



(11)

EP 2 631 927 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
28.08.2013 Bulletin 2013/35

(51) Int Cl.:
H01H 9/36 (2006.01)
H01H 33/18 (2006.01)
H01T 4/14 (2006.01)
H01H 33/04 (2006.01)
H01T 1/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12187737.7**

(22) Date de dépôt: **09.10.2012**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

(30) Priorité: **21.10.2011 FR 1159557**

(71) Demandeur: **ABB France**
91978 Courtaboeuf Cedex (FR)

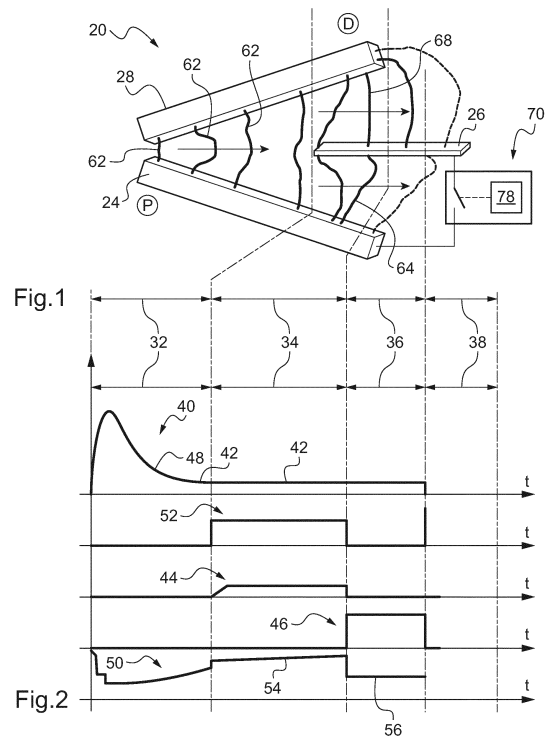
(72) Inventeur: **Crevenat, Vincent**
65250 Izaux (FR)

(74) Mandataire: **Hirsch & Associés**
58, Avenue Marceau
75008 Paris (FR)

(54) **Procédé de coupure d'un arc électrique, procédé et dispositif de protection d'une installation contre les surtensions**

(57) L'invention se rapporte à un procédé de coupure d'un arc électrique se formant entre deux électrodes principales, le procédé comprenant : le déplacement de l'arc électrique formé vers une électrode (26) située dans un positionnement intermédiaire entre les deux électrodes principales (24, 28) ; la séparation de l'arc électrique formé (62) en deux arcs électriques secondaires (64, 68), un interrupteur à semi-conducteur normalement ouvert reliant l'électrode intermédiaire (26) à une des électrodes principales (24); la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs pour éteindre l'arc électrique secondaire (64) entre les deux électrodes (24, 26) que l'interrupteur à semi-conducteurs relie; l'ouverture de l'interrupteur à semi-conducteurs pour éteindre l'autre arc électrique secondaire (68).

L'invention se rapporte en outre à un procédé de protection et à un dispositif de protection, notamment à un dispositif de protection spécialement conçu pour la mise en oeuvre du procédé.



Description

[0001] L'invention se rapporte au domaine technique général de la protection d'équipements ou d'installations électriques contre les surtensions, notamment contre les surtensions transitoires, dues par exemple à un impact de foudre. La présente invention concerne plus particulièrement un procédé de coupure d'un arc électrique dans un éclateur et un procédé de protection d'une installation électrique contre les surtensions transitoires mettant en oeuvre le procédé de coupure d'un arc électrique. L'invention concerne en outre un dispositif de protection d'une installation électrique contre les surtensions transitoires.

