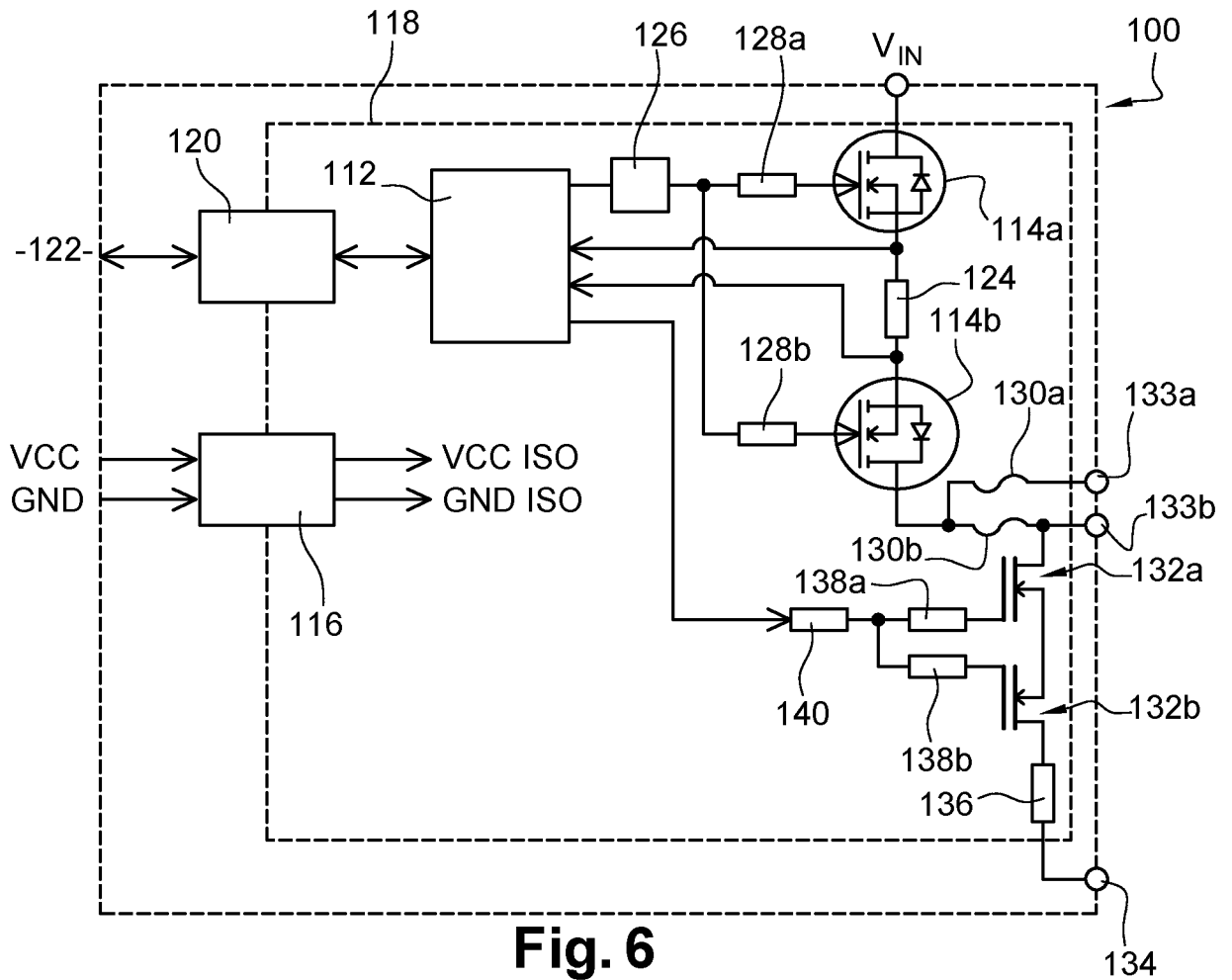


Fig. 6

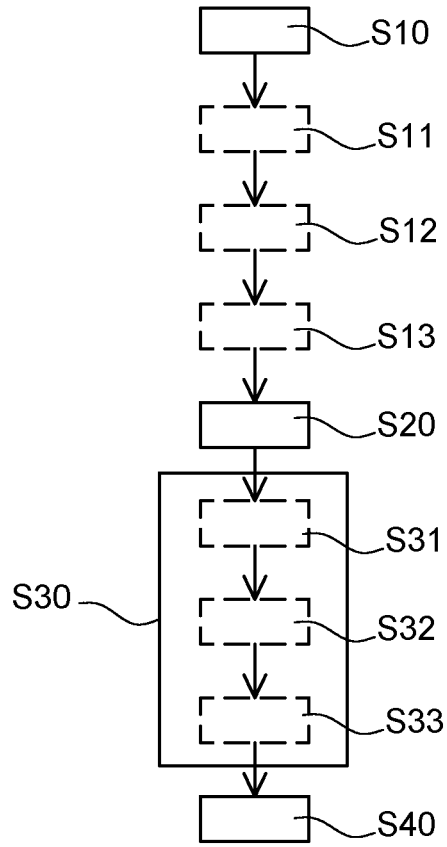


Fig. 7

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**

EP 3 327 886 A1 (GE AVIAT SYSTEMS LTD
[GB]) 30 mai 2018 (2018-05-30)

US 2008/197699 A1 (YU WENJIANG [CA] ET AL)
21 août 2008 (2008-08-21)

US 2009/021874 A1 (DIVITO ROCCO [CA] ET
AL) 22 janvier 2009 (2009-01-22)

US 2015/138681 A1 (MAYES JULIAN PETER
[GB]) 21 mai 2015 (2015-05-21)

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

NEANT

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

NEANT