

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale

WO 2016/189001 A1

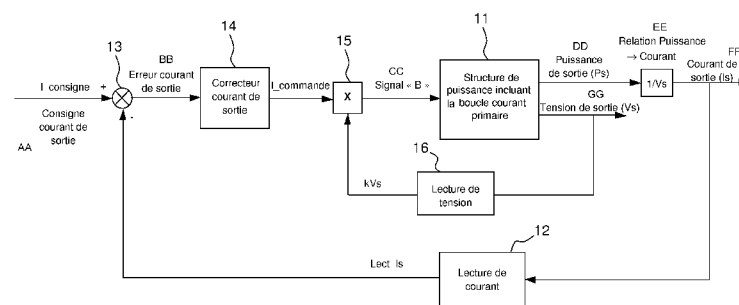
(43) Date de la publication internationale
1 décembre 2016 (01.12.2016)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
G05F 1/56 (2006.01) H02H 7/125 (2006.01)
H02M 1/42 (2007.01) H02J 1/10 (2006.01)
H02M 1/32 (2007.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/061696
- (22) Date de dépôt international :
24 mai 2016 (24.05.2016)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
15/01093 27 mai 2015 (27.05.2015) FR
- (71) Déposant : THALES [FR/FR]; TOUR CARPE DIEM,
Place des Corolles, Esplanade Nord, 92400 Courbevoie
(FR).
- (72) Inventeurs : MOREL, Benoit; c/o Thales Systèmes Aéro-
portés, 10 avenue de la 1ère DFL, 29200 Brest (FR). LE
BARS, David; c/o Thales Systèmes Aéroportés, 10 avenue
de la 1ère DFL, 29200 Brest (FR). STEPHAN, Hervé; c/o
Thales Systèmes Aéroportés, 10 avenue de la 1ère DFL,
29200 Brest (FR).
- (74) Mandataires : BRUNELLI, Gérald et al.; Immeuble "Vi-
sium", 22 avenue Aristide Briand, 94117 Arcueil (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont re-
çues (règle 48.2.h)

(54) Title : POWER CONVERTER AND ASSOCIATED ELECTRICAL GRID

(54) Titre : CONVERTISSEUR DE PUISSANCE ET RESEAU ELECTRIQUE ASSOCIE



AA Output current setpoint
BB Output current error
CC Signal "B"
DD Output power (Ps)
EE Power -> Current relationship
FF Output current (Is)
GG Output voltage (Vs)
11 Power structure including the primary current loop
12 Current reading
14 Output current corrector
16 Voltage reading

FIG.7

(57) Abstract : A power converter characterised in that it comprises a power structure (11) receiving, as input, an alternating voltage comprising at least one phase and supplying, as output, a direct voltage (Vs), the output power of said power structure (11) being regulated by a multiplier (15) receiving as input a current control signal (I_commande) and a signal proportional to the output voltage of the power structure (11), said current control signal (I_commande) being generated by a current correction module (14) receiving as input a signal proportional to the difference between the output current of the power structure (11) and a current setpoint signal (I_consigne). An electrical grid characterised in that it comprises such a power conversion circuit.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2016/189001 A1



Convertisseur de puissance caractérisé en ce qu'il comprend une structure de puissance (11) recevant en entrée une tension alternative comprenant au moins une phase et fournissant en sortie une tension continue (V_s), ladite structure de puissance (11) étant régulée en puissance de sortie par un multiplieur (15) recevant en entrée un signal de commande en courant (I_{commande}) et un signal proportionnel à la tension de sortie de la structure de puissance (11), ledit signal de commande en courant (I_{commande}) étant généré par un module de correction de courant (14) recevant en entrée un signal proportionnel à la différence entre le courant de sortie de la structure de puissance (11) et un signal de consigne de courant (I_{consigne}). Réseau électrique caractérisé en ce qu'il comprend un tel circuit de conversion d'énergie.

CONVERTISSEUR DE PUISSANCE ET RESEAU ELECTRIQUE ASSOCIE

5 La présente invention concerne le domaine de l'électronique de puissance et notamment celui des systèmes électriques connectés aux réseaux de distribution d'énergie. La présente invention concerne plus particulièrement un convertisseur de puissance et un réseau électrique associé.

10

 L'invention peut trouver son application dans des réseaux de distribution électrique comme par exemple ceux embarqués dans les moyens de transport notamment dans les domaines aéronautique, automobile ou ferroviaire. Ces réseaux permettent d'alimenter différents appareils
15 nécessitant des tensions continues à partir d'une source de tension alternative comprenant au moins une phase.

 Dans les réseaux électriques, l'alimentation doit adresser plusieurs sous-ensembles ou consommateurs connectés audit réseau. Un problème
20 se pose lorsqu'un ou plusieurs de ces sous-ensembles se retrouvent en court-circuit. En effet, contrairement aux alimentations ne desservant qu'un seul équipement électrique, l'alimentation ne peut être coupée pour la déconnecter du réseau, par exemple en faisant disjoncter une protection ou fondre un fusible, au risque de couper l'alimentation des autres
25 consommateurs connectés au réseau électrique. Si un consommateur se met en défaut, l'alimentation ne doit pas s'interrompre et doit être capable d'actionner une sécurité configurée pour isoler le consommateur en défaut du réseau.

30 Un problème des convertisseurs de puissance réalisés à l'aide de correcteur de facteur de puissance régulant son courant de sortie vient du comportement de cette structure de puissance lorsque sa sortie se trouve en court-circuit ou lorsque l'amplitude de la tension de sortie est très faible. En effet, la fonction de transfert d'une telle structure comprend un gain statique
35 proportionnel à l'inverse de la tension de sortie de la structure de puissance.

