



- (51) **Classification internationale des brevets :**
H02H 9/00 (2006.01) *H02H 9/02* (2006.01)

(21) **Numéro de la demande internationale :**
PCT/FR2014/053506

(22) **Date de dépôt international :**
22 décembre 2014 (22.12.2014)

(25) **Langue de dépôt :** français

(26) **Langue de publication :** français

(30) **Données relatives à la priorité :**
1303084 26 décembre 2013 (26.12.2013) FR

(71) **Déposant :** **NEXTER ELECTRONICS** [FR/FR]; 13 route de Minière, F-78034 Versailles (FR).

(72) **Inventeurs :** **BOUKARI, Nabil;** c/o Nexter Systems DSO/EAT/PVD, 7 route de Guerry, F-18023 Bourges (FR). **DECROUX, Philippe;** c/o Nexter Systems DSO/EAT/PVD, 7 route de Guerry, F-18023 Bourges (FR). **RENAUDIN, Jérôme;** c/o Nexter Systems DSO/EAT/PVD, 7 route de Guerry, F-18023 Bourges (FR).

(74) **Mandataire :** **CHAILLLOT, Geneviève;** Cabinet Chaillot, 16/20 Avenue de l'Agent Sarre, B.P. 74, F-92703 Colombes Cedex (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).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))*

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : POWER CONTROLLER WITH LINEAR CONTROL OF CURRENT PEAK LIMITATION AND WITH SHORT-CIRCUIT PROTECTION

(54) Titre : CONTRÔLEUR DE PUISSANCE A COMMANDE LINÉAIRE DE LIMITATION DE PICS DE COURANT ET A PROTECTION CONTRE LES COURTS CIRCUITS

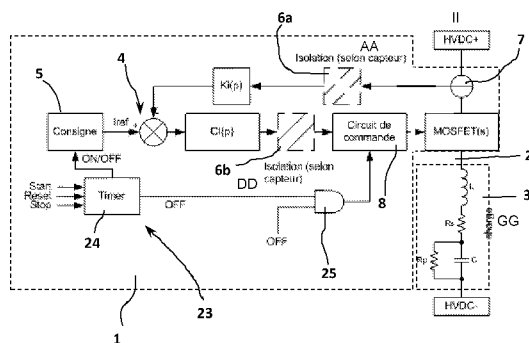


FIGURE 1

AA, DD Insulation (according to sensor)
GG Load
5 Instruction
8 Control circuit

(57) Abstract : The invention relates to a semiconductor power controller (SSPC) (1), including a power portion made up of one or more electronic power components, and a control portion (8) including at least one signal-processing device and controlling the operation of the power portion, characterised in that the signal-processing device performs a function of linear control of the power portion such as to limit the inrush current when applying a voltage to a load (3) on a DC network via the semiconductor power controller (1), the controller including means that provide the measurement of the current circulating in the one or more electronic power components and/or of the voltage across the terminals of the one or more electronic power components.

(57) Abrégé : L'invention a pour objet un contrôleur de puissance à semi-conducteurs (SSPC) (1), comprenant une partie puissance à base d'un ou plusieurs composants électroniques de puissance, et une partie commande (8) comprenant au moins un dispositif de traitement de signaux et pilotant le fonctionnement de la partie puissance, caractérisé par le fait que le dispositif de traitement

[Suite sur la page suivante]



de signaux exécute une fonction de commande linéaire de la partie puissance pour limiter le courant d'appel lors de la mise sous tension d'une charge (3) sur un réseau à courant continu par l'intermédiaire du contrôleur de puissance à semi-conducteurs (1), le contrôleur incorporant des moyens assurant la mesure du courant circulant dans le ou les composants électroniques de puissance et/ou de la tension aux bornes du ou des composants électroniques de puissance.

CONTROLEUR DE PUISSANCE A COMMANDE LINEAIRE DE LIMITATION
DE PICS DE COURANT ET A PROTECTION CONTRE LES COURTS
CIRCUITS

5

La présente invention concerne le domaine de la protection des réseaux électriques, et porte plus particulièrement sur un contrôleur de puissance à semi-conducteurs à commande linéaire permettant de limiter le
10 courant d'appel à la fermeture et assurant la protection contre les courts-circuits.

Les contrôleurs de puissance à semi-conducteurs, aussi appelés SSPC (acronyme de leur dénomination anglaise Solid State Power Controller) ont pour but d'alimenter un
15 circuit récepteur (une charge) en un courant ayant des caractéristiques de tension et de puissance données. Ces contrôleurs mettent en œuvre des contacteurs statiques à semi-conducteurs.

Lors des commutations de charges inductives ou
20 capacitatives sur des réseaux à courant continu, les SSPC sont soumis à des pics de courant d'appel, ce qui peut dégrader les composants électroniques de puissance du SSPC et également les équipements en aval du SSPC.

Ces pics de courant sont particulièrement
25 destructeurs pour les circuits à courant continu à haute tension (HVDC, acronyme de la dénomination anglaise de High Voltage Direct Current).

Il existe à l'heure actuelle des systèmes permettant de limiter le courant d'appel lors de la mise
30 sous tension (ces systèmes étant désignés habituellement systèmes « soft start », c'est-à-dire à démarrage doux), consistant généralement en une ou plusieurs résistances et un ou plusieurs transistors de puissance en parallèle ou en

série, ces résistances et condensateurs étant soit intégrés à la charge, soit intégrés dans le SSPC.

On connaît en particulier de la demande de brevet européen EP2398146 un système de commande à découpage des interrupteurs statiques, où un circuit intégré au SSPC, en l'occurrence un transistor de type MOSFET associé à une résistance et à une diode, assure une modulation de largeur d'impulsions.