[0002] Il est connu d'assurer la protection d'une installation électrique contre les surtensions à l'aide de dispositifs incluant au moins un composant de protection contre les surtensions, en particulier une ou plusieurs varistances et/ou un ou plusieurs éclateurs. De tels dispositifs sont désignés couramment par le terme de parafoudre. Pour les installations monophasées, il est habituel de recourir à une varistance branchée entre la phase et le neutre alors qu'un éclateur est connecté entre le neutre et la terre. Pour les installations triphasées, il est habituel de disposer des varistances entre les différentes phases et/ou entre chaque phase et le neutre et un éclateur entre le neutre et la terre. Pour des installations électriques fonctionnant sous courant continu, par exemple pour des installations de générateurs photovoltaïques, il est aussi recouru à des varistances et éventuellement à des éclateurs.

[0003] L'utilisation d'un éclateur comme dispositif de protection contre les surtensions peut poser un problème de gestion du courant de suite de l'éclateur. En effet, du fait de l'amorçage de l'éclateur, un courant peut continuer à s'écouler au travers de l'éclateur amorcé et ce même après la fin de la surtension transitoire. Ce courant est entrete nu par la source de tension de l'installation électrique à protéger. Ce courant correspond alors à un courant de suite que l'on souhaite arrêter en coupant l'arc formé dans l'éclateur. Ce problème de coupure du courant de suite se pose notamment dans le cas d'installation électrique fonctionnant sous courant continu telle qu'une installation de génération photovoltaïque d'électricité.

[0004] Dans le domaine des parafoudres, différents systèmes de coupures sont proposés.

[0005] Dans le cas où un arc ne se forme entre deux électrodes qu'en fin de vie de varistances, il existe des systèmes de coupure à usage unique comprenant un court-circuitage mécanique de l'arc puis une gestion du courant de court-circuit par fusible.

[0006] Dans le cas d'utilisation d'un éclateur comme parafoudre, des arcs se forment de façon répétée entre les électrodes de l'éclateur, empêchant l'utilisation de systèmes de coupure à usage unique qui sont inadaptés. La coupure d'arcs se formant de façon répétée correspond par ailleurs à un besoin pour d'autres équipements dont le but est plus généralement de couper un courant

suite à un défaut, ou à une action extérieure quelconque. Des systèmes de coupures à usages multiples sont alors proposés aussi bien pour des équipements tels que des contacteurs, des disjoncteurs ou des interrupteurs que pour des parafoudres à éclateurs.

[0007] Les systèmes proposés sont essentiellement basés sur un agrandissement de la distance entre les électrodes entre lesquelles se forme l'arc ou sur la séparation de l'arc en une multiplicité d'arcs. Dans les deux cas, la coupure de l'arc est réalisée par l'élévation de la tension dite d'arc à une valeur suffisamment haute pour que la tension de la source ne soit plus capable de maintenir cette tension d'arc. Ainsi lorsque la tension de la source est élevée, les systèmes de coupure à usage multiples doivent permettre un agrandissement de la distance entre les électrodes d'autant plus important ou une séparation en une multiplicité d'arcs d'autant plus importante. Pour des tensions de fonctionnement élevées susceptibles d'être rencontrées dans les installations photovoltaïques, par exemple entre 500 et 1000V ou même jusqu'à 1500V du fait du caractère continu du courant, l'adaptation des systèmes précédents à la coupure de tels niveaux de tensions peut conduire à des contraintes dimensionnelles importantes. Or les dispositifs de parafoudre, sont généralement contenus dans des boîtiers dit "montables" sur rail DIN. Ces boîtiers n'excèdent pas 17,5mm de largeur et 92mm de longueur, et sont alors trop petits pour pouvoir satisfaire à de telles contraintes dimensionnelles.

[0008] Il existe donc un besoin pour un procédé de coupure d'arc électrique permettant un encombrement moins important des dispositifs le mettant en oeuvre.

[0009] Pour cela l'invention propose un procédé de coupure d'un arc électrique se formant entre deux électrodes principales, le procédé comprenant :

le déplacement de l'arc électrique formé vers une électrode située dans un positionnement intermédiaire entre les deux électrodes principales ;
la séparation de l'arc électrique formé en deux arcs électriques secondaires entre les électrodes principales et l'électrode intermédiaire, un interrupteur à semi-conducteur normalement ouvert reliant l'électrode intermédiaire à une des électrodes principales ;
la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs pour éteindre l'arc électrique secondaire entre les deux électrodes que l'interrupteur à semi-conducteurs relie ;
l'ouverture de l'interrupteur à semi-conducteurs pour éteindre l'autre arc électrique secondaire.