2

En référence à la figure 1, on rappelle qu'un circuit de conversion alternatif vers continu de type correcteur de facteur de puissance ou PFC pour " *Power Factor Corrector* " selon la terminologie anglo-saxonne, lorsqu'il est connecté sur un réseau alternatif ne perturbe pas, ou très peu, ce dernier. Pour ce faire, le circuit de type " PFC " doit avoir un facteur de puissance le plus proche de l'unité et peu d'harmoniques de courant en entrée. Son courant d'entrée doit être sinusoïdal et en phase avec la tension à son entrée. Vu de son entrée, le convertisseur doit être aussi proche que possible qu'une charge résistive. A cette fin, la structure de puissance comprend une boucle de courant primaire. Le courant d'entrée de la structure de puissance est asservi à un signal de consigne proportionnel à la tension d'entrée de ladite structure de puissance et en reprend donc la forme sinusoïdale. Le contrôle de l'amplitude de ce signal de consigne permet de contrôler l'amplitude du courant absorbé par la structure de puissance. Afin de conserver un gain indépendant de la tension d'entrée entre le signal de commande B et la puissance absorbée par la structure de puissance, le signal de consigne de courant d'entrée, consigne_lin, est usuellement déterminée comme suit :

$$\text{consigne_lin} = A \times B / C^2$$

Où: A est un signal proportionnel à la tension d'entrée instantanée, il a donc la forme sinusoïdale de celle-ci,
B est un signal de commande permettant de contrôler la puissance absorbée par la structure de puissance,
C est un signal proportionnel à la valeur efficace de la tension d'entrée de la structure de puissance.

A titre illustratif, la figure 2 représente un exemple de mode de réalisation d'une structure de puissance de type " flyback " connue de l'art antérieur. Soit $U_{in}(t)$ la tension d'entrée, cette tension peut s'écrire sous la forme :

$$U_{in}(t) = U_{eff} \times \sqrt{2} \times \sin(\omega \times t)$$

où U_{eff} représente la valeur efficace de la tension d'entrée.

Suivant les descriptions précédentes, on peut écrire :

3

$$A = K_1 \times U_{\text{eff}} \times \sqrt{2} \times \sin(\omega \times t)$$

$$C = K_2 \times U_{\text{eff}}$$

Avec K_1 et K_2 deux constantes

Si on suppose que le PFC fonctionne correctement, le courant
5 d'entrée I suit sa consigne et donc :

$$I = \text{consigne_lin} = K_1 \times U_{\text{eff}} \times \sqrt{2} \times \sin(\omega \times t) \times B / K_2^2 \times U_{\text{eff}}^2$$

On peut donc extraire la valeur efficace du courant d'entrée :

$$I_{\text{eff}} = K_1 \times B / (K_2^2 \times U_{\text{eff}})$$

Le courant et la tension étant en phase, la puissance d'entrée P_{in} peut
10 s'écrire :

$$P_{\text{in}} = I_{\text{eff}} \times U_{\text{eff}} = (K_1/K_2^2) \times B$$

On constate que la puissance d'entrée, et donc la puissance fournie
(au rendement près), ne varie que suivant le terme B . Les constantes K_1 et
 K_2 étant définies par le circuit de mesure et donc figées lors de la conception,
15 la structure de puissance, incluant la boucle d'asservissement courant
primaire fournit donc une puissance de sortie proportionnelle à B .

Afin de contrôler précisément le courant de sortie, celui-ci est asservi.
La figure 3 représente de façon schématique un exemple de boucle de
20 courant secondaire. En fonctionnement nominal, la consigne de courant de
sortie est définie par le correcteur de l'asservissement de la tension de sortie.
En cas de fonctionnement sur court-circuit, une valeur fixe correspondant au
courant de court-circuit désiré est appliquée.

Le correcteur de l'asservissement courant de sortie contrôlant
25 directement l'entrée "B" de la structure de puissance incluant la boucle
courant primaire, il en résulte un contrôle de la puissance de sortie. La
relation entre puissance de sortie et courant de sortie fait apparaître un gain
proportionnel à l'inverse de la tension de sortie ($1/V_s$) dans la boucle de
courant secondaire. Pour une tension de sortie V_s donnée, le
30 dimensionnement du correcteur de la boucle courant de sortie ne pose pas
de problème. En revanche, les critères de stabilité des boucles (marges de
gain et phase) ne peuvent être garantis à mesure que la tension baisse. Le
gain de la fonction de transfert en boucle ouverte (FBTO) augmentant alors

que la phase reste inchangée, la baisse de la tension de sortie V_s conduit à une augmentation de la bande passante et une réduction de la marge de phase, jusqu'à ce que le système devienne instable.

5 A titre d'exemple, les figures 4 à 6 présentent des diagrammes de Bode (module et phase) de la fonction de transfert en boucle ouverte d'une même structure de puissance respectivement pour un cas de tension nominale de 42V, dans le cas où la tension a chuté à 20V et dans le cas où la tension a chuté à 7V. Dans le cas où la tension de sortie est à sa valeur
10 nominale, la structure présente une bande passante de 220Hz, une marge de gain de 15,5dB et une marge de phase de 42°. Lorsque la tension de sortie chute à 20V, la bande passante augmente au détriment des marges de stabilité. La bande passante passe à 340Hz tandis que la marge de gain et la
15 exemple, le cas d'instabilité est atteint, les marges de phase et de gain sont nulles.

Un problème se pose donc lorsque la sortie de la structure de puissance se trouve en court-circuit ou lorsque l'amplitude de la tension de sortie est très faible. Dans ce cas la boucle de courant devient instable et
20 une instabilité de la boucle courant de sortie se traduit par une forte oscillation du courant de sortie, donc une perte du contrôle dudit courant de sortie. Cela peut se traduire par un échauffement excessif du convertisseur, voire sa destruction.

25 Il est connu des convertisseurs de puissance dans lesquels la stabilisation est assurée par le circuit au primaire de la structure de puissance mais cela pose le problème du contrôle du courant de sortie depuis le circuit primaire vers le secondaire de la structure de puissance.

30 Un but de l'invention est notamment de corriger tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur en proposant une solution permettant à un circuit d'alimentation d'un bus de tension continue, lorsqu'un de ces consommateurs est en défaut, d'être capable de fournir un courant continu de court-circuit suffisamment élevé pour activer la sécurité de cet utilisateur

et l'isoler du réseau d'alimentation sans disjoncter ledit circuit d'alimentation ou le détruire.