Ces systèmes ont l'avantage d'avoir une structure simple, mais présentent de nombreux inconvénients. En particulier, on impose un encombrement et un poids supplémentaires à ceux du SSPC en raison des composants ajoutés, on introduit des pertes non négligeables une fois le ou les transistors fermés et on ne peut pas régler le courant d'appel maximal.

Ces systèmes posent également des problèmes de compatibilité électromagnétique en raison de la commande à découpage des interrupteurs statiques ajoutés qui est génératrice de perturbations électromagnétiques.

En outre, le système décrit dans la demande de brevet européen EP2398146 est limité à un emploi unidirectionnel, c'est-à-dire pour l'alimentation d'une charge consommatrice d'énergie. Il n'est pas adapté pour assurer une commande bidirectionnelle, c'est-à-dire à la fois la commande de l'alimentation d'une charge capacitive et la liaison à un réseau d'un générateur fortement inductif. En effet, il n'est pas possible d'ouvrir la liaison source/charge à moins d'utiliser un contacteur supplémentaire en série avec ce système.

La demande de brevet US2009/0040677 décrit elle aussi un dispositif à commande à découpage permettant de limiter les surintensités de démarrage pour un circuit convertisseur de puissance.

On connaît aussi par le brevet WO02/061909 un dispositif de limitation de courant pour un circuit comportant une forte capacité ballast, en particulier pour un circuit d'alimentation basse tension (24 Volts) d'une imprimante. Ce circuit comprend un amplificateur opérationnel qui est commandé linéairement de façon à piloter un transistor à effet de champ et à limiter ainsi les sur intensités. Un tel circuit utilise directement la puissance d'alimentation de la capacité pour commander le transistor.

Un tel montage est bien adapté à une commande d'un circuit dont les intensités et les tensions sont modérées (ici tension de 24 Volts) et en particulier dont la charge (la capacité) a une valeur bien connue et maîtrisée.

Il est par contre inadapté à la commande d'un circuit de puissance fonctionnant avec des niveaux d'intensité bien plus élevés et pour lesquels la valeur de la charge qui doit être alimentée est a priori inconnue.

20

La présente invention vise à résoudre ces problèmes, et porte sur un contrôleur de puissance à semi-conducteurs (SSPC) intégrant une fonction de commande linéaire permettant de limiter les pics de courant, par un asservissement linéaire en courant, ou en tension, ou en température.

En outre, le contrôleur de puissance à semi-conducteurs (SSPC) peut également implémenter une fonction de protection contre les courts-circuits, par évaluation de la température des composants électroniques de puissance.

L'invention a donc pour objet un dispositif de limitation de pics de courant pour un contrôleur de puissance à semi-conducteurs, qui assure la limitation des

pics de courant en entrée, évite les perturbations électromagnétiques et n'introduit pas de composants électroniques de puissance supplémentaires, donc à encombrement et poids constants. Le contrôleur selon
5 l'invention peut en outre être utilisé de façon bidirectionnelle.

Une telle mise en œuvre est particulièrement intéressante pour les réseaux électriques continus de forte puissance, par exemple ceux mis en œuvre dans les
10 véhicules.

L'invention met plus particulièrement en œuvre une commande linéaire du courant, de la tension ou de la température de la partie puissance (contacteurs) du SSPC. La régulation est effectuée par les modules fonctionnels
15 déjà présents dans le SSPC, par asservissement en régime linéaire des composants électroniques de puissance de commutation de la partie puissance du SSPC.

Les avantages de la solution de la présente invention sont les suivants :

- 20 - gain de volume et de masse ;
- pas de perturbations électromagnétiques en raison du mode de fonctionnement du composant de puissance (en régime linéaire et non pas par commutation) ;
- précision de commande due à la chaîne de mesure, de la
25 consigne et du correcteur ;
- pas de pertes supplémentaires dues à des composants de puissance ajoutés comme dans l'état antérieur de la technique, après la phase « soft-start » ;
- possibilité de définir le courant d'appel maximal ;
- 30 - faible coût de revient par utilisation des fonctions déjà présentes dans le SSPC ;

- possibilité de fonctionner sur des charges capacitatives ou de type inductif-capacitif (LC) ;
- limitation de la durée de la phase de « soft-start », afin de protéger les composants de puissance en cas de charge trop capacitive, ou lors d'un court-circuit.

L'invention permet également d'assurer une commande en tension ou en courant ou en température d'une partie puissance d'un circuit sans pour autant connaître les caractéristiques de la charge qui sera appliquée au circuit. On commande en effet avec l'invention directement les composants électroniques de puissance en fonction des caractéristiques de courant et/ou de tension qui sont appliquées à ces composants. L'invention est donc particulièrement adaptée aux contrôleurs de puissance SSPC destinés à commander des composants électroniques de puissance mis en place dans des circuits fonctionnant avec des tensions importantes (de 100 volts à 1000 volts) et avec des intensités de quelques ampères pendant la phase de fermeture ou d'ouverture.

La présente invention a donc pour objet un contrôleur de puissance à semi-conducteurs (SSPC), comprenant une partie puissance à base d'un ou plusieurs composants électroniques de puissance, et une partie commande comprenant au moins un dispositif de traitement de signaux et pilotant le fonctionnement de la partie puissance, caractérisé par le fait que le dispositif de traitement de signaux exécute une fonction de commande linéaire de la partie puissance pour limiter le courant d'appel lors de la mise sous tension d'une charge sur un réseau à courant continu par l'intermédiaire du contrôleur de puissance à semi-conducteurs, le contrôleur incorporant des moyens assurant la mesure du courant circulant dans le ou les composants électroniques de puissance et/ou de la

tension aux bornes du ou des composants électroniques de puissance.