[0010] Selon une variante, le procédé comprend une temporisation après la séparation de l'arc formé en deux deuxièmes arcs électriques pour empêcher la reformation d'un arc entre les deux électrodes principales à la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs.

[0011] Selon une variante, le procédé comprend une

temporisation après la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs pour empêcher la reformation, à l'ouverture de l'interrupteur à semi-conducteurs, de l'arc éteint entre l'électrode intermédiaire et l'une des électrodes principales.

[0012] L'invention propose aussi un procédé de protection d'une installation électrique contre les surtensions transitoires, le procédé mettant en oeuvre la coupure d'un arc électrique selon le procédé de coupure précédent en cas d'occurrence d'une surtension transitoire dans l'installation électrique à protéger entraînant la formation d'un premier arc électrique entre les deux électrodes principales, les électrodes principales étant connectées à l'installation électrique à protéger.

[0013] Selon une variante, l'installation électrique à protéger étant une installation électrique reliée à un réseau de distribution électrique basse tension.

[0014] Selon une variante, l'installation électrique à protéger étant une installation électrique fonctionnant sous courant continu, de préférence une installation de génération photovoltaïque d'électricité.

[0015] L'invention propose encore un dispositif de protection d'une installation électrique contre les surtensions transitoires, comprenant :

deux bornes de connexion du dispositif à l'installation électrique à protéger ;

une première électrode principale et une deuxième électrode principale, chaque électrode principale étant reliée à l'une respective des bornes de connexion ;

une électrode située dans un positionnement intermédiaire entre la première électrode principale et la deuxième électrode principale ;

un interrupteur à semi-conducteurs normalement ouvert reliant l'électrode intermédiaire à la première électrode principale ;

un circuit de commande de l'interrupteur à semi-conducteurs, le circuit de commande étant prévu pour assurer successivement la fermeture de l'interrupteur, puis l'ouverture de l'interrupteur, après qu'un arc électrique formé entre les électrodes principales soit divisé en deux arcs par l'électrode intermédiaire.

[0016] Selon une variante, l'interrupteur à semi-conducteurs est un transistor bipolaire à grille isolée ou un transistor à effet de champ à grille métal-oxyde.

[0017] Selon une variante, le circuit de commande assure une temporisation entre la division de l'arc électrique en deux arcs par l'électrode intermédiaire et la fermeture de l'interrupteur et/ou entre la fermeture de l'interrupteur et l'ouverture de l'interrupteur.

[0018] Selon une variante, les électrodes sont fixes, les deux électrodes principales étant positionnées en regard l'une de l'autre depuis un premier côté vers un deuxième côté, et formant un éclateur ; et l'électrode intermédiaire s'étendant partiellement entre les deux électrodes principales depuis le deuxième côté.

[0019] Selon une variante, le dispositif comprend un organe de déclenchement d'un arc entre les électrodes principales en cas d'occurrence d'une surtension transitoire sur l'installation électrique à protéger, l'organe de déclenchement comportant une électrode de déclenchement d'arc du premier côté des électrodes principales.

[0020] Selon une variante, l'électrode intermédiaire présente une portion d'extrémité en coin du côté où l'électrode intermédiaire s'étend entre les deux électrodes principales.

[0021] Selon une variante, le dispositif comprend un aimant disposé pour déplacer, dans la direction allant du premier côté vers le deuxième côté, un arc électrique se formant entre les électrodes principales de l'éclateur et/ou les électrodes principales étant divergentes depuis le premier côté vers le deuxième côté.

[0022] Selon une variante, le dispositif comprend une borne de connexion supplémentaire et un éclateur supplémentaire formée par deux électrodes supplémentaires, l'une des électrodes supplémentaires étant connectée à la borne supplémentaire et l'autre des électrodes supplémentaires étant connectée à une des deux bornes de connexion du dispositif à l'installation électrique.