A cet effet, l'invention a pour objet un convertisseur de puissance et un réseau d'alimentation tels que décrit par les revendications.

D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description ci-après, donnée à titre illustratif et non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- La figure 1, précédemment citée, illustre le principe du correcteur de facteur de puissance;
- La figure 2, précitée, représente un exemple de mode de réalisation d'une structure de puissance de type "flyback" connue de l'art antérieur ;
- La figure 3, précédemment citée, représente de façon schématique un exemple de boucle de courant secondaire connue de l'art antérieur ;
- Les figures 4 à 6, précédemment citées, représentent des diagrammes de Bode d'une même structure de puissance respectivement dans le cas d'une tension nominale de 42V et dans les cas où la tension a chuté à 20V et à 7V ;
- La figure 7 représente de façon schématique un exemple de mode de réalisation d'un convertisseur de puissance selon l'invention ;
- La figure 8 représente le diagramme de Bode d'un exemple de convertisseur de puissance selon l'invention dans le cas d'une tension nominale et d'un court-circuit en sortie.

Par la suite on désignera par le terme "consommateur" tout équipement, circuit, sous-circuit, et de façon générale tout équipement connecté au bus d'alimentation.

De même, on parlera indifféremment de "réseau de distribution continu" et de "bus continu".

L'invention concerne un convertisseur de puissance convertissant une tension alternative en entrée en une tension continue en sortie. Comme vu précédemment, le fait de contrôler la puissance fournie par la structure de puissance et non directement son courant de sortie introduit un terme proportionnel à l'inverse de la tension de sortie dans la fonction de transfert du convertisseur de puissance. Le principe de l'invention repose sur l'utilisation d'un circuit de multiplication pour compenser le terme proportionnel à l'inverse de la tension de sortie et obtenir un circuit de conversion présentant un gain indépendant de la tension de sortie.

En référence à la figure 7, le convertisseur de puissance selon l'invention est réalisé autour d'une structure de puissance 11 de type PFC, ou correcteur de facteur de puissance, régulant son courant de sortie. Cette structure de puissance 11 reçoit en entrée une tension alternative et fournit en sortie une tension continue V_s . La tension d'entrée peut être monophasée ou polyphasée comme par exemple une tension alternative triphasée. La structure de puissance 11 peut, par exemple, être une structure de type flyback.

Afin de contrôler le courant de sortie I_s , le convertisseur de puissance comprend une boucle de courant secondaire configurée pour asservir le courant en sortie de ce dernier. Le convertisseur de puissance comprend un module de lecture de courant 12, un additionneur 13 et un module de correction de courant 14.

Le module de lecture de courant 12 reçoit en entrée le courant de sortie de la structure de puissance 11 et sa sortie est connectée en entrée de l'additionneur 13. Ce module 12 a pour but de mesurer le courant de sortie de la structure de puissance 11. A cet effet, le module de lecture de courant 12 peut comprendre un capteur de courant configuré pour délivrer un signal $lect_{I_s}$ représentatif de l'amplitude du courant de sortie I_s de la structure de puissance 11. Ce module 12 peut également comprendre un filtre de courant. Le capteur de courant peut par exemple être un capteur de type inductif, un capteur de tension configuré pour délivrer un signal représentatif de l'amplitude de la tension aux bornes d'une résistance en

série de faible valeur ou tout autre capteur de courant connu de l'homme du métier.

L'additionneur 13 reçoit sur son entrée inverseuse, le signal lect_Is et sur l'autre entrée, un signal de consigne de courant de sortie I_consigne. Ce
5 signal de consigne de courant permet de fixer le niveau de courant en sortie de la structure de puissance 11.

Le signal de consigne est défini par un correcteur d'une boucle de régulation de tension de sortie (non représentée) du convertisseur de puissance. Dans la boucle de tension de sortie secondaire, l'amplitude de la
10 tension de sortie du convertisseur est mesurée et est comparée à une valeur de référence de tension prédéterminée. L'erreur obtenue est ensuite traitée pour donner la valeur de la consigne de courant de sortie. En cas de court-circuit, la consigne de courant de sortie prend une valeur fixe prédéterminée correspondant à une valeur seuil du courant de sortie. De façon
15 avantageuse, cela permet de définir et maîtriser l'amplitude du courant de court-circuit et cela garantit que l'amplitude du courant ne sera jamais supérieur à une valeur prédéfinie afin de ne pas endommager les consommateurs connectés au réseau ou de ne pas endommager le convertisseur de puissance. En mode nominal, le signal de consigne de
20 courant régule le courant de sortie. C'est un signal interne à la boucle de tension.

L'additionneur 13 ou comparateur est configuré pour délivrer en sortie un signal d'erreur de courant de sortie proportionnel à la différence entre la
consigne de courant de sortie I_consigne et le signal de sortie du module de
25 lecture de courant lect_Is.

Suivant un mode de réalisation préférentiel, l'additionneur 13 est un circuit analogique comme par exemple un amplificateur différentiel à gain unitaire ou tout autre circuit analogique connu de l'homme du métier.

Le module de correction de courant de sortie 14 est connecté en série
30 entre la sortie de l'additionneur 13 et une première entrée d'un multiplieur 15 connecté en entrée de la structure de puissance 11. De façon préférentielle, le multiplieur 15 est un circuit multiplicateur analogique.

Le module de correction de courant de sortie 14 est configuré pour délivrer en sortie un signal de commande I_commande. Ce module 14 a pour
35 but de fixer le courant absorbé par la structure de puissance 11 afin qu'il soit

suffisant pour que la tension de sortie V_s de la structure de puissance ait l'amplitude requise. Suivant un mode de réalisation préférentiel, le module de correction de courant 14 est réalisé en circuit analogique. Le module de correction 14 peut être un filtre analogique à base d'amplificateur opérationnel, de résistances, de condensateurs et éventuellement de selfs.