Selon un mode de réalisation, la fonction de commande linéaire assure une commande par un asservissement
5 en courant du ou des composants électroniques de puissance.

La fonction de commande linéaire par un asservissement en courant peut comprendre un module de détection de courant circulant dans la partie puissance, un module de génération de consigne de courant, un module de
10 comparaison comparant la consigne de courant et le courant circulant dans la partie puissance, un module de correction de courant, corrigeant la valeur du courant envoyé dans la partie puissance en fonction du résultat de la comparaison par le module de comparaison.

15 Selon un autre mode de réalisation, la fonction de commande linéaire assure une commande par un asservissement en tension du ou des composants électroniques de puissance.

La fonction de commande linéaire par un
20 asservissement en tension peut comprendre un module de mesure d'une tension de référence dans la partie puissance, un module de génération de consigne de tension, un module de comparaison comparant la consigne de tension et la tension de référence mesurée dans la partie puissance, un
25 module de correction de tension, corrigeant la valeur de la tension de référence dans la partie puissance en fonction du résultat de la comparaison par le module de comparaison.

Avantageusement, le contrôleur de puissance selon l'invention peut comprendre un module de protection contre
30 les courts-circuits.

Ce module de protection contre les courts-circuits pourra comprendre un module de détection de la température du ou des composants électroniques de puissance

de la partie puissance, déclenchant un circuit de protection de la partie puissance lorsque la température mesurée est supérieure à une valeur de température de référence.

5 Le module de détection de la température du ou des composants électroniques de puissance peut comprendre un module de mesure de courant, un module de mesure de tension et un module de modélisation thermique du ou des composants électroniques de puissance donnant une valeur
10 d'élévation de température pour une tension et un courant mesurés.

Le module de modélisation thermique peut ainsi utiliser un modèle de Foster ou un modèle de Cauer pour la modélisation thermique de composant électronique de
15 puissance, ce modèle étant réalisé sous la forme d'un réseau de condensateurs et de résistances.

Selon un autre mode de réalisation, la fonction de commande linéaire assure une commande par un asservissement en température du ou des composants
20 électroniques de puissance.

La fonction de commande linéaire par un asservissement en température peut comprendre un module de mesure d'une tension de référence dans la partie puissance, un module de mesure d'un courant circulant dans la partie
25 puissance, un module de génération de consigne de température, un module d'estimation de la température des composants de puissance, un module de comparaison comparant la température estimée et une température de consigne, un module de correction de température assurant une correction
30 de la tension et/ou de l'intensité de référence dans la partie puissance en fonction du résultat de la comparaison par le module de comparaison.

Le module d'estimation de la température du ou des composants de puissance peut utiliser un modèle de Foster ou un modèle de Cauer pour la modélisation thermique de composant électronique de puissance, ce modèle étant
5 réalisé sous la forme d'un réseau de condensateurs et de résistances.

Avantageusement, le contrôleur de puissance à semi-conducteurs peut comprendre un module de limitation de la valeur du courant dans la partie puissance.

10 Avantageusement et pour tous les modes de réalisation, le contrôleur de puissance à semi-conducteurs peut comprendre un module de coupure permettant d'interrompre le fonctionnement au-delà d'un certain délai de fonctionnement en mode pré-charge.

15 Pour mieux illustrer l'objet de la présente invention, on va maintenant en décrire ci-après un mode de réalisation, à titre illustratif et non limitatif, en liaison avec les dessins annexés.

Sur ces dessins :

20

- la Figure 1 est un schéma d'une architecture de fonction de commande linéaire en courant pour un contrôleur de puissance à semi-conducteurs selon la présente invention ;

25

- la Figure 2 est un schéma d'une architecture de fonction de commande linéaire en tension pour un contrôleur de puissance à semi-conducteurs selon la présente invention ;

30

- la Figure 3 est un schéma synoptique d'une mise en œuvre matérielle d'une fonction de protection contre les

courts-circuits pour un contrôleur de puissance à semi-conducteurs selon la présente invention ; et

- la Figure 4 est un schéma synoptique d'une architecture de fonction de commande linéaire en température pour un contrôleur de puissance à semi-conducteurs selon la présente invention.

En préambule technique à cette description détaillée, on peut mentionner pour mémoire qu'un contrôleur de puissance à semi-conducteurs comprend de manière schématique une partie puissance, comprenant des composants électroniques de puissance de commutation commandés par une partie commande pilotant les composants électroniques de puissance servant à la commutation. La charge est connectée aux bornes de la partie puissance, qui peut comprendre un ou plusieurs composants électroniques de puissance, l'invention n'étant pas limitée à cet égard et pouvant être appliquée à tout type de contrôleur de puissance à semi-conducteurs.

La partie commande peut comprendre divers éléments en fonction du type de contrôleur de puissance à semi-conducteurs (SSPC), mais les commandes d'asservissement sont réalisées d'une façon préférée par des circuits électroniques assurant un traitement analogique des différents signaux. Un traitement numérique des signaux serait bien entendu possible mais plus coûteux.

En outre, la partie commande comprend des câblages et des dispositifs de mesure, notamment du courant et de la tension au sein du contrôleur de puissance à semi-conducteurs.

Si l'on se réfère à la Figure 1, on peut voir que l'on y a représenté une commande linéaire en courant mise

en œuvre dans un contrôleur de puissance 1 à semi-conducteurs selon un premier mode de réalisation de l'invention.