[0023] Selon une variante, le dispositif est spécialement conçu pour la mise en oeuvre du procédé précédent.

[0024] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit des modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemple uniquement et en références aux dessins qui montrent :

- figure 1, une représentation schématique des différentes phases d'un mode de réalisation du procédé de coupure proposé et mis en oeuvre sur un éclateur ;
- figure 2, un graphique temporel de l'évolution des diverses grandeurs électriques lors de la mise en oeuvre du procédé schématisé en figure 1 ;
- figure 3, une vue en coupe d'un mode de réalisation du dispositif proposé de protection contre les surtensions ;
- figure 4, un schéma électrique d'un mode de réalisation du circuit de commande d'un interrupteur à semi-conducteurs du dispositif de protection de la figure 3 ;
- figure 5, une représentation schématique d'un mode de réalisation du dispositif de protection proposé avec un aimant ;
- figures 6 et 7, des vues éclatées d'un mode de réalisation préféré du dispositif proposé de protection dans une cartouche "montable" sur un rail DIN ;
- figure 8, une représentation schématique d'un mode de réalisation préféré du dispositif de protection avec une borne supplémentaire de connexion.

[0025] L'invention concerne un procédé de coupure d'un arc électrique. Le procédé est mis en oeuvre pour

une première électrode principale et une deuxième électrode principale entre lesquelles un arc électrique à couper est susceptible de se former à la suite d'un défaut, d'une action extérieure ou d'un évènement extérieur, tel qu'un impact de foudre ou la séparation de contacts mobiles dans un interrupteur mécanique.

[0026] Un interrupteur à semi-conducteurs relie l'électrode intermédiaire à la première électrode principale. Un interrupteur à semi-conducteurs est un interrupteur formé par la superposition de couches de semi-conducteurs dopés. Ainsi un interrupteur à semi-conducteurs correspond à un interrupteur dont le caractère fermé ou ouvert est permis par un semi-conducteur fonctionnant en commutation entre laisser passer le courant ou l'interrompre. Il en résulte que, contrairement à un interrupteur mécanique, l'interrupteur à semi-conducteurs est dépourvu de contact mobile ou de partie mécanique mobile dont le mouvement réalise le passage entre l'état fermé et l'état ouvert et assure l'interruption de courant par la distance séparant le contact mobile et le contact fixe. L'interrupteur à semi-conducteurs assure alors l'interruption de courant sans entraîner de création d'arc contrairement à un interrupteur mécanique. L'interrupteur à semi-conducteurs peut être un transistor bipolaire à grille (plus connu sous l'expression anglaise "*Insulated Gate Bipolar Transistor*" abrégée en "*IGBT*") ou un transistor à effet de champ à grille métal oxyde (plus connu sous l'expression anglaise "*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*" abrégée en "*MOSFET*" ou "*MOS*").

[0027] La figure 1 montre une représentation schématique de différentes phases du procédé de coupure proposé. Selon cette représentation schématique, le procédé est mis en oeuvre sur un éclateur 20 formé notamment des électrodes principales précédemment décrites et comprenant aussi l'électrode intermédiaire et l'interrupteur à semi-conducteurs précédemment décrits. Selon la figure 1, les électrodes principales 24 et 28 sont positionnées en regard l'une de l'autre depuis un premier côté (référéncé par un P entouré) vers un deuxième côté (référéncé par un D entouré), l'électrode intermédiaire 26 s'étendant partiellement entre les deux électrodes principales depuis le deuxième côté D.

[0028] Le procédé de coupure proposé est mis en oeuvre après la formation d'un premier arc électrique 62 entre les deux électrodes principales 24 et 28. Le premier arc électrique 62 entre les deux électrodes principales 24 et 28 est aussi désigné par le terme "arc électrique formé" 62. A la suite de la formation du premier arc électrique 62, le procédé comprend le déplacement de l'arc électrique 62. Selon la figure 1, l'arc 62 est déplacé du premier côté P vers le deuxième côté de l'éclateur D. Selon le mode de réalisation illustré par les figures, le déplacement de l'arc est facilité par le fait que les électrodes principales 24 et 28 divergent du premier côté P vers le deuxième côté D. En alternative ou en complément à la divergence des électrodes 24 et 28, mais toujours dans le but de faciliter le déplacement de l'arc, il

peut être prévu un aimant, qui est décrit dans la suite de la description.

