

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 099 665

21 N° d'enregistrement national : 19 08708

51 Int Cl⁸ : H 02 M 3/335 (2019.01), H 02 J 3/10, B 64 D 47/00

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 30.07.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.02.21 Bulletin 21/05.

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 ELECTRICAL & POWER
SAS — FR.

72 Inventeur(s) : PRECIAT Philippe.

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

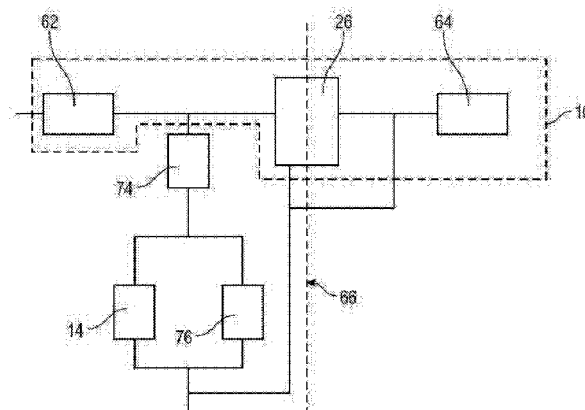
74 Mandataire(s) : GEVERS & ORES.

54 ALIMENTATION COMPATIBLE POUR DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES D'AÉRONEF EN COURANT CONTINU
DE 28 V OU EN COURANT ALTERNATIF TRIPHASÉ DE 115 V.

57 L'invention concerne une alimentation mono-étage
pour un réseau électrique d'un aéronef, comprenant :

un convertisseur Flyback DC/DC mono-
étage, un contrôleur (28) à modulation de largeur
d'impulsions configuré pour piloter un interrupteur électro-
nique permettant d'assurer la commutation d'un courant pri-
maire traversant une inductance du convertisseur Flyback
avec compensation de rampe, ledit contrôleur étant alimen-
té avec une tension constante fournie par une alimentation
auxiliaire (70) qui comprend un dispositif de démarrage
configuré pour initier une fermeture de l'interrupteur du
convertisseur lors d'une mise sous tension, un
correcteur (44) proportionnel intégral dérivé configuré pour
asservir et maintenir constante une tension de sortie dudit
convertisseur, une boucle de sécurité (72) confi-
gurée pour bloquer ledit contrôleur en cas de surten-
sion, un optocoupleur (50) configuré pour isoler
une mesure d'une tension secondaire et une réinjection sur
ledit contrôleur, et un circuit amortisseur configuré
pour limiter les surtensions dudit interrupteur.

Figure pour l'abrégié : Figure 6



FR 3 099 665 - A1



Description

Titre de l'invention : ALIMENTATION COMPATIBLE POUR DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES D'AÉRONEF EN COURANT CONTINU DE 28 V OU EN COURANT ALTERNATIF TRIPHASÉ DE 115 V

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne le domaine des convertisseurs DC/DC, mono étage et fonctionnant sur une large plage de valeurs de tension d'entrée variant d'un rapport compris entre 1 et 28.
- [0002] Plus précisément, l'invention se rapporte à une alimentation pour un réseau électrique d'un aéronef comportant un tel convertisseur de tension.
- [0003] L'invention se rapporte également à un ensemble composé d'une telle alimentation couplée à un redresseur de courant alternatif en courant continu.

Technique antérieure

- [0004] De façon connue, une carte SSPC (de l'expression anglaise « Solid State Power Controller » signifiant « contrôleur de puissance à semi-conducteurs ») à courant alternatif (AC, de l'expression anglaise « Alternative Current ») est un switch électronique piloté par une logique de contrôle.
- [0005] La partie contrôle des cartes SSPC-AC est alimentée soit par une tension continue (DC de l'expression anglaise « Direct Current ») 28 V, soit par une tension AC de 115 V triphasée (suivant la norme DO-160).
- [0006] Toutefois, les alimentations existantes actuelles ne permettent pas de couvrir une plage de valeurs de tension d'entrée de 15 V DC (tension minimum du réseau 28 V DC) à 420 V DC (tension maximum du réseau 115 V AC triphasée après redressement).
- [0007] La majorité des alimentations existantes actuelles couvre une plage de tension avec un rapport maximum de 1 à 10, ou avec un rapport supérieur mais ne répondant pas aux besoins de performance, c'est-à-dire aux besoins de stabilité et de puissance de la tension de sortie.
- [0008] Il est connu des solutions multi-convertisseurs, agencés en parallèle ou en série, avec commutation, et fonctionnant avec plusieurs tensions d'entrée sur une large plage de valeurs de tension.
- [0009] Par exemple, il a été proposé un ensemble comportant au moins deux convertisseurs en série pour couvrir deux tensions d'entrée, et donc l'ensemble de la plage de fonctionnement.

- [0010] Il a également été proposé un ensemble de convertisseurs en parallèle à commutation pour couvrir un ensemble de tensions d'entrée différentes.
- [0011] De plus, il a été proposé un ensemble de convertisseurs en série et en parallèle à commutation mixant les deux solutions précédentes pour améliorer la plage de valeurs de la tension d'entrée.
- [0012] Toutefois, ces solutions sont encombrantes, lourdes, complexes et coûteuses.
- [0013] Il est également connu des solutions couvrant une large plage de valeurs de tension, mais avec un rapport variant uniquement de 1 à 10, par exemple une solution couvrant la plage de valeurs de tension de 57 V à 580 V.
- [0014] Toutefois, cette solution ne permet pas de couvrir les besoins en puissance et en performance de régulation de tension secondaire pour une carte SSPC.
- [0015] Il est également connu une solution comme application d'un convertisseur Flyback isolé, dont la tension admissible est comprise entre 18 V et 560 V.
- [0016] Cette solution fonctionne donc sur une forte plage de tension d'entrée, entre 18 V et 450 V de tension d'entrée, mais n'assure toutefois pas un asservissement direct de la tension secondaire. En effet, l'asservissement est indirect, via un troisième enroulement du transformateur. Cette solution ne permet donc pas d'obtenir les performances de stabilité requises. De plus, cette solution ne peut fournir que de faibles puissances.
- [0017] Aucune de ces solutions ne permet donc d'accepter à la fois le réseau 28 V DC et le réseau 115 V AC triphasé, tout en assurant les performances de stabilité et de puissance nécessaires pour la tension secondaire.
- [0018] L'invention a pour objectif de proposer une solution permettant de remédier à au moins certains de ces inconvénients.
- [0019] En particulier, le but de l'invention est d'obtenir, éventuellement en combinaison avec un redresseur AC-DC, une alimentation compatible avec les tensions 28 V DC et 115 V AC triphasé, sur toute la plage de valeurs de tension, qui soit mono étage, et ceci sans surcoût rédhibitoire et en restant de topologie simple et robuste, compatible avec les contraintes aéronautiques.