On entend par commande linéaire une commande
5 d'asservissement par un moyen de correction qui est régi par un système d'équations différentielles linéaires. C'est-à-dire des équations différentielles qui ont une forme linéaire par rapport à la variable d'état sur laquelle est basé l'asservissement et ses dérivées
10 successives (ici le courant).

La commande qui est décrite ici est assurée sur une seule ligne de courant 2, celle conduisant du pôle positif HVDC+ de la source à la charge 3.

Il est bien entendu possible de prévoir un autre
15 dispositif de commande linéaire d'un autre contacteur MOSFET (non représenté sur la figure) qui sera disposé entre le pôle négatif HVDC- de la source et la charge 3. Une telle solution sera particulièrement intéressante pour assurer un fonctionnement bidirectionnel du dispositif.

20 La commande linéaire en courant comprend un correcteur de courant $C_i(p)$, un gain de mesure de courant $K_i(p)$ circulant dans la partie puissance, un comparateur de courant 4, et une consigne de courant 5 qui est générée dans le SSPC, le correcteur de courant $C_i(p)$ étant isolé de
25 la partie commande par une isolation galvanique 6b.

La consigne de courant est engendrée par un organe réglable (potentiomètre).

L'isolation galvanique pourra être assurée par un coupleur optique.

30 Des capteurs de courant 7, présents dans le SSPC, mesurent le courant circulant dans les composants électroniques de puissance de la partie commande (donc ici dans le ou les composants électroniques de puissance

MOSFET). Ces capteurs sont des composants classiques ou des miroirs de courant implantés directement dans le canal du MOSFET.

Le courant mesuré par le capteur 7 est envoyé au gain de mesure de courant $K_i(p)$, au besoin par l'intermédiaire d'une isolation galvanique 6a en fonction du capteur, et ce courant mesuré est comparé par l'intermédiaire du comparateur 4 à une valeur de consigne 5. Le correcteur de courant $C_i(p)$ corrige la valeur du courant en fonction de la précédente comparaison, de manière classique, par exemple par un correcteur proportionnel, Intégral et/ou dérivé, dans la boucle de commande et envoie au circuit de commande 8 du contacteur de puissance MOSFET une consigne de courant sous forme d'une tension de grille faisant évoluer la largeur du canal.

Ainsi, on peut fixer un courant de consigne qui constituera le courant d'appel maximal et, au moyen du correcteur de courant $C_i(p)$, on met en œuvre une commande analogique permettant de limiter le courant d'appel lors de la mise sous tension de la charge capacitive en sortie du SSPC. Les composants électroniques mis en œuvre tant pour le comparateur 4 que pour le correcteur de courant sont des composants classiques dans le domaine de la régulation électronique (amplificateurs opérationnels, résistances, capacités). Il serait bien entendu possible mais plus coûteux de réaliser le correcteur de courant $C_i(p)$ sous la forme d'un microprocesseur incorporant un algorithme d'asservissement numérique.

Selon une caractéristique essentielle de l'invention, la limitation du courant est donc assurée par la commande directe des MOSFET du contrôleur de puissance

donc sans adjonction de composants de découpage complémentaires.

Le contrôleur de puissance 1 incorpore aussi un module de coupure 23 qui comprend un bloc horloge 24
5 (timer) disposant de trois entrées et de deux sorties. Ce module 23 permet de prendre en compte le début et la fin d'un cycle soft-start. L'entrée « start » permet de lancer le bloc horloge 24 ainsi que le début d'une phase soft start par changement de la valeur de consigne 5. La
10 consigne appliquée aux circuits passe alors d'une valeur initiale I_{ref} correspondant à un contrôleur de puissance 1 ouvert ($I_{ref}=0A$) à une valeur I_{ref} de consigne non nulle correspondant à un contrôleur de puissance 1 fermé.

Cette valeur de référence est bien
15 évidemment choisie cohérente avec les limitations imposées par les normes du réseau électrique sur lequel le contrôleur 1 est utilisé, et avec les limitations intrinsèques du contrôleur 1 (limitations thermiques en particulier).

20 La sortie « OFF » du bloc horloge 24 est alors inhibée et le circuit de commande 8 peut fonctionner.

L'activation de l'entrée « Stop » du bloc horloge 24 permet d'arrêter ce dernier. Cette commande est activée par exemple lorsque le fonctionnement du contrôleur de
25 puissance s'est correctement déroulé avant la fin du délai maximum donné par l'horloge (time-out). Les deux sorties du bloc horloge 24 ne sont pas activées par cette entrée « Stop ».

L'activation de l'entrée « Reset » du bloc
30 horloge 24 permet de remettre le compteur du bloc horloge à zéro. Les deux sorties du bloc horloge 24 ne sont pas activées par cette entrée.

Une fois le bloc horloge 24 activé par « Start », si aucune des deux autres entrées (« reset » ou « stop ») n'est activée, ce qui signifie que le contrôleur de puissance n'a pas pu se fermer au bout du délai donné par le bloc horloge 24, un ordre d'ouverture du contrôleur de puissance 1 est envoyé par l'intermédiaire d'un signal de commande « OFF » vers le circuit de commande 8.

Ainsi, le contrôleur de puissance 1 s'arrête et le MOSFET s'ouvre.

Une porte logique 25 de type OU a été ajoutée pour prendre en compte aussi bien les ordres « OFF » venant du bloc horloge 24 que ceux venant d'autres fonctions de protection (par exemple des protections thermiques décrites par la suite), ou des commandes d'ouverture normale pour arrêt du contrôleur 1.