[0029] Lorsque l'arc électrique 62 est déplacé jusqu'au niveau de l'électrode intermédiaire 26, le procédé comprend la séparation du premier arc électrique 62 en deux deuxièmes arcs électriques 64 et 68. Chacun des deux deuxièmes arcs électriques 64 et 68 est aussi désigné par le terme arc "électrique secondaire" 64 ou 68. L'électrode intermédiaire 26 présente de préférence un potentiel flottant. Le deuxième arc électrique 64 est formé entre la première électrode principale 24 et l'électrode intermédiaire 26 alors que le deuxième arc électrique 68 est formé entre la deuxième électrode principale 28 et l'électrode intermédiaire. Les étapes du procédé avant la séparation de l'arc 62 en arcs 64 et 68 correspondent à la phase référencée 32. Selon la figure 1, l'arc 62 est représenté plusieurs fois dans des positions prises successivement lors de son déplacement.

[0030] Après la séparation de l'arc 62 en arcs 64 et 68, les deuxièmes arcs peuvent aussi être déplacés dans le sens du premier côté P vers le deuxième côté D (de la gauche vers la droite selon la figure 1). Les étapes de séparation en deux arcs 64 et 68 et de déplacement des deux arcs 64 et 68 correspondent à la phase référencée 34. Selon la figure 1, les arcs 64 et 68 sont représentés plusieurs fois dans des positions prises successivement lors de leur déplacement.

[0031] Le procédé comprend ensuite la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs pour éteindre le deuxième arc électrique 64 entre l'électrode intermédiaire 26 et la première électrode 24. La fermeture de l'interrupteur provoque en effet le court-circuit de l'arc 64 par la mise au même potentiel de la première électrode principale 24 et de l'électrode intermédiaire 26. Du fait du court-circuit, le courant circulant dans l'arc 64 passe entièrement dans l'interrupteur ce qui entraîne l'extinction de l'arc 64. Cette étape du procédé correspond à la phase référencée 36.

[0032] Après l'extinction de l'arc 64, le procédé comprend l'ouverture de l'interrupteur à semi-conducteurs pour éteindre l'autre deuxième arc 68. En effet, l'ouverture de l'interrupteur provoque l'isolation de l'électrode intermédiaire 26 par rapport à la première électrode principale 24. Ces électrodes 24 et 26 n'étant plus reliées ni par l'interrupteur ni par l'arc 64 préalablement éteint, le courant de suite écoulé par l'arc 68 ne peut plus s'écouler jusqu'à l'électrode principale 24 sauf à recréer un arc électrique. Pour cela, la tension entre l'électrode intermédiaire 26 et l'électrode principale 24 doit être supérieure à la tension de claquage de la lame d'air qui sépare ces électrodes 24 et 26. Il est utile de noter que la tension de claquage d'une lame d'air est supérieure à la tension de maintien d'un arc déjà formé et traversant cette même lame. Si la tension de la source peut suffire à maintenir un arc initialement formé entre 24 et 26, la tension de source est insuffisante pour permettre le claquage de cette même lame d'air, c'est-à-dire insuffisante pour permettre la formation d'un nouvel arc entre 24 et 26. La

distance entre les électrodes 24 et 26 est choisie en conséquence. Alors l'ouverture de l'interrupteur entraîne l'extinction de l'arc 68. Cette étape du procédé correspond à la phase référencée 38.