Résumé de l'invention

- [0020] La présente invention propose une solution constituée d'un seul convertisseur DC-DC (mono-étage), par exemple du type convertisseur Flyback, qui couvre la plage de tension d'entrée de 15 V DC à 420 V DC, variant d'un rapport de 1 à 28.
- [0021] Cette solution fonctionne donc soit sur toute la plage du réseau 28 V DC (rapport de 1 à 5), soit sur toute la plage du réseau 115 V AC triphasé (rapport de 1 à 3), correspondant après redressement à un réseau 80 V DC – 420 V DC.
- [0022] Un redresseur AC-DC, c'est-à-dire un pont de diodes, peut y être associé pour

admettre une tension alternative de 115 V AC triphasée (jusqu'à 180 V AC triphasée, le maximum prévu par la norme DO-160).

[0023] À cet effet, l'invention concerne une alimentation mono-étage pour un réseau électrique d'un aéronef, comprenant :

- [0024] – un convertisseur Flyback de courant continu en courant continu, dit convertisseur Flyback DC/DC, mono-étage comprenant au moins un transformateur primaire-secondaire comportant une première et une deuxième inductance couplées entre elles, une source de tension configurée pour délivrer une tension primaire, et un interrupteur,
- un contrôleur à modulation de largeur d'impulsions (PWM, de l'expression anglaise « Pulse Width Modulation ») configuré pour piloter un interrupteur électronique permettant d'assurer la commutation d'un courant primaire traversant ladite première inductance avec compensation de rampe, ledit contrôleur étant alimenté avec une tension constante fournie par une alimentation auxiliaire, ladite alimentation auxiliaire comprenant un dispositif de démarrage configuré pour initier une fermeture dudit interrupteur lors d'une mise sous tension,
- un correcteur proportionnel intégral dérivé (PID) configuré pour asservir et maintenir constante la tension de sortie du convertisseur DC/DC,
- une boucle de sécurité configurée pour bloquer ledit contrôleur en cas de surtension,
- un optocoupleur configuré pour isoler une mesure d'une tension secondaire et une réinjection sur ledit contrôleur, et
- un circuit amortisseur configuré pour limiter les surtensions dudit interrupteur.

[0025] En particulier, le correcteur PID est configuré pour asservir et maintenir constante la tension de sortie du convertisseur DC/DC quelques soient les variations de charge et de tension primaire.

[0026] Un convertisseur Flyback est une alimentation à découplage avec une isolation galvanique entre une entrée et une sortie, partie puissance.

[0027] Dans le convertisseur Flyback, le contrôleur PWM effectue un contrôle en mode courant. Il s'agit d'un choix pour ce convertisseur DC/DC, le mode tension restant une autre possibilité.

[0028] Une compensation de rampe, également appelée compensation de pente, consiste en une réinjection d'un signal idoine sur l'entrée CS (acronyme de l'expression anglaise « Current Sense ») du contrôleur PWM.

[0029] L'alimentation auxiliaire peut également être configurée pour alimenter le contrôleur PWM avec une tension constante.

[0030] L'alimentation peut également comprendre un circuit de démagnétisation configuré

pour démagnétiser l'énergie électrique stockée dans une inductance de fuite du convertisseur.

- [0031] Le circuit de démagnétisation peut comporter au moins une résistance, une diode et un condensateur. Il s'agit ainsi d'un circuit RDC (acronyme de « Résistance-Diode-Capacité ») qui assure la démagnétisation de l'énergie électrique emmagasinée dans l'inductance de fuite.
- [0032] Le circuit amortisseur peut comporter au moins une résistance, une diode et un condensateur. Il s'agit ainsi d'un circuit RDC, également appelé « Snubber » (signifiant « amortisseur »), qui limite les surtensions au niveau de l'interrupteur.
- [0033] L'interrupteur peut être un transistor, par exemple un transistor à effet de champ à grille isolée (MOSFET, acronyme de l'expression anglaise « Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor »), un transistor bipolaire ou un transistor bipolaire à grille isolée (IGBT, acronyme de l'expression anglaise « Insulated Gate Bipolar Transistor »).
- [0034] L'invention permet avantageusement de faire fonctionner le convertisseur sur une tension d'entrée de 28 V DC et sur une tension d'entrée de 115 V AC triphasé.
- [0035] D'une part, dans le cas d'une faible tension d'entrée, le convertisseur DC-DC fonctionne avec un rapport de cycle élevé au-delà de 50 %, notamment aux alentours de 80 %.
- [0036] La compensation de rampe permet avantageusement le fonctionnement du convertisseur au-delà d'un rapport cyclique de 50 %, la boucle de commande étant généralement instable au-delà de cette valeur.
- [0037] D'autre part, dans le cas d'une tension d'entrée très élevée, le convertisseur DC-DC fonctionne avec un rapport de cycle faible, de l'ordre de 1 % à 3 %.
- [0038] La conception de l'alimentation (convertisseur DC/DC), dont le transformateur (élément principal), assure un fonctionnement optimal de l'alimentation auxiliaire, c'est-à-dire une tension auxiliaire sensiblement constante quelles soient les variations de charge secondaire et les variations de la tension primaire.
- [0039] Ceci permet également d'assurer un démarrage autonome quelles que soient les conditions de fonctionnement, et une optimisation de l'asservissement du correcteur PID pour contrôler le convertisseur DC-DC jusqu'à 1 %, et même jusqu'à des sauts de pas pour de fortes tensions en entrée et de faibles puissances demandées.
- [0040] L'invention permet donc de faire fonctionner un convertisseur mono-étage avec un rapport cyclique variant de moins de 1 % à environ 80 %, notamment grâce à la compensation de rampe, tout en assurant des performances constantes telles qu'un asservissement de la tension secondaire et une protection en surintensité du convertisseur.
- [0041] L'alimentation selon l'invention peut être utilisée avec une large plage de tension d'entrée de 15 V DC à 420 V DC, et ceci sans commutation, sans réglage lors de

l'utilisation, et avec un seul étage de puissance.