Si l'on se réfère à la Figure 2, on peut voir que l'on y a représenté un autre mode de réalisation de l'invention, avec une commande linéaire en tension.

Selon ce mode de réalisation, la partie commande du contrôleur de puissance 1 réalise une mesure de la tension aux bornes des composants électroniques de puissance de la partie puissance, en particulier la tension drain source V_{DS} lorsque les composants électroniques de puissance sont des MOSFET. Un gain $K_v(p)$ est appliqué à la mesure réalisée. Le contrôleur 1 comprend aussi un correcteur de tension $C_v(p)$, un générateur de consigne de tension 9 et un comparateur 10 de la tension mesurée (affectée du gain $K_v(p)$) avec la tension de consigne.

La consigne de tension est engendrée par un organe réglable (potentiomètre).

Le correcteur de tension $C_v(p)$ corrige la valeur de la tension en fonction de la précédente comparaison, de manière classique, par exemple par un correcteur

proportionnel, Intégral et/ou dérivé, dans la boucle de commande et envoie au circuit de commande 8 du contacteur de puissance MOSFET une consigne de tension.

On notera qu'ici la consigne 9 est une valeur de
5 tension optimale qui a été définie de telle sorte que le courant circulant dans le MOSFET soit optimisé. Le correcteur de tension $C_v(p)$ agira de façon à commander le contacteur MOSFET pour approcher la valeur de consigne en tension. Ceci est obtenu par modulation de la largeur du
10 canal du MOSFET.

Là encore, le contrôleur de puissance 1 incorpore un module de coupure 23 tel que décrit précédemment.

Si l'on se réfère à la Figure 3, on peut voir que l'on y a représenté un schéma synoptique d'un circuit de
15 protection contre les courts-circuits.

Ce circuit de protection peut être associé à l'un ou l'autre des circuits précédents.

Le mode de réalisation représenté repose sur la mise en œuvre matérielle dans le SSPC de circuits RC qui
20 permettent de modéliser l'échauffement thermique du ou des composants électroniques de puissance de la partie puissance. Les circuits de modélisation thermique des composants électroniques de puissance sont bien connus. On pourra mettre en œuvre un modèle thermique de Cauer ou un
25 modèle thermique de Foster.

La Figure 3 montre la mise en œuvre d'un réseau de Foster 11 qui associe des résistances et des capacités, chaque capacité C étant shuntée par une résistance R .

Dans ce mode de réalisation, on mesure la tension
30 V_{DS} entre drain et Source du MOSFET 12 par l'amplificateur 13 (tension aux bornes du composant électronique de puissance). On mesure par ailleurs le courant I de la partie puissance (courant circulant dans le composant

électronique de puissance) par un capteur de courant 7, le signal mesuré étant affecté d'un gain G_1 . On calcule au niveau d'un circuit multiplicateur 14 le produit des valeurs mesurées de la tension drain source et du courant.

5 Ce produit affecté d'un gain G est une image de la puissance électrique instantanée dissipée dans le MOSFET 12. Le signal $I=GV_p$ de cette puissance est appliqué au circuit 11 qui est un modèle thermique du ou des composants de puissance. La tension V_{Tj} qui est mesurée à la sortie du

10 circuit 11 est une image de la température du MOSFET 12. Elle est comparée (comparateur 15) à une valeur de référence V_{ref} fournie par un circuit 16 approprié. La valeur de référence correspond à une température de seuil à partir de laquelle le MOSFET doit être ouvert (de l'ordre

15 de 120 °C).

En fonction de l'élévation de température instantanée déterminée à l'étape précédente et du résultat de sa comparaison à une valeur de température seuil prédéterminée, on ouvre ou non le commutateur MOSFET 12 en

20 agissant sur la tension de grille via le circuit de commande 8.

Bien que seule la mise en œuvre matérielle soit décrite sur les Figures, une mise en œuvre logicielle des modèles thermiques des composants électroniques de

25 puissance est tout à fait envisageable sur des SSPC intégrant une unité de calcul numérique, et entre dans le cadre de la présente invention, celle-ci n'étant aucunement limitée à une mise en œuvre matérielle des modèles thermiques des composants électroniques de puissance.

30 La Figure 4 montre un troisième mode de réalisation de l'invention dans lequel on assure une commande linéaire par un asservissement en température du ou des composants électroniques de puissance MOSFET.

A cet effet le contrôleur de puissance 1 comprend à la fois un module de mesure d'une tension de référence (tension drain source V_{DS} du ou des MOSFET, donc tension aux bornes du ou des composants électroniques de puissance MOSFET) dans la partie puissance et un module de mesure d'un courant circulant dans la partie puissance (courant circulant dans le ou les composants électroniques de puissance).

Comme dans le mode de réalisation selon la Figure 1, un capteur de courant 7 permet de mesurer le courant circulant dans la ligne 2 (courant circulant dans le ou les composants électroniques de puissance). Cette mesure est affectée d'un gain $K_i(p)$ et elle est utilisée, d'une part pour l'asservissement en température, et d'autre part pour assurer une limitation de l'intensité du courant (protection contre les courts-circuits).

Pour limiter l'intensité du courant, on applique l'intensité ainsi corrigée au sommateur 17 qui est suivi d'un correcteur de courant $C_i(p)$ qui assure l'écrêtage de l'intensité et assurera une coupure du MOSFET via le circuit de commande 8 en cas de surintensité.