Le convertisseur de puissance comprend un module de lecture de tension 16 connecté en sortie de la structure de puissance 11. Il est configuré pour mesurer la tension de sortie V_s de la structure de puissance et délivrer à sa sortie une tension kV_s dont l'amplitude est proportionnelle à la tension de sortie V_s . Le module de lecture de tension 16 est connecté en série entre la sortie de la structure de puissance 11 et une deuxième entrée du multiplieur 15. Suivant un mode de réalisation préférentiel, le module de lecture de tension 16 est un module analogique réalisé entièrement en composant analogique. Ce module 16 peut comprendre un capteur de tension réalisé par exemple, à partir d'un amplificateur de tension à haute impédance d'entrée.

Le signal en sortie du multiplieur 15 correspond au signal de commande, précédemment nommé "B", permettant de contrôler la puissance absorbée par la structure de puissance 11. La sortie du multiplieur 15 est connectée à l'entrée "B" de contrôle de la structure de puissance.

Comme vu précédemment, dans ce convertisseur de puissance, on ne contrôle donc pas directement le courant de sortie, mais la puissance de sortie par l'intermédiaire du signal "B"; De ce fait, un gain " $1/V_s$ " proportionnel à l'inverse de la tension de sortie apparaît dans la boucle de courant secondaire. Ce gain vient de la relation liant la puissance au courant : $P_s = V_s \times I_s$.

De façon avantageuse, l'ajout du multiplieur 15 et du module de lecture de tension 16 dans la boucle de courant secondaire permet de multiplier la fonction de transfert du circuit par le terme kV_s avec k un réel non nul, et permet donc de supprimer la dépendance de la fonction de transfert du terme en $1/V_s$. Le fait de multiplier la fonction de transfert par la

tension de sortie V_s permet ainsi de stabiliser le circuit de conversion dans le cas d'un défaut ou d'un court-circuit d'un consommateur c'est-à-dire lorsque l'amplitude de la tension de sortie est nulle ou proche de zéro. La présence du multiplieur 15 et du module de lecture de tension 16 permet au convertisseur de puissance d'être stable dans le cas d'un court-circuit et donc de délivrer un courant de court-circuit sur le réseau capable d'activer la sécurité d'un consommateur en défaut afin de l'isoler dudit réseau et non un courant d'amplitude démesurée et non maîtrisée qui pourrait endommager le circuit de conversion ou des consommateurs.

Les équations (1) et (2) donnent l'expression des fonctions de transfert en boucle ouverte respectivement dans le cas où la boucle de tension est absente (FTBO_1) et dans le cas où la boucle de tension est présente (FTBO_2).

$$FTBO_1 = G_{corr_Is}(\omega) \times G_{st_puiss}(\omega) \times (1/V_s) \times G_{lect_Is}(\omega) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} FTBO_2 &= G_{corr_Is}(\omega) \times G_{st_puiss}(\omega) \times (1/V_s) \times G_{lect_Is}(\omega) \times G_{lect_Vs}(\omega) \times k V_s \\ &= G_{corr_Is}(\omega) \times G_{st_puiss}(\omega) \times G_{lect_Is}(\omega) \times G_{lect_Vs}(\omega) \times k \end{aligned} \quad (2)$$

Où: $G_{corr_Is}(\omega)$ représente le gain complexe du module de correction de courant,
 $G_{st_puiss}(\omega)$ représente le gain complexe de la structure de puissance
 $G_{lect_Is}(\omega)$ représente le gain complexe du module de lecture de courant,
 $G_{lect_Vs}(\omega)$ représente le gain complexe du module de lecture de tension,
 V_s représente la tension de sortie du convertisseur et k un réel non nul.

Le multiplieur 15 multiplie la sortie du correcteur 14 de la boucle courant secondaire par une grandeur kV_s proportionnelle à la tension de sortie et introduit un terme " $\times V_s$ " dans la fonction de transfert en boucle ouverte de la boucle courant secondaire. Ainsi, le terme " $1/V_s$ ", source d'instabilité lorsque la tension de sortie est basse est annulé par le terme

“ $x V_s$ ” inséré au moyen du multiplieur dans la fonction de transfert en boucle ouverte, qui devient indépendante de la tension de sortie V_s .

La figure 8 représente le diagramme de Bode (module et phase) d'un exemple de convertisseur de puissance selon l'invention dans le cas d'une tension nominale de 42V et d'une tension de sortie proche du court-circuit (0,1V). Les courbes représentatives du gain et de la phase restent identiques pour 42V ou 0,1V de tension de sortie. Le dimensionnement du correcteur 14 de la boucle courant secondaire et les performances de cette boucle (stabilité, rapidité) restent valables pour toute valeur de la tension de sortie, y compris en cas de court-circuit.

L'adjonction d'un terme multiplicateur V_s pour compenser le terme en $1/V_s$, où V_s représente la tension de sortie du circuit de conversion, permet une régulation en puissance de sortie P_s du convertisseur, au lieu d'une régulation en courant de sortie et n'introduit aucun changement du point de vue équilibrage. L'ajout du multiplieur 15 et du module de lecture de tension 16 permet ainsi de transformer la sortie du correcteur de la boucle courant secondaire, qui est une grandeur correspondant à un courant, en une grandeur correspondant à une puissance (effet de la multiplication par la tension de sortie V_s). Cela assure la cohérence avec l'entrée “ B ” de la structure de puissance avec sa boucle de régulation primaire, qui est un contrôle de la puissance absorbée.

Si un consommateur présente un court-circuit, la tension du réseau va chuter brutalement et l'ensemble des consommateurs vont subir un creux de tension. Le convertisseur de puissance va délivrer un courant de court-circuit d'amplitude suffisamment élevé pour activer la sécurité du consommateur en défaut et le réseau va retrouver ses pleines performances avec un niveau de stabilité absolu. De façon avantageuse, la présence du multiplieur 16 permet un retour à la tension de sortie V_s nominale de façon linéaire et sans oscillations ou paliers.

L'invention peut trouver son application dans des réseaux de distribution électrique continue ou bus d'alimentation continue. Ces réseaux

peuvent, par exemple, être embarqués dans des moyens de transport terrestre, aérien ou maritime. Ces réseaux de distribution ou bus sont destinés à alimenter plusieurs consommateurs connectés audit réseau.