[0042] L'invention permet donc un élargissement de la plage de fonctionnement du convertisseur DC-DC mono-étage, et donc de pouvoir utiliser cette alimentation DC avec une tension de sortie stabilisée sur une large plage de tension d'entrée de 15 V DC à 420 V DC (rapport de 1 à 28).

[0043] La sécurité de l'invention est également améliorée, notamment par la boucle de sécurité qui bloque le contrôleur PWM en cas de détection d'un défaut sur la tension de sortie, et qui permet donc une protection en surtension secondaire.

[0044] L'alimentation selon l'invention permet avantageusement de respecter les contraintes des normes aéronautiques.

[0045] L'invention concerne également un ensemble composé d'une alimentation mono-étage pour un réseau électrique d'un aéronef selon l'invention et d'un redresseur de courant alternatif en courant continu. En particulier, l'alimentation est couplée au redresseur.

[0046] Ainsi, le couplage de l'alimentation avec un redresseur AC-DC permet d'obtenir une alimentation DC « universelle » sur les réseaux électriques des aéronefs, en acceptant soit une tension d'entrée de 28 V DC, soit une tension d'entrée de 115 V AC.

[0047] Cet ensemble peut être utilisé, par exemple, pour l'alimentation des cartes électroniques par du 28 V DC, ou pour la maintenance et la reprogrammation de ces cartes électroniques lors de la maintenance au sol, avec une alimentation par un groupe de parc fournissant en tension de 115 V DC.

[0048] L'invention concerne également l'utilisation d'une alimentation selon l'invention pour alimenter un réseau électrique d'un aéronef avec une tension de 28 V en courant continu.

[0049] L'invention concerne également l'utilisation d'un ensemble selon l'invention pour alimenter un réseau électrique d'un aéronef avec une tension de 115 V en courant alternatif triphasé.

Brève description des dessins

[0050] La présente invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de la présente invention, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description d'un exemple non limitatif qui suit, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

[0051] [fig.1a-1b] les figures 1a et 1b représentent des schémas de base de convertisseurs Flyback,

[0052] [fig.2] la figure 2 représente un schéma de base d'une partie d'une alimentation selon l'invention, avec un convertisseur Flyback et un contrôleur PWM avec compensation de rampe,

- [0053] [fig.3a-3b] les figures 3a et 3b sont des graphiques représentant respectivement la tension dans la boucle de courant et la tension de sortie du contrôleur PWM en fonction du temps,
- [0054] [fig.4] la figure 4 représente un schéma de base d'une partie d'une alimentation selon l'invention, avec un convertisseur Flyback, un contrôleur PWM avec compensation de rampe et un correcteur PID,
- [0055] [fig.5] la figure 5 représente un schéma de base d'un correcteur PID,
- [0056] [fig.6] la figure 6 représente schématiquement la partie puissance d'une alimentation selon l'invention, et
- [0057] [fig.7] la figure 7 représente schématiquement la partie contrôle-commande d'une alimentation selon l'invention.
- [0058] Les éléments ayant les mêmes fonctions dans les différentes mises en œuvre ont les mêmes références dans les figures.

Description des modes de réalisation

- [0059] Les figures 1a et 1b représentent des schémas de base de convertisseurs 10 Flyback DC-DC mono-étage.
- [0060] Un convertisseur 10 Flyback est une alimentation à découplage avec une isolation galvanique entre une entrée et une sortie. Ainsi, l'entrée et la sortie du convertisseur 10 sont isolées l'une de l'autre.
- [0061] Le convertisseur 10 comporte une première boucle formant un circuit primaire, composée d'une source de tension d'entrée 12 configurée pour délivrer une tension primaire V_p , un interrupteur 14 et une première inductance 16. La source de tension 12, l'interrupteur 14 (un « switch » électronique) et la première inductance 16 sont connectés en série.
- [0062] L'interrupteur 14 peut être un transistor MOSFET, un transistor bipolaire ou un transistor IGBT.
- [0063] Le convertisseur 10 comporte une deuxième boucle formant un circuit secondaire, composée d'une deuxième inductance 18 connectée en série avec une diode 20, d'un condensateur 22 et d'une charge 24. Le condensateur 22 et la charge 24 sont connectés en parallèle entre eux, et connectés en parallèle avec la deuxième inductance 18 et la diode 20. La charge 24 peut être une résistance. Le condensateur 22 est configuré pour lisser la tension de sortie.
- [0064] Les première et deuxième inductances 16, 18 sont couplées entre elles et forment un transformateur 26.
- [0065] Le fonctionnement du convertisseur 10 est divisé en deux étapes, selon l'état de l'interrupteur 14.
- [0066] Lorsque l'interrupteur 14 est fermé, le primaire du transformateur 26, c'est-à-dire la

première inductance 16, est relié directement à la source de tension d'entrée 12. Le flux magnétique augmente alors dans le transformateur 26. La tension aux bornes du secondaire du transformateur 26, c'est-à-dire de la deuxième inductance 18, est négative. De ce fait, la diode 20 est dans un état bloqué. Le condensateur 22 fournit alors l'énergie demandée par la charge 24. Ainsi, lorsque l'interrupteur 14 est fermé, il y a une phase de magnétisation du transformateur, c'est à dire de stockage d'énergie dans le circuit magnétique.