Parallèlement, l'intensité mesurée et corrigée $K_i(p)$ est appliquée à un circuit de modélisation thermique 11 (modèle de Cauer ou de Foster) avec la mesure corrigée de la tension drain source $K_v(p)$. La sortie 18 du circuit de modélisation thermique 11 (ou module d'estimation de la température des composants de puissance) donne une tension qui est une image de la température du MOSFET. Cette sortie est appliquée à un comparateur 19 dans lequel elle est comparée à une valeur de consigne T_{j0} fournie par un module de génération de consigne de température 20 (qui est réalisé sous la forme d'un circuit électronique).

Le résultat de la comparaison est appliqué à un module de correction de température 21 qui incorpore un correcteur de température CT(p) qui va fournir un signal correspondant à une tension ou une intensité de référence
5 qui sera ensuite appliquée au circuit de commande 8 au travers du sommateur 17.

Le module de correction de température 21 incorpore aussi un module 22 assurant le bornage de la consigne de commande.

10 Le contrôleur de puissance 1 comprendra également un module de coupure 23 tel que décrit précédemment.

L'invention a été décrite dans ses trois modes de réalisation appliquée à l'ouverture d'un seul MOSFET disposé sur une ligne de courant 2 entre le pôle positif
15 HVDC+ de la source et la charge 3.

Il est bien entendu possible de doubler les moyens de commande et d'asservissement pour commander aussi l'ouverture d'un autre MOSFET interposé entre le pôle négatif HVDC- de la source et la charge 3. Une telle
20 disposition permettra d'assurer le caractère bidirectionnel de la commande du contrôleur de puissance.

REVENDICATIONS

1 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs (SSPC) (1), comprenant une partie puissance à base d'un ou
5 plusieurs composants électroniques de puissance, et une partie commande (8) comprenant au moins un dispositif de traitement de signaux et pilotant le fonctionnement de la partie puissance, caractérisé par le fait que le dispositif de traitement de signaux exécute une fonction de commande
10 linéaire de la partie puissance pour limiter le courant d'appel lors de la mise sous tension d'une charge (3) sur un réseau à courant continu par l'intermédiaire du contrôleur de puissance à semi-conducteurs (1), le contrôleur incorporant des moyens assurant la mesure du
15 courant circulant dans le ou les composants électroniques de puissance et/ou de la tension aux bornes du ou des composants électroniques de puissance.

2 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs (1) selon la revendication 1, caractérisé par le fait que
20 la fonction de commande linéaire assure une commande par un asservissement en courant du ou des composants électroniques de puissance.

3 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs (1) selon la revendication 2, caractérisé par le fait que
25 la fonction de commande linéaire par un asservissement en courant comprend un module de détection de courant (7) circulant dans la partie puissance, un module de génération de consigne de courant (5), un module de comparaison (4) comparant la consigne de courant et le courant circulant
30 dans la partie puissance, un module de correction de courant ($C_i(p)$), corrigeant la valeur du courant envoyé dans la partie puissance en fonction du résultat de la comparaison par le module de comparaison (4).

4 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs
(1) selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la fonction de commande linéaire assure une commande par un asservissement en tension du ou des composants
5 électroniques de puissance.

5 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs
(1) selon la revendication 4, caractérisé par le fait que la fonction de commande linéaire par un asservissement en tension comprend un module de mesure d'une tension de
10 référence dans la partie puissance, un module de génération de consigne de tension (9), un module de comparaison (10) comparant la consigne de tension et la tension de référence mesurée dans la partie puissance, un module de correction de tension ($C_v(p)$), corrigeant la valeur de la tension de
15 référence dans la partie puissance en fonction du résultat de la comparaison par le module de comparaison (10).

6 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs
(1) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend un module de protection contre les courts-
20 circuits.

7 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs
(1) selon la revendication 6, caractérisé par le fait que le module de protection contre les courts-circuits comprend un module de détection de la température du ou des
25 composants électroniques de puissance (12) de la partie puissance, déclenchant un circuit de protection de la partie puissance lorsque la température mesurée est supérieure à une valeur de température de référence.

8 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs
30 (1) selon la revendication 7, caractérisé par le fait que le module de détection de la température du ou des composants électroniques de puissance comprend un module de mesure de courant (7), un module de mesure de tension (13)

et un module de modélisation thermique (11) du ou des composants électroniques de puissance donnant une valeur d'élévation de température pour une tension et un courant mesurés.

5 9 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs (1) selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le module de modélisation thermique (11) utilise un modèle de Foster ou un modèle de Cauer pour la modélisation thermique de composant électronique de puissance (12), ce
10 modèle étant réalisé sous la forme d'un réseau de condensateurs (C) et de résistances (R).

 10 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs (1) selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la fonction de commande linéaire assure une commande par un
15 asservissement en température du ou des composants électroniques de puissance.

 11 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs selon la revendication 10, caractérisé par le fait que la fonction de commande linéaire par un asservissement en
20 température comprend un module de mesure d'une tension de référence dans la partie puissance, un module de mesure d'un courant (7) circulant dans la partie puissance, un module de génération de consigne de température (20), un module d'estimation de la température (11) des composants
25 de puissance, un module de comparaison (19) comparant la température estimée et une température de consigne, un module de correction de température (21) assurant une correction de la tension et/ou de l'intensité de référence dans la partie puissance en fonction du résultat de la
30 comparaison par le module de comparaison (19).

 12 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs (1) selon la revendication 11, caractérisé par le fait que le module d'estimation de la température (11) du ou des

composants de puissance utilise un modèle de Foster ou un modèle de Cauer pour la modélisation thermique de composant électronique de puissance, ce modèle étant réalisé sous la forme d'un réseau de condensateurs (C) et de résistances (R).

13 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs (1) selon la revendication 12, caractérisé par le fait qu'il comprend un module de limitation de la valeur du courant dans la partie puissance.