[0033] Après la mise en oeuvre du procédé proposé, le courant de suite est complètement coupé du fait de l'extinction des deux arcs 64 et 68. La coupure d'arc procurée par le procédé proposé est réalisée sans augmentation de la tension de maintien de l'arc dans l'éclateur, contrairement aux éclateurs de l'art antérieur. Ainsi selon ce procédé, il n'est plus nécessaire d'entraîner que la tension de maintien de l'arc dépasse la tension de la source en fractionnant de nombreuses fois l'arc ou en augmentant la taille de l'arc. Le procédé proposé peut donc être mis en oeuvre dans un éclateur présentant seulement des distances d'isolation entre ces différentes électrodes qui soient seulement suffisantes pour empêcher la formation d'un nouvel arc avec la tension de la source de l'installation. La tension de formation d'un nouvel arc étant bien supérieure à la tension de maintien d'un arc déjà formé, le procédé proposé autorise la réduction des distances entre les électrodes de l'éclateur. En définitive, l'éclateur mettant en oeuvre le procédé peut présenter un encombrement limité tout en assurant la coupure de l'arc électrique maintenu par des sources de tension élevée.

[0034] Le positionnement des électrodes selon la figure 1 correspond à des électrodes fixes l'une par rapport à l'autre, les électrodes principales formant un éclateur. Il peut être prévu de façon alternative que, dans des modes de réalisation non illustrés, les électrodes soient mobiles l'une par rapport à l'autre, par exemple :

- une des électrodes principales 24 et 28 peut être un contact mobile d'interrupteur mécanique alors que l'autre des électrodes principales 24 et 28 est un contact fixe ;
- l'électrode intermédiaire 26 peut aussi être mobile par rapport aux électrodes principales 24 et 28, avec un mouvement corrélé ou décorrélé du mouvement des électrodes principales l'une par rapport à l'autre.

[0035] Dans ces modes de réalisations alternatifs avec des électrodes mobiles, la mise en oeuvre du procédé autorise également la réduction des distances maximales d'écartement des électrodes entre elles. En définitive, le dispositif avec des électrodes mobiles mettant en oeuvre le procédé peut présenter lui aussi un encombrement limité tout en assurant la coupure de l'arc électrique maintenu par des sources de tension élevée.

[0036] Le procédé de coupure précédemment décrit peut être particulièrement avantageux lors de sa mise en oeuvre dans un procédé plus général de protection d'une installation électrique contre les surtensions transitoires.

[0037] Dans le domaine de la protection contre les surtensions transitoires, par exemple dues à un impact de foudre, on peut prévoir de disposer un éclateur aux bor-

nes d'une installation électrique, en tant que parafoudre. La formation d'un arc électrique dans l'éclateur lors de la surtension transitoire permet la limitation de la tension aux bornes de l'installation électrique à protéger. Cependant, à la fin de l'événement de surtension transitoire, cet arc électrique peut être maintenu par la source de tension de l'installation électrique à protéger. Ce maintien de l'arc perturbe le retour à un fonctionnement normal de l'installation. La mise en oeuvre du procédé de coupure précédent dans un procédé de protection contre les surtensions permet alors de couper le courant de suite même pour des tensions de source élevées tout en limitant l'encombrement du dispositif de protection mettant en oeuvre le procédé de protection.

[0038] Le procédé proposé permet une protection des installations électriques, notamment des installations électriques reliées à un réseau de distribution électrique basse tension.

[0039] De façon standard, on entend par installation électrique reliée à un réseau de distribution électrique basse tension une installation électrique basse tension de tension assignée efficace jusqu'à 1 000 V en courant alternatif ou jusqu'à 1 500 V en courant continu à l'exception des équipements électriques de très basse tension. Les équipements électriques de très basse tension peuvent être définies comme les équipements ayant une tension assignée efficace inférieure à 12 V en alternatif ou en continu. Ainsi l'installation électrique à protéger peut être une installation électrique fonctionnant sous une tension comprise entre 12V et 1000V en alternatif et entre 12V et 1500V en continu. De tels équipements électriques de très basse tension ne sont pas reliés directement à un réseau électrique basse tension. En d'autres termes, le procédé proposé de protection d'une installation électrique reliée à un réseau électrique basse tension se distingue d'un procédé de protection de composants microélectroniques contre les surtensions.