- [0067] Lorsque l'interrupteur 14 est ouvert, l'énergie stockée dans le transformateur 26 est transférée à la charge 24. Ainsi, lorsque l'interrupteur 14 est ouvert, il y a une phase de démagnétisation du transformateur, c'est à dire de restitution de l'énergie stockée dans le circuit magnétique.
- [0068] La figure 2 représente une partie d'une alimentation pour un réseau électrique d'un aéronef selon l'invention.
- [0069] L'alimentation comporte, outre le convertisseur 10, un contrôleur PWM 28 configuré pour piloter un interrupteur électronique permettant d'assurer la commutation d'un courant primaire i_p traversant la première inductance 16 avec compensation de rampe.
- [0070] En particulier, le courant primaire i_p traversant la première inductance 16 est piloté, via l'interrupteur 14, par la sortie d'un contrôleur PWM 28 avec un rapport cyclique pouvant varier entre 1 % et 80 %.
- [0071] La compensation de rampe 30 permet un fonctionnement du convertisseur 10 au-delà d'un rapport cyclique de 50 %.
- [0072] Dans les alimentations à découpage (SMPS, de l'expression anglaise « Switched-Mode Power Supplies »), telles que des convertisseurs Flyback, le contrôle en mode courant présente de nombreux avantages par rapport au contrôle en mode tension, mais présente un problème: la boucle de courant peut osciller. Ceci est bien connu comme étant des oscillations sous-harmoniques.
- [0073] Afin de supprimer ces oscillations de la boucle de courant, une rampe de compensation de pente peut être ajoutée à la rétroaction de courant, ou la rampe de compensation de pente peut être soustraite de la tension d'erreur.
- [0074] L'oscillation sous-harmonique apparaît lorsque le rapport cyclique est proche de 50 %, voire même à 45 %, sous la forme d'une impulsion longue suivie d'une impulsion courte.
- [0075] La figure 3a représente la nature de l'oscillation de la boucle de courant, c'est-à-dire la tension V dans la boucle de courant en fonction du temps t .
- [0076] L'horloge « Clock » déclenche la mise sous tension du commutateur, ici l'interrupteur 14. La courbe d représente la forme d'onde de la commande du switch électronique dont le rapport cyclique peut être supérieur à 50 %. La courbe b représente la forme d'onde du courant en régime permanent et illustre son fonc-

tionnement sans perturbation. La courbe c représente le courant d'inductance perturbé et indique comment le système oscille.

- [0077] La perturbation atteint le même courant de crête (référence A), mais lors du cycle d'horloge « Clock » suivant, la perturbation devient négative (référence B) et l'amplitude augmente. Après un autre cycle de commutation, la perturbation redevient positive (référence C), mais a encore augmenté. Ainsi, le signal du contrôleur PWM (courbe d sur la figure 3b) a une longue impulsion (référence D) suivie d'une courte impulsion (référence E) et le système oscille.
- [0078] Afin de stabiliser la boucle de courant, une compensation de rampe est ajoutée au système.
- [0079] Comme représenté sur la figure 2, des moyens de mesure 32 de la tension secondaire sont connectés au circuit secondaire du convertisseur 10. Cette tension secondaire mesurée V_M est comparée avec une tension de référence V_0 au moyen d'un AOP (acronyme de « Amplificateur OPérationnel ») 38. La tension d'erreur est ensuite transmise à un amplificateur d'erreur 40, puis amplifiée (référence T_M) et transmise au contrôleur PWM 28. Le contrôleur PWM 28 reçoit également un signal amplifié du courant d'inductance primaire I_M . Un contrôleur 42 configuré pour commander l'interrupteur 14 est connecté à la sortie du contrôleur PWM 28.
- [0080] Comme représenté sur la figure 4, l'alimentation comporte également un correcteur PID 44 configuré pour asservir et maintenir constante la tension de sortie du convertisseur DC/DC.
- [0081] Ainsi, un asservissement du convertisseur 10 sur la tension de sortie est réalisé par le correcteur PID 44.
- [0082] Ceci permet au convertisseur 10 DC-DC, qui est une alimentation fournissant une tension continue régulée, de maintenir constante sa tension de sortie quelles que soient les variations de courants de sortie, et quelles que soient les variations de la tension d'entrée, et ceci avec une plage de rapport cyclique variant de 1 % à 80 %.
- [0083] L'asservissement du correcteur PID 44 permet de contrôler le contrôleur PWM 28 jusqu'à un rapport cyclique de 1 %, voire même moins, et même jusqu'à des sauts de pas pour des fortes tensions en entrée et de faibles puissances demandées.
- [0084] Comme représenté sur la figure 4, une tension de référence V_{ref} 46 est connectée à une entrée du correcteur PID 44. Cette entrée du correcteur PID 44 est également connectée à la tension secondaire, via une résistance 48a. Une autre entrée du correcteur PID 44 est connectée à la tension secondaire, via des résistances 48b et 48c.
- [0085] Un optocoupleur 50 est connecté entre la sortie du correcteur PID 44 et une entrée du contrôleur PWM 28, à laquelle il transmet une tension de contre-réaction continue V_C . L'optocoupleur 50 est configuré pour isoler une mesure d'une tension secondaire et une réinjection sur le contrôleur PWM 28. Autrement dit, l'optocoupleur 50 permet un

- découplage entre la mesure de la tension secondaire et le pilotage du convertisseur 10.
- [0086] Une autre entrée du contrôleur PWM 28 est connectée à un générateur de dents de scie 52, c'est-à-dire à un générateur de tension délivrant un signal triangulaire V_t . En sortie du contrôleur PWM 28, le signal est sous forme de créneaux. Le contrôleur 42 est connecté entre le contrôleur PWM 28 et l'interrupteur 14.
- [0087] Le condensateur 54 sert de découplage pour le câblage à l'entrée, et fournit la composante alternative du courant absorbé à l'entrée.
- [0088] La figure 5 représente plus précisément le correcteur PID 44.
- [0089] La résistance 56 permet de réaliser l'action proportionnelle du correcteur PID 44, c'est dire que l'erreur est multipliée par un gain.
- [0090] Le condensateur 58 permet de réaliser l'action intégrale du correcteur PID 44, c'est dire que l'erreur est intégrée et divisée par un autre gain. L'action intégrale permet de minimiser l'erreur statique.
- [0091] Le condensateur 60 permet de réaliser l'action dérivée du correcteur PID 44, c'est dire que l'erreur est dérivée et multipliée par un autre gain.
- [0092] Les figures 6 et 7 représentent les parties puissance et contrôle-commande d'une alimentation selon l'invention.
- [0093] Le transformateur 26 du convertisseur 10 est séparé par une barrière d'isolement 66, représentée en pointillés, entre le primaire 62 et le secondaire 64. L'optocoupleur 50 permet l'asservissement de la tension secondaire, tout en assurant l'isolation primaire/secondaire.
- [0094] En particulier, une des difficultés de l'asservissement du convertisseur Flyback réside dans le fait que la sortie est isolée de l'entrée. Ainsi, une partie du circuit d'asservissement doit être connectée sur la sortie, pour assurer un asservissement le plus précis possible, et l'autre partie du circuit d'asservissement, qui commande le contrôleur PWM 28, doit être connectée sur l'entrée.
- [0095] De ce fait, l'asservissement du contrôleur PWM 28 entre la mesure de la tension secondaire et la réinjection sur le contrôleur PWM 28 doit être isolé. L'optocoupleur 50 permet cette isolation. L'optocoupleur 50 est également séparé par la barrière d'isolement 66.
- [0096] L'alimentation comporte également une alimentation auxiliaire 70 pour l'alimentation du contrôleur PWM 28. En particulier, l'alimentation auxiliaire 70 est configurée pour alimenter le contrôleur PWM 28 avec une tension constante.
- [0097] L'alimentation auxiliaire 70 peut comprendre un dispositif de démarrage configuré pour initier la première fermeture de l'interrupteur 14 lors d'une mise sous tension. Cette alimentation auxiliaire 70 permet un démarrage avant la stabilisation du convertisseur 10, et sa stabilité quelles que soient les conditions de fonctionnement. L'alimentation auxiliaire 70 stabilisée permet ainsi un démarrage autonome, quelles