5 Ce réseau électrique ou bus peut comprendre au moins une source de tension alternative comprenant au moins une phase connecté en entrée d'un circuit de conversion d'énergie tel que décrit précédemment, la tension continue alimentant ledit réseau de distribution électrique se retrouvant aux bornes de sortie dudit circuit de conversion d'énergie. La tension alternative peut être une tension monophasée ou polyphasée comme par exemple une
10 tension triphasée. Le réseau de distribution électrique est configuré pour alimenter une pluralité de consommateurs, chaque consommateur comprenant un dispositif de sécurité configuré pour isoler le consommateur du réseau en cas de détection d'un courant d'amplitude élevée ou courant de court-circuit. Ce dispositif de sécurité peut être par exemple un fusible, un
15 disjoncteur ou tout autre équipement d'isolation équivalent.

De façon préférentielle, les différents modules décrits précédemment, comme le module de lecture de courant 12, l'additionneur 13, le module de correction de courant 14, le multiplieur 15 et le module de lecture de tension
20 16, sont réalisés uniquement à l'aide de composants analogique. Ce mode de réalisation n'est nullement limitatif et tout ou partie d'un ou plusieurs modules peuvent être réalisé à l'aide de circuits numérique par exemple dans le cas d'une utilisation pour un réseau électrique destiné à un domaine autre que l'avionique.

25

REVENDEICATIONS

- 5 1. Convertisseur de puissance du type correcteur de facteur de puissance, caractérisé en ce qu'il comprend une structure de puissance (11) recevant en entrée une tension alternative comprenant au moins une phase et fournissant en sortie une tension continue (V_s),
- 10 ladite structure de puissance (11) étant régulée en puissance de sortie (P_s) par un multiplieur (15) recevant en entrée un signal de commande en courant (I_{commande}) et un signal proportionnel à la tension de sortie de la structure de puissance (11),
- 15 ledit signal de commande en courant (I_{commande}) étant généré par un module de correction de courant (14) recevant en entrée un signal proportionnel à la différence entre le courant de sortie de la structure de puissance (11) et un signal de consigne de courant de sortie (I_{consigne}), et prenant une valeur fixe prédéterminée en cas de fonctionnement sur court-circuit en sortie.
- 20 2. Convertisseur de puissance selon la revendication précédente comprenant :
- un module de lecture de courant (12) connecté en série entre la sortie de la structure de puissance (11) et un additionneur (13), ledit additionneur (13) recevant sur une deuxième entrée une consigne de courant de sortie (I_{consigne}) prédéterminée, ledit module de lecture de courant (12) étant configuré pour délivrer en sortie un signal ($I_{\text{lect}} I_s$) représentatif de l'amplitude du courant de sortie (I_s) de la structure de puissance (11) et ledit additionneur (13) étant configuré pour délivrer en sortie un signal proportionnel à la différence entre la consigne de courant et le signal de sortie du module de lecture de courant,
 - un module de correction de courant (14) connecté en série entre la sortie de l'additionneur (13) et une première entrée d'un

multiplieur (15), ledit multiplieur (15) étant connecté en entrée de la structure de puissance (11),

- un module de lecture de tension (16) connecté en série entre la sortie de la structure de puissance (11) et une deuxième entrée du multiplieur (15), ledit module de lecture de tension (16) étant configuré pour mesurer la tension de sortie (V_s) de la structure de puissance (11) et délivrer sur la deuxième entrée du multiplieur (15), ladite tension continue (V_s).
3. Convertisseur de puissance selon une des revendications précédentes dans lequel ledit circuit de conversion d'énergie est un circuit analogique.
 4. Convertisseur de puissance selon une des revendications précédentes dans lequel la structure de puissance (11) est adaptée pour recevoir en entrée une tension triphasée.
 5. Réseau électrique caractérisé en ce qu'il comprend un convertisseur de puissance selon une des revendications précédentes et au moins une source de tension alternative, ledit convertisseur de puissance étant connecté à son entrée à ladite source de tension alternative et fournissant en sortie une tension continue alimentant ledit réseau, une pluralité de consommateur étant connectés audit réseau électrique, chaque consommateur comprenant un dispositif de sécurité configuré pour isoler ledit consommateur du réseau.