14 - Contrôleur de puissance à semi-conducteurs (1) selon une des revendications 1 à 13, caractérisé par le fait qu'il comprend un module de coupure permettant d'interrompre le fonctionnement au-delà d'un certain délai de fonctionnement en mode pré-charge.

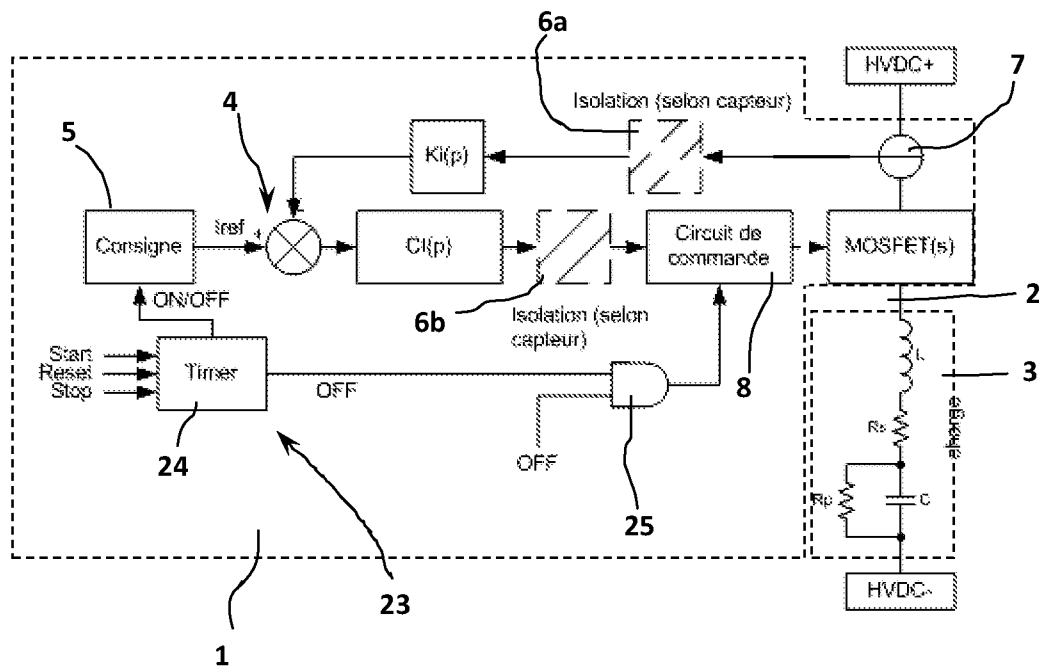


FIGURE 1

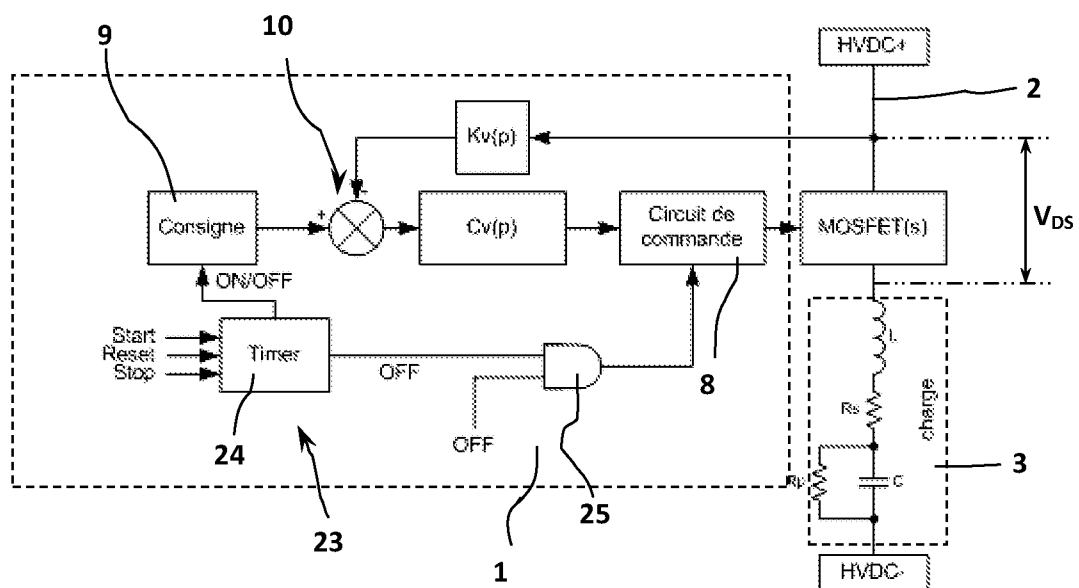


FIGURE 2

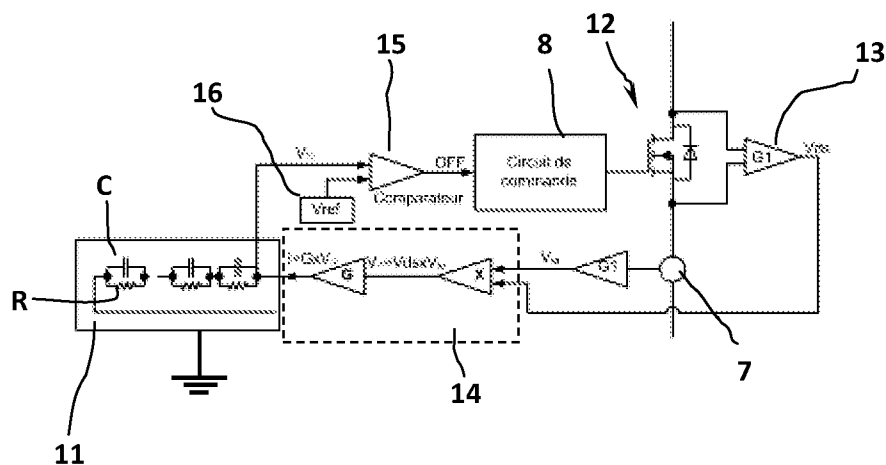


FIGURE 3

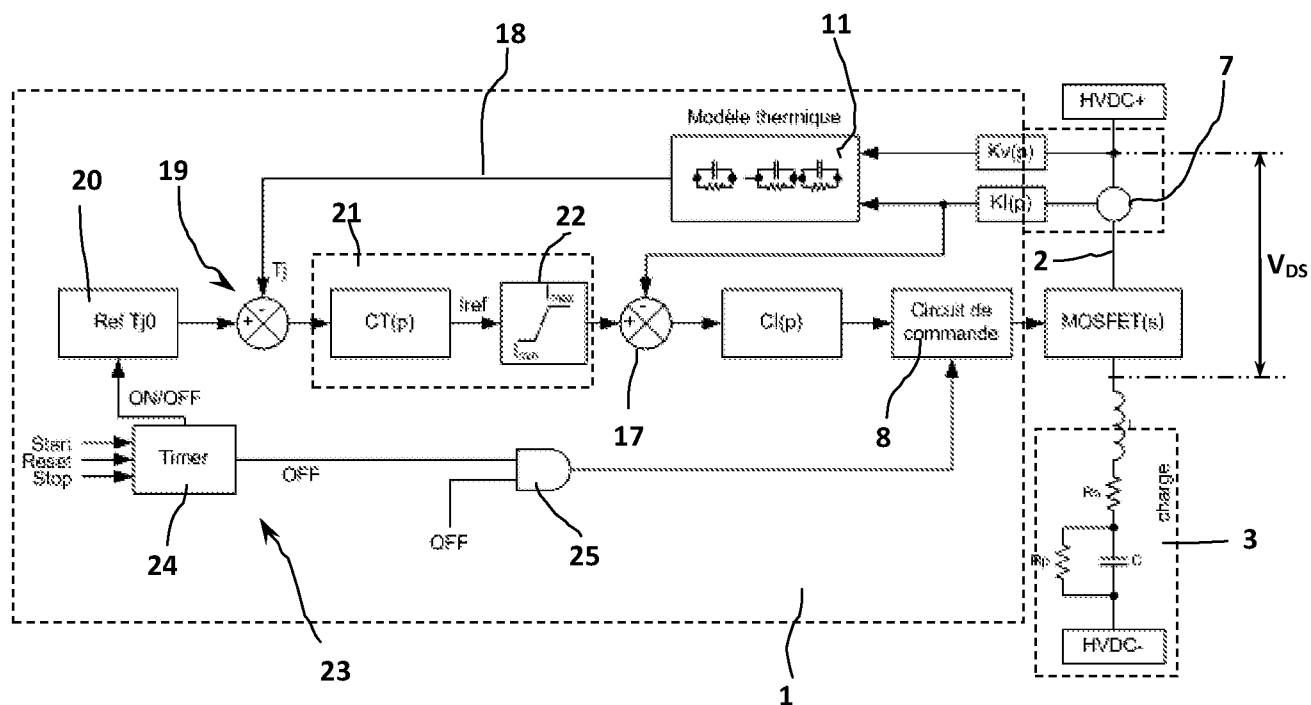


FIGURE 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2014/053506

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02H9/00 H02H9/02
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)
H02H

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 02/061909 A2 (AXIOHM TRANSACTION SOLUTIONS [US]) 8 August 2002 (2002-08-08) abstract figures 1-2 page 4, line 24 - page 5, line 19 -----	1-5, 13, 14 6-12
X A	US 2009/040677 A1 (RYOO JI-YEOL [KR]) 12 February 2009 (2009-02-12) abstract figure 1 the whole document -----	1-3, 6, 13, 14 4, 5, 7-12



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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 March 2015

Date of mailing of the international search report

24/03/2015

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

Operti, Antonio

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2014/053506

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)			Publication date