que soient les conditions de fonctionnement.

[0098] Cette alimentation auxiliaire 70 alimente également l'ensemble des composants de pilotage du convertisseur 10.

[0099] L'alimentation comporte également une boucle de sécurité 72 configurée pour bloquer le contrôleur PWM 28 en cas de détection d'un défaut sur la tension de sortie, c'est-à-dire en cas de surtension. La boucle de sécurité 72 protège le convertisseur 10 contre les surtensions sur la tension secondaire, c'est-à-dire en cas de défaut de la boucle d'asservissement. La boucle de sécurité 72 est également séparée par la barrière d'isolement 66.

[0100] La boucle de sécurité 72 permet de répondre aux contraintes imposées par l'environnement aéronautique.

[0101] L'alimentation comporte également un circuit de démagnétisation 74 configuré pour démagnétiser l'énergie électrique stockée dans une inductance de fuite du convertisseur 10.

[0102] En particulier, il peut y avoir une surtension aux bornes de l'interrupteur 14 lors de son ouverture. Cette surtension provient de l'énergie stockée dans l'inductance de fuite au primaire 62 du transformateur 26. L'inductance de fuite n'est pas directement reliée au primaire 62 du transformateur 26, et donc l'énergie qu'elle contient au moment de l'ouverture de l'interrupteur 14 ne peut être transférée au secondaire 64. L'évacuation de l'énergie stockée dans l'inductance de fuite, qui est une inductance parasite, crée une surtension aux bornes de l'interrupteur 14.

[0103] Le circuit de démagnétisation 74 est un circuit RDC et comporte donc au moins une résistance, une diode et un condensateur.

[0104] L'alimentation peut également comprendre un circuit amortisseur 76 configuré pour limiter les surtensions et les suroscillations au niveau de l'interrupteur 14.

[0105] Le circuit amortisseur 76 est un circuit RDC et comporte donc au moins une résistance, une diode et un condensateur.

[0106] Ainsi, l'alimentation selon l'invention comporte un convertisseur de topologie Flyback mono étage en mode discontinu avec un contrôleur PWM à haute fréquence (HF) fonctionnant entre 15 V DC et 420 V DC (420 V DC correspondant à 180 V AC triphasé redressé).

Revendications

- [Revendication 1] Alimentation mono-étage pour un réseau électrique d'un aéronef, comprenant :
- un convertisseur Flyback (10) de courant continu en courant continu, dit convertisseur Flyback DC/DC, mono-étage comprenant au moins un transformateur (26) primaire-secondaire comportant une première et une deuxième inductance (16, 18) couplées entre elles, une source de tension (12) configurée pour délivrer une tension primaire (V_P), et un interrupteur (14),
 - un contrôleur (28) à modulation de largeur d'impulsions configuré pour piloter un interrupteur électronique permettant d'assurer la commutation d'un courant primaire (i_P) traversant ladite première inductance (16) avec compensation de rampe (30), ledit contrôleur (28) étant alimenté avec une tension constante fournie par une alimentation auxiliaire (70), ladite alimentation auxiliaire (70) comprenant un dispositif de démarrage configuré pour initier une fermeture dudit interrupteur (14) lors d'une mise sous tension,
 - un correcteur (44) proportionnel intégral dérivé configuré pour asservir et maintenir constante une tension de sortie dudit convertisseur Flyback (10) DC/DC,
 - une boucle de sécurité (72) configurée pour bloquer ledit contrôleur (28) en cas de surtension,
 - un optocoupleur (50) configuré pour isoler une mesure d'une tension secondaire (V_M) et une réinjection sur ledit contrôleur (28), et
 - un circuit amortisseur (76) configuré pour limiter les surtensions dudit interrupteur (14).
- [Revendication 2] Alimentation selon la revendication précédente, dans laquelle l'alimentation auxiliaire (70) est configurée pour alimenter ledit contrôleur (28) avec une tension constante.
- [Revendication 3] Alimentation selon l'une des revendications précédentes, comprenant également un circuit de démagnétisation (74) configuré pour démagnétiser l'énergie électrique stockée dans une inductance de fuite dudit

- convertisseur (10).
- [Revendication 4] Alimentation selon la revendication précédente, dans laquelle ledit circuit de démagnétisation (74) comporte au moins une résistance, une diode et un condensateur.
- [Revendication 5] Alimentation selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ledit circuit amortisseur (76) comporte au moins une résistance, une diode et un condensateur.
- [Revendication 6] Alimentation selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle l'interrupteur (14) est un transistor à effet de champ à grille isolée, un transistor bipolaire ou un transistor bipolaire à grille isolée.
- [Revendication 7] Ensemble composé d'une alimentation mono-étage pour un réseau électrique d'un aéronef selon l'une des revendications précédentes et d'un redresseur de courant alternatif en courant continu, ladite alimentation étant couplée audit redresseur.
- [Revendication 8] Utilisation d'une alimentation mono-étage pour un réseau électrique d'un aéronef selon l'une des revendications 1 à 6, pour alimenter un réseau électrique d'un aéronef avec une tension de 28 V en courant continu.
- [Revendication 9] Utilisation d'un ensemble selon la revendication 7, pour alimenter un réseau électrique d'un aéronef avec une tension de 115 V en courant alternatif triphasé.