[0040] Parmi les installations électriques reliées à un réseau de distribution électrique basse tension, le procédé de protection est particulièrement mis en oeuvre pour les installations électriques fonctionnant sous courant continu, par exemple pour une installation de génération photovoltaïque d'électricité. La mise en oeuvre du procédé de coupure dans un procédé de protection d'une installation contre les surtensions permet notamment de couper des courants de suite maintenus par une source de tension continue de 1500V telle que dans les installations de génération photovoltaïque d'électricité.

[0041] La figure 2 montre un graphique temporel de l'évolution des diverses grandeurs électriques lors de la mise en oeuvre du procédé de coupure précédent dans un but de protection contre les surtensions d'une installation électrique fonctionnant sous courant continu.

[0042] L'origine des temps de la figure 2 correspond au début d'une surtension transitoire telle qu'un impact de foudre. Selon cette figure 2, l'axe des temps peut ensuite être découpé en les phases 32, 34, 36 et 38 précédemment décrites.

[0043] Lors de la phase 32, un arc se forme du fait de la surtension aux bornes des électrodes principales 24 et 28 de l'éclateur 20. La tension aux bornes des électrodes principales est représentée par la courbe 50. Lors d'une telle surtension, l'éclateur limite la tension 50 à la tension d'amorçage de l'arc dans l'éclateur. Cet arc permet l'écoulement d'un courant 40 entre les électrodes principales 24 et 28. Au début de la phase 32, ce courant 40 correspond alors à un courant de foudre 48 qui est la majeure partie du courant associée à la surtension transitoire. Ce courant de foudre 48 est positif ou négatif selon la polarité de la surtension transitoire, la foudre par exemple pouvant être à décharge positive ou négative. Après la surtension transitoire, le courant 40 et la tension 50 chutent. L'arc électrique 62 formé peut se maintenir et écouler le courant de suite fourni par la source de tension de l'installation électrique à protéger. Le courant 40 correspond alors au courant de suite 42 et la tension 50 correspond à la tension de maintien de l'arc 62 entre les électrodes principales 24 et 28.

[0044] Lors de la surtension transitoire puis lors de l'écoulement du courant de suite, l'arc 62 est déplacé vers l'électrode intermédiaire 26. Les électrodes 24 et 28 étant, dans cet exemple, divergentes du côté D de l'électrode intermédiaire 26, le déplacement de l'arc 26 vers l'électrode intermédiaire entraîne une augmentation de la tension de l'arc après la surtension transitoire. En effet, la tension de l'arc dépend d'une part de la longueur de l'arc et d'autre part de son nombre de pieds, ici deux : l'un au niveau de l'électrode 24 et l'autre au niveau de l'électrode 28. Cette augmentation de la tension 50 se poursuit avec le déplacement de l'arc 62 jusqu'à ce que l'arc 62 soit séparé en les deux arcs 64 et 68 par l'électrode intermédiaire 26.

[0045] On entre alors dans la phase 34. Au moment de la séparation de l'arc 62 en deux arcs 64 et 68, la tension 50 aux bornes des électrodes principales 24 et 28 augmentent brusquement du fait de l'augmentation du nombre de pieds d'arcs qui passe de deux à quatre : soit deux pieds pour chacun des arcs 64 et 68. La séparation de l'arc 62 en deux arcs 64 et 68 correspond aussi à l'apparition d'une tension 52 entre l'électrode intermédiaire 26 et l'électrode 24. Lorsque le dispositif est symétrique selon le plan de l'électrode intermédiaire 26, la tension 52 correspond à la moitié de la tension 54 entre les électrodes 24 et 28. Cette tension 52 est maintenue jusqu'à la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs. Toutefois la tension 52 peut légèrement augmenter avec la tension 54 du fait que les arcs 64 et 68 continuent d'être déplacés entre des électrodes divergentes vers le côté D.