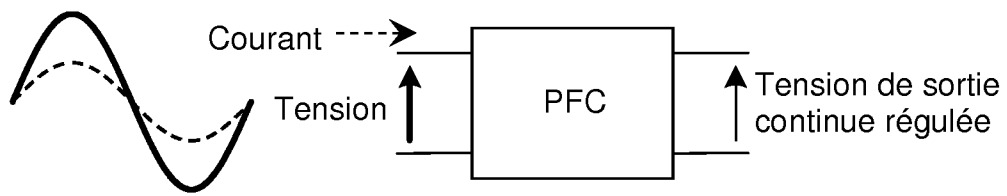
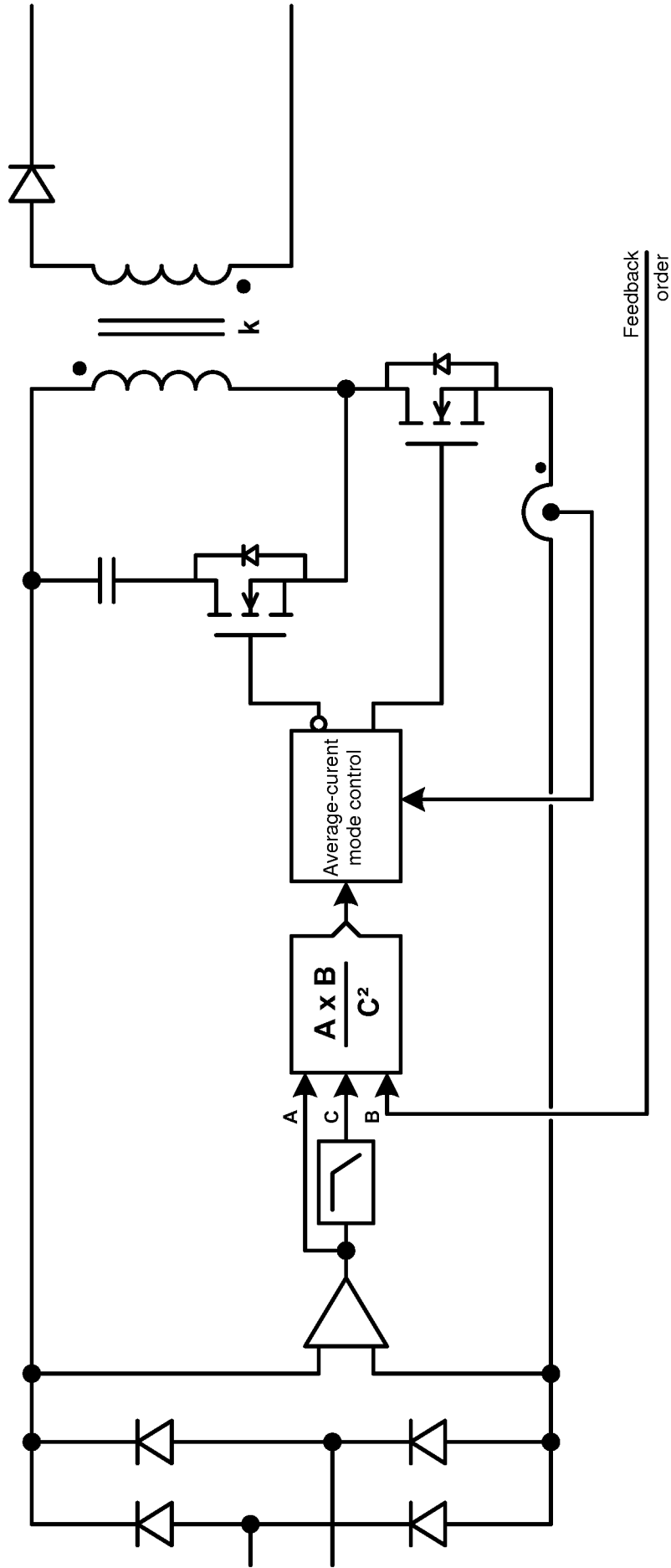


FIG.1



Feedback
order

FIG.2
(ART ANTERIEUR)

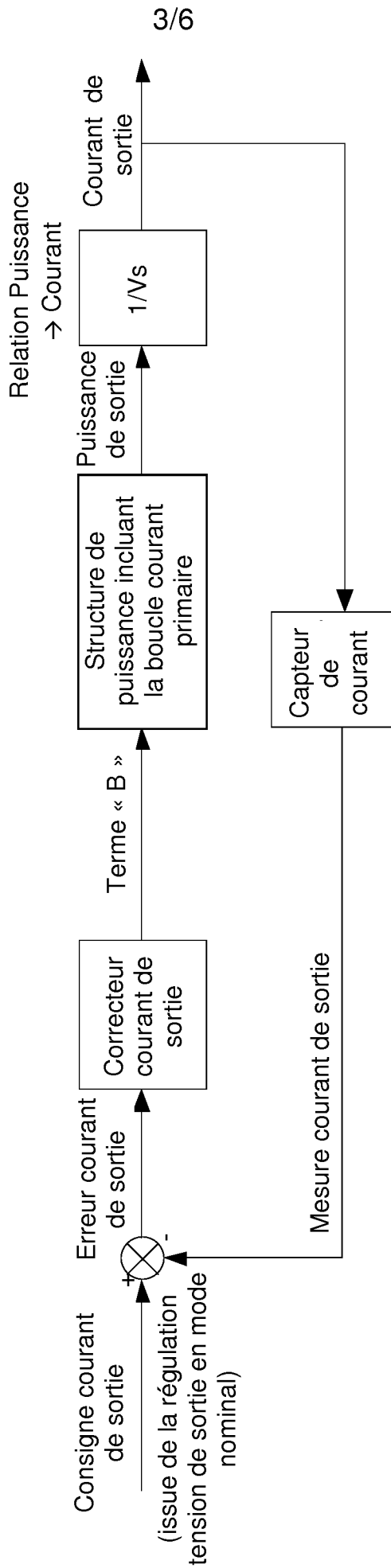


FIG.3
(ART ANTERIEUR)