[Fig. 1a-1b]

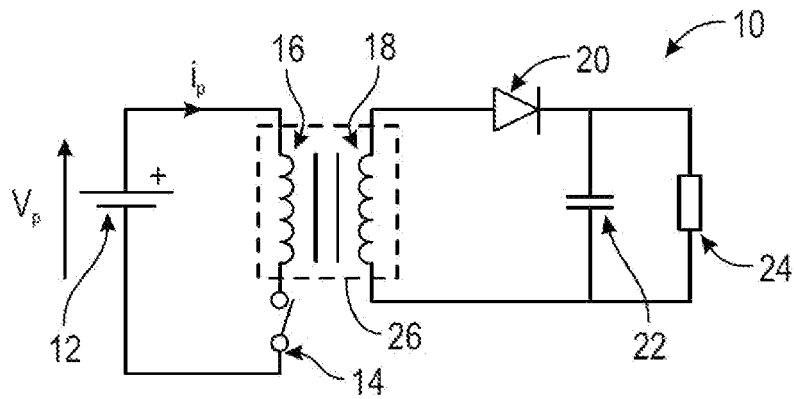


FIG. 1a

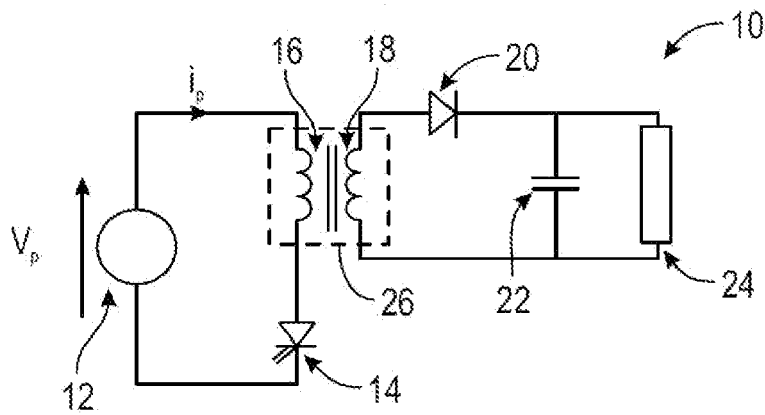


FIG. 1b

[Fig. 2]

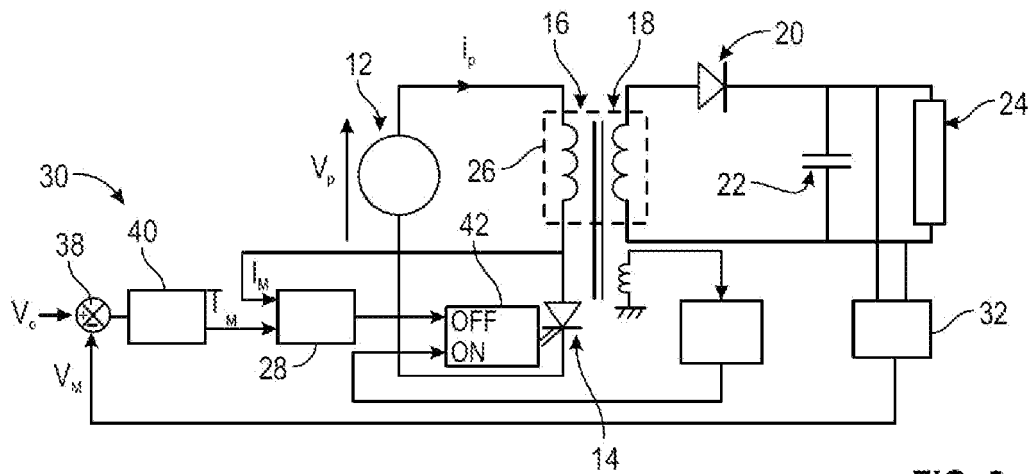
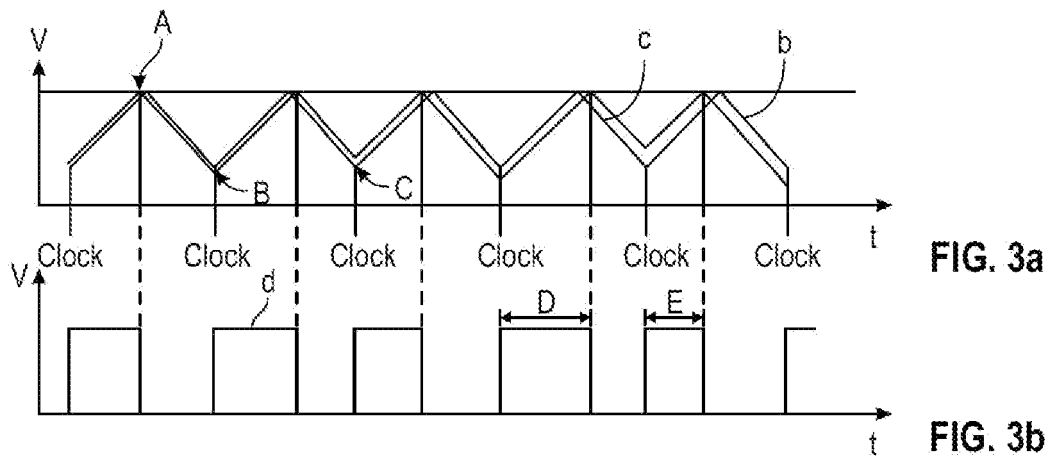


FIG. 2

[Fig. 3a-3b]



[Fig. 4]