WO 02061909	A2	08-08-2002	CA	2436404	A1	08-08-2002
			EP	1356565	A2	29-10-2003
			US	2002176216	A1	28-11-2002
			WO	02061909	A2	08-08-2002

US 2009040677	A1	12-02-2009	KR	20090012511	A	04-02-2009
			US	2009040677	A1	12-02-2009

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2014/053506

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H02H9/00 H02H9/02
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)
H02H

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X A	WO 02/061909 A2 (AXIOHM TRANSACTION SOLUTIONS [US]) 8 août 2002 (2002-08-08) abrégé figures 1-2 page 4, ligne 24 - page 5, ligne 19 -----	1-5,13, 14 6-12
X A	US 2009/040677 A1 (RYOO JI-YEOL [KR]) 12 février 2009 (2009-02-12) abrégé figure 1 le document en entier -----	1-3,6, 13,14 4,5,7-12



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



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

16 mars 2015

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

24/03/2015

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

Operti, Antonio

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2014/053506

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 02061909	A2	08-08-2002	CA 2436404 A1	08-08-2002
			EP 1356565 A2	29-10-2003
			US 2002176216 A1	28-11-2002
			WO 02061909 A2	08-08-2002

US 2009040677	A1	12-02-2009	KR 20090012511 A	04-02-2009
			US 2009040677 A1	12-02-2009