4/6

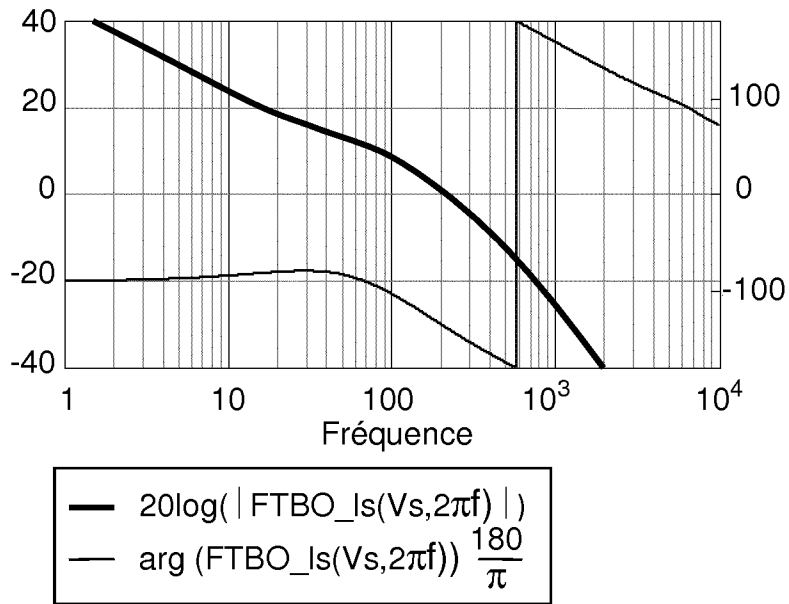


FIG.4

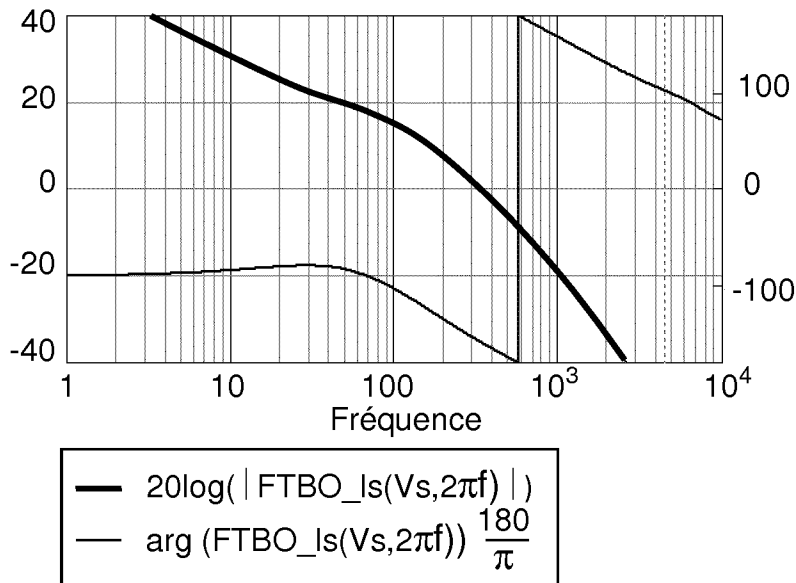


FIG.5

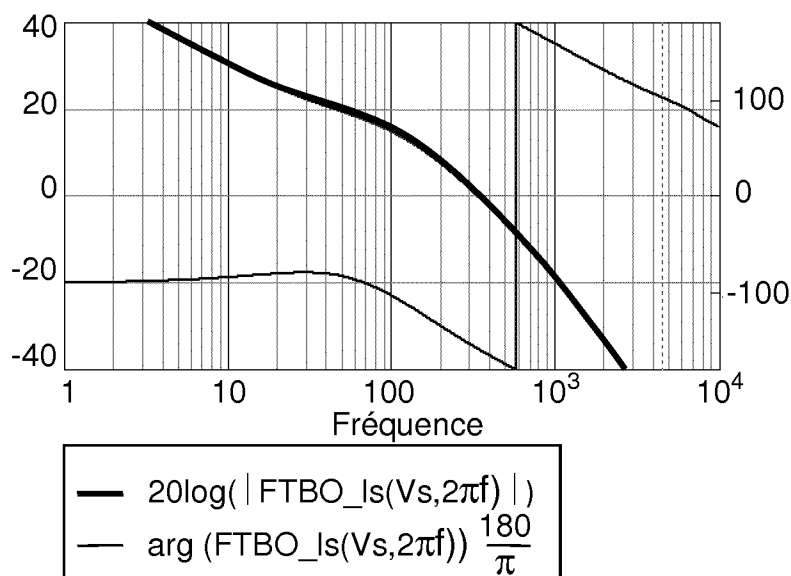


FIG.6

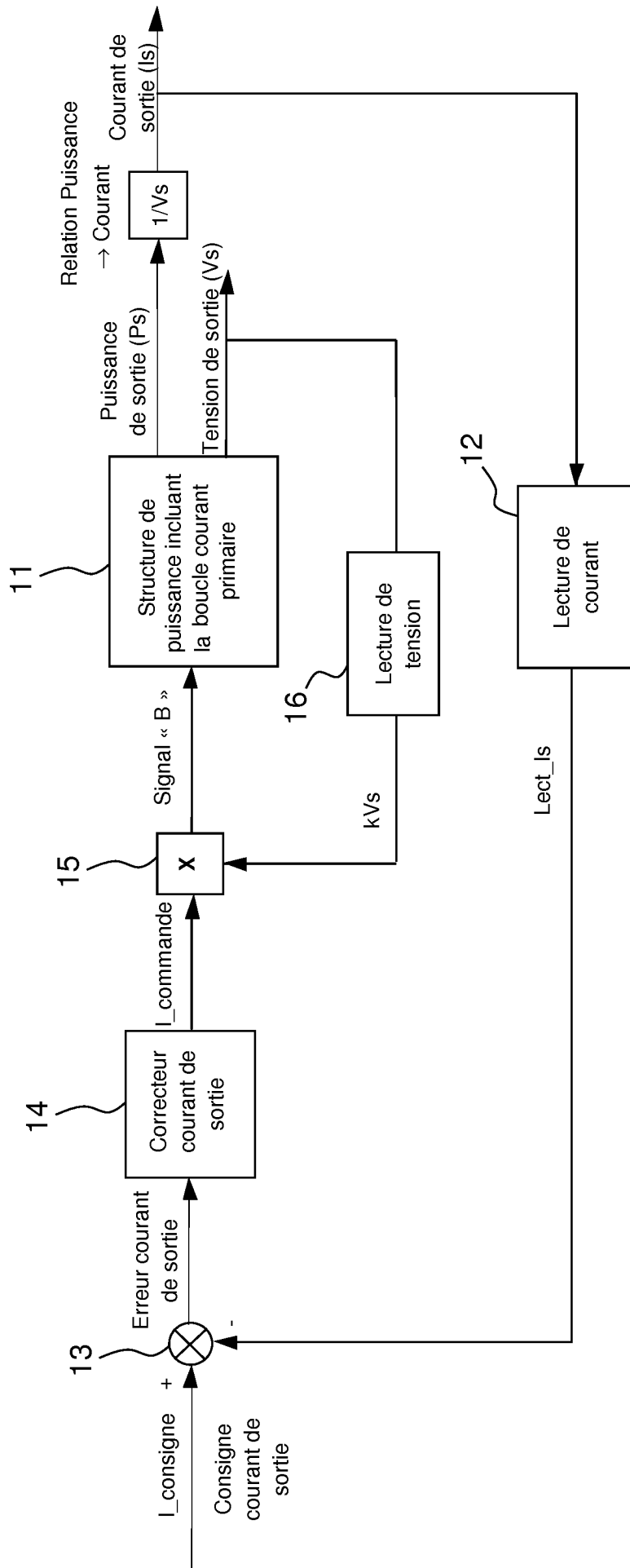


FIG.7

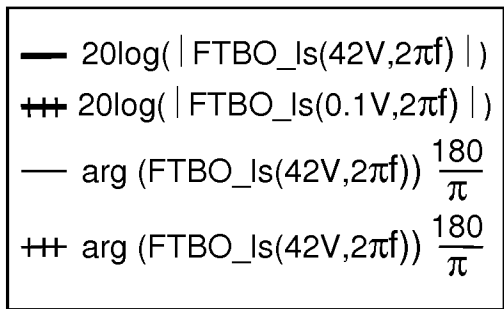
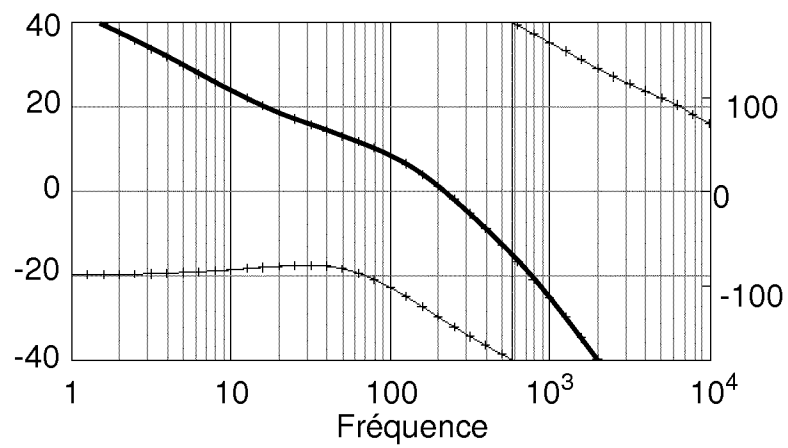


FIG.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/061696

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G05F1/56 H02M1/42 H02M1/32 H02H7/125 H02J1/10
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G05F H02M H02H H02J
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 969 962 A (GABOR GEORGE [US]) 19 October 1999 (1999-10-19) column 9, lines 25-43; figures 3,4 -----	1-5
A	SALOMONSSON D ET AL: "Low-Voltage DC Distribution System for Commercial Power Systems With Sensitive Electronic Loads", IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 10, no. 3, 1 July 2007 (2007-07-01), pages 1620-1627, XP011186623, ISSN: 0885-8977 pages 1623, 1624: "III. Control of AC/DC Interface" ----- -/--	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 15 August 2016	Date of mailing of the international search report 05/10/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer van Wesenbeeck, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/061696

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>HIROAKI KAKIGANO ET AL: "Low-Voltage Bipolar-Type DC Microgrid for Super High Quality Distribution", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, USA, vol. 25, no. 12, 1 December 2010 (2010-12-01), pages 3066-3075, XP011343841, ISSN: 0885-8993, DOI: 10.1109/TPEL.2010.2077682 pages 3067,3068: "II. Low-Voltage Bipolar-Type DC Microgrid"; figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-5
A	<p>SALOMONSSON D ET AL: "Protection of Low-Voltage DC Microgrids", IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 24, no. 3, 1 July 2009 (2009-07-01), pages 1045-1053, XP011268511, ISSN: 0885-8977, DOI: 10.1109/TPWRD.2009.2016622 pages 1048, 1049: "IV. Protection System Design"</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-5
A	<p>CAIROLI P ET AL: "Controlled power sequencing for fault protection in DC nanogrids", CLEAN ELECTRICAL POWER (ICCEP), 2011 INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 14 June 2011 (2011-06-14), pages 730-737, XP032056668, DOI: 10.1109/ICCEP.2011.6036384 ISBN: 978-1-4244-8929-9 abstract</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/061696

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 5969962	A	19-10-1999	AU 6245094 A	14-09-1994