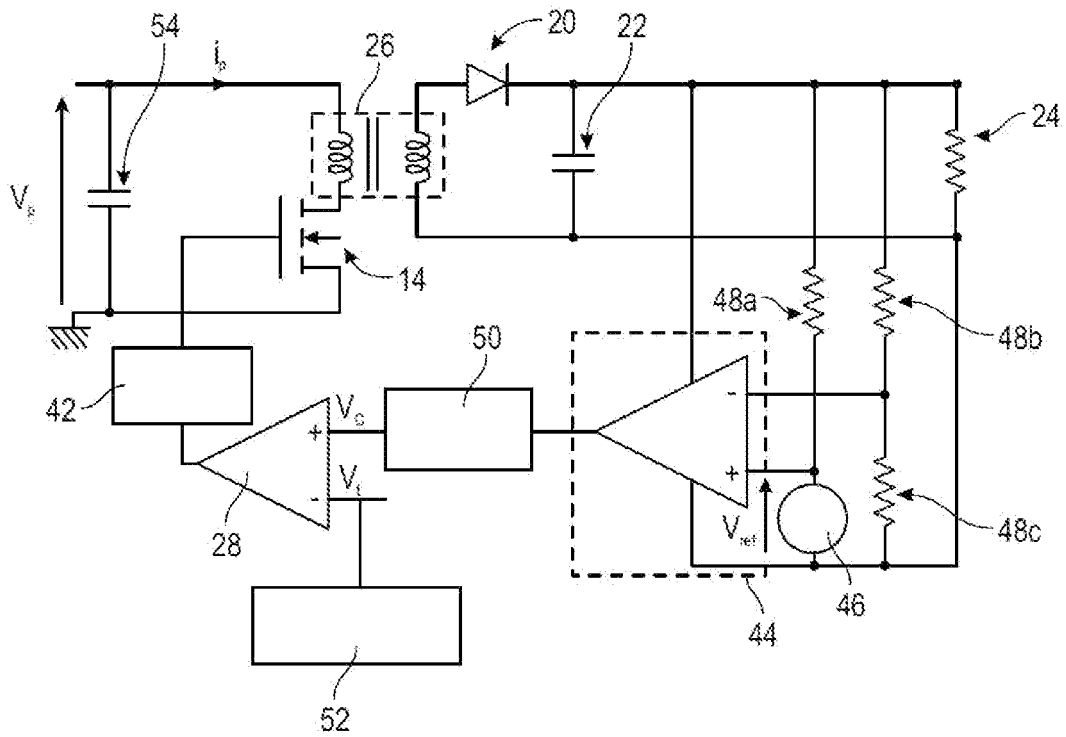
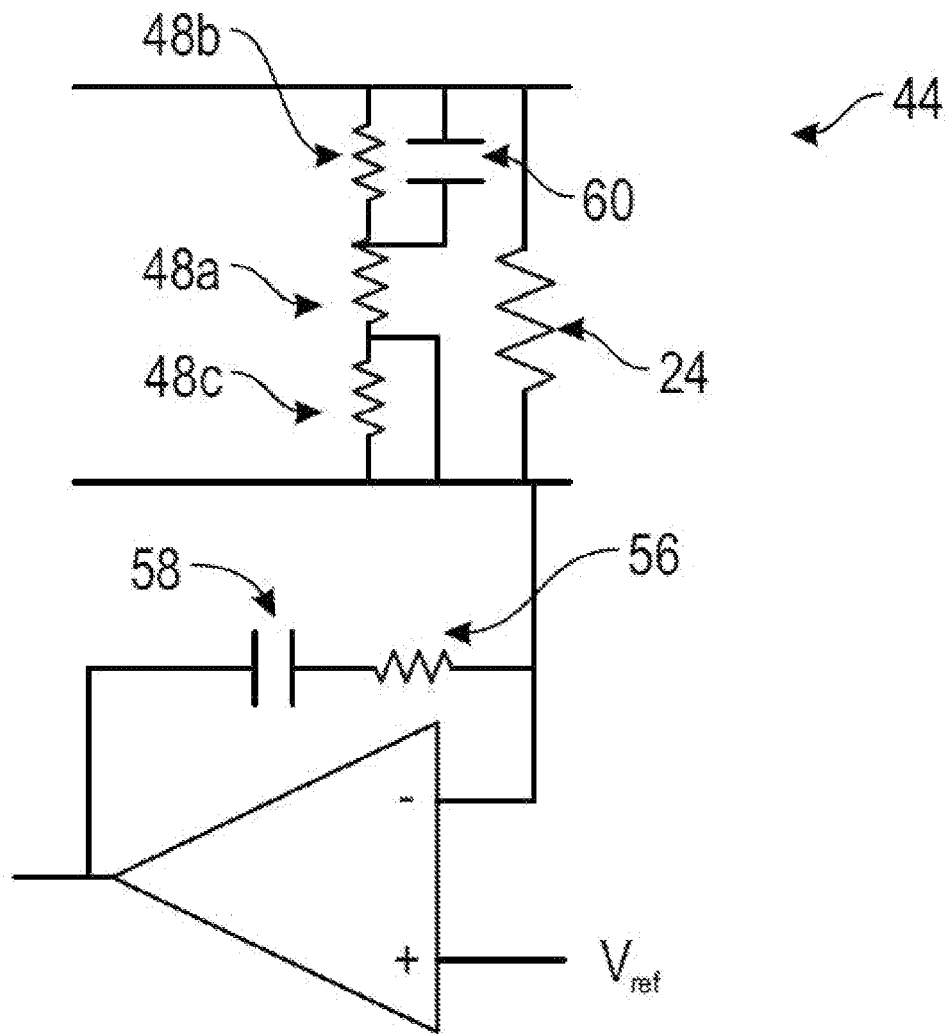


FIG. 4

[Fig. 5]

**FIG. 5**

[Fig. 6]

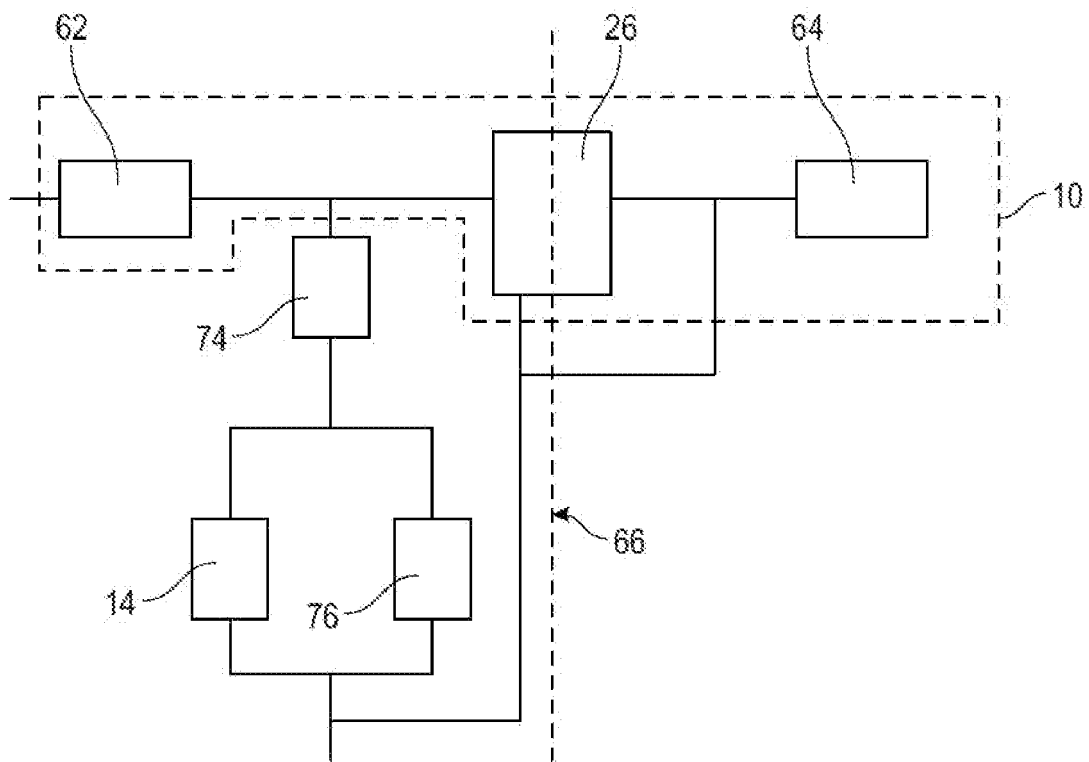


FIG. 6

[Fig. 7]

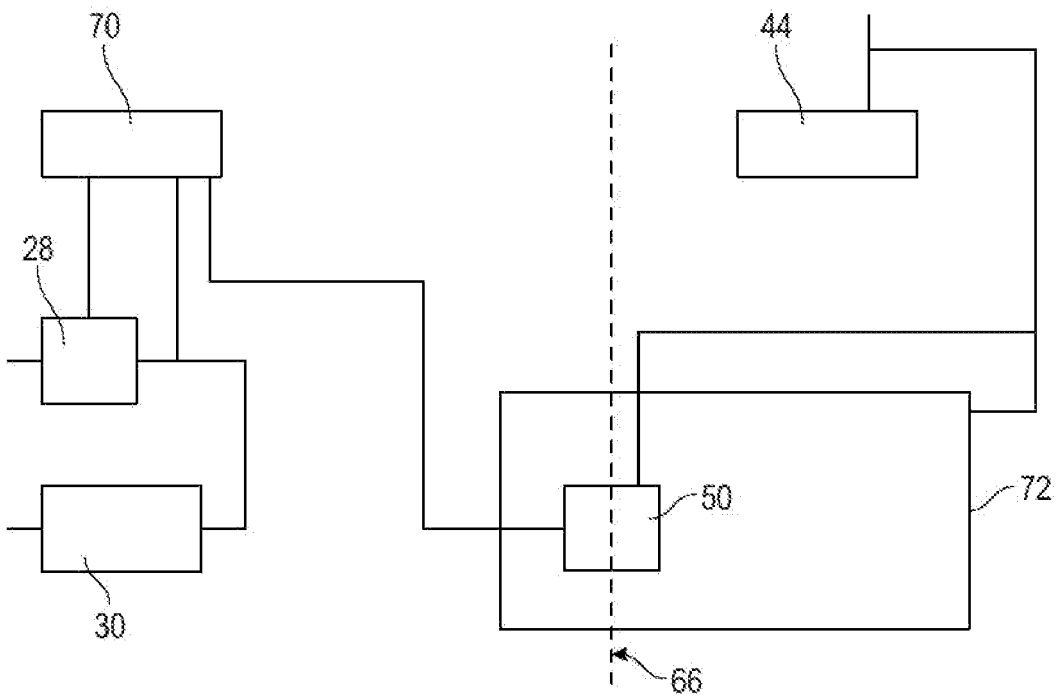


FIG. 7

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 869861
FR 1908708

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	Texas Instruments: "UCC28780 High Frequency Active Clamp Flyback Controller", 28 février 2018 (2018-02-28), XP055682122, Extrait de l'Internet: URL: http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ucc28780.pdf [extrait le 2020-04-01] * page 1 * * Section 9; page 51 * * Section 7.4.10.2 * * équation (44); page 45 *	1-9	H02M3/335 H02J3/10 B64D47/00
X	----- CHEN CHING-JAN ET AL: "Unified Small-Signal Model and Compensator Design of Flyback Converter With Peak-Current Control at Variable Frequency for USB Power Delivery", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, USA, vol. 34, no. 1, 1 janvier 2019 (2019-01-01), pages 783-793, XP011697095, ISSN: 0885-8993, DOI: 10.1109/TPEL.2018.2812855 [extrait le 2018-11-27] * abrégé * * figures 1, 2 * * Section IV.B; figure 11 * ----- -/-	1-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02M
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 avril 2020		Adami, Salah-Eddine	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 869861
FR 1908708

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	THALE SUSHIL ET AL: "A novel low cost portable integrated solar PV, fuel cell and battery emulator with fast tracking algorithm", 2014 IEEE 40TH PHOTOVOLTAIC SPECIALIST CONFERENCE (PVSC), IEEE, 8 juin 2014 (2014-06-08), pages 3138-3143, XP032660124, DOI: 10.1109/PVSC.2014.6925602 [extrait le 2014-10-15] * abrégé * * figures 1, 2 * * Section II *	1-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	----- Erickson: "Fundamentals of Power Electronics SECOND EDITION", 1 janvier 2007 (2007-01-01), XP055462444, Extrait de l'Internet: URL:https://eleccompengineering.files.wordpress.com/2015/01/fundamentals-of-power-electronics_2nd_erickson_full.pdf [extrait le 2018-03-23] * Section 12.1 * * figure 20.6 *	1-9	
A	----- Richtek Technology Corporation: "Programmable Burst Switching Green Mode/Burst Mode Level Flyback Controller", 30 septembre 2014 (2014-09-30), XP055478691, Extrait de l'Internet: URL:http://www.datasheet4u.com/pdf-down/R/T/7/RT7737-Richtek.pdf [extrait le 2018-05-28] * page 8 *	1-9	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 avril 2020		Adami, Salah-Eddine	
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			