			EP 0647370 A1	12-04-1995
			JP H08503839 A	23-04-1996
			US 5969962 A	19-10-1999
			WO 9419860 A1	01-09-1994

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/061696

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G05F1/56 H02M1/42 H02M1/32 H02H7/125 H02J1/10 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G05F H02M H02H H02J		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 969 962 A (GABOR GEORGE [US]) 19 octobre 1999 (1999-10-19) colonne 9, lignes 25-43; figures 3,4 -----	1-5
A	SALOMONSSON D ET AL: "Low-Voltage DC Distribution System for Commercial Power Systems With Sensitive Electronic Loads", IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 10, no. 3, 1 juillet 2007 (2007-07-01), pages 1620-1627, XP011186623, ISSN: 0885-8977 pages 1623, 1624: "III. Control of AC/DC Interface" ----- -/--	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 15 août 2016	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 05/10/2016	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé van Wesenbeeck, R	

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>HIROAKI KAKIGANO ET AL: "Low-Voltage Bipolar-Type DC Microgrid for Super High Quality Distribution", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, USA, vol. 25, no. 12, 1 décembre 2010 (2010-12-01), pages 3066-3075, XP011343841, ISSN: 0885-8993, DOI: 10.1109/TPEL.2010.2077682 pages 3067,3068: "II. Low-Voltage Bipolar-Type DC Microgrid"; figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-5
A	<p>SALOMONSSON D ET AL: "Protection of Low-Voltage DC Microgrids", IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 24, no. 3, 1 juillet 2009 (2009-07-01), pages 1045-1053, XP011268511, ISSN: 0885-8977, DOI: 10.1109/TPWRD.2009.2016622 pages 1048, 1049: "IV. Protection System Design"</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-5
A	<p>CAIROLI P ET AL: "Controlled power sequencing for fault protection in DC nanogrids", CLEAN ELECTRICAL POWER (ICCEP), 2011 INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 14 juin 2011 (2011-06-14), pages 730-737, XP032056668, DOI: 10.1109/ICCEP.2011.6036384 ISBN: 978-1-4244-8929-9 abrégé</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-5

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/061696

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5969962	A	19-10-1999	AU 6245094 A 14-09-1994
			EP 0647370 A1 12-04-1995
			JP H08503839 A 23-04-1996
			US 5969962 A 19-10-1999
			WO 9419860 A1 01-09-1994