[0046] A la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs, on entre dans la phase 36. La fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs entraîne la formation d'un court-circuit entre l'électrode 26 et l'électrode 24. Le courant 46 traversant l'interrupteur correspond au courant précédemment écoulé par l'arc 64 court-circuité, c'est-à-dire que le courant 46 correspond au courant de suite

42. La tension 52 entre l'électrode intermédiaire 26 et l'électrode 24 s'annule et l'arc 64 est coupé. La tension 50 entre les électrodes 24 et 28 est alors diminuée et passe de la tension 54 à la tension 56.

[0047] Il peut être utile de prévoir une temporisation entre la séparation du premier arc 62 et la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs. Une telle temporisation correspond à la durée de la phase 34. Cette temporisation permet de s'assurer qu'au moment de la fermeture de l'interrupteur, le courant écoulé par l'éclateur correspond bien à un courant de suite 42 et non plus à un courant de foudre 48. Ainsi on évite que le courant de foudre 48 ne puisse traverser l'interrupteur à semi-conducteurs ce qui endommagerait les semi-conducteurs de l'interrupteur. Par ailleurs, indépendamment de l'utilisation du procédé de coupure dans un but de protection contre les surtensions, la temporisation de la durée de la phase 34 contribue à empêcher la reformation d'un arc entre les deux électrodes principales 24 et 28 à la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs. En effet, la durée de cette temporisation peut être choisie pour s'assurer, avant la fermeture de l'interrupteur, de la déionisation de l'air initialement ionisé par le premier arc 62.

[0048] A la suite de la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs, on passe dans la phase 38, en ouvrant ce même interrupteur. Le courant 46 traversant l'interrupteur est alors nul et le courant de suite 42 ne peut plus s'écouler entre l'électrode intermédiaire 26 et l'électrode principale 24. Ceci entraîne l'extinction de l'arc 68, la tension entre les électrodes principales devient alors égale à la tension de la source de l'installation électrique et le courant 40 traversant l'éclateur est nul. Le courant de suite 42 est donc coupé. Une temporisation peut être prévue entre la fermeture et l'ouverture de l'interrupteur à semi-conducteurs pour empêcher la reformation de l'arc entre l'électrode intermédiaire 26 et la première électrode principale 24 à l'ouverture de l'interrupteur à semi-conducteurs. En effet, la durée de cette temporisation peut être choisie pour s'assurer, avant l'ouverture de l'interrupteur, de la déionisation de l'air initialement ionisé par l'arc 64. Une telle temporisation correspond à la durée de la phase 36.

[0049] L'invention concerne en outre un dispositif de protection d'une installation contre les surtensions transitoires. Le dispositif comprend deux bornes de connexion du dispositif à l'installation électrique à protéger. En référence à la figure 1, le dispositif comprend en outre la première électrode principale 24 et la deuxième électrode principale 28. Les électrodes principales peuvent former l'éclateur 20 entre elles. Ces deux électrodes principales 24 et 28 sont alors positionnées en regard l'une de l'autre depuis le premier côté P vers le deuxième côté D. Chaque électrode principale est reliée à l'une respective des bornes de connexion (décrites dans la suite de la description).

[0050] Le dispositif comprend en outre l'électrode intermédiaire 26 située dans un positionnement intermédiaire entre les électrodes principales 24 et 28. Lorsque

les électrodes principales forment l'éclateur 20, l'électrode intermédiaire s'étend partiellement entre les deux électrodes principales depuis le deuxième côté D. Le dispositif comprend l'interrupteur à semi-conducteurs normalement ouvert et reliant l'électrode intermédiaire 26 à la première électrode principale 24.

[0051] Le dispositif comprend encore un circuit de commande 78 de l'interrupteur à semi-conducteurs. L'ensemble formé par l'interrupteur à semi-conducteurs et le circuit de commande 78 est référencé 70 en figure 1. Le circuit de commande 78 est prévu pour fermer et ouvrir successivement l'interrupteur après que l'arc électrique 62 formé entre les électrodes principales 24 et 28 soit divisé en deux arcs secondaires 64 et 68 par l'électrode intermédiaire 26. Le circuit de commande 78 est ainsi susceptible de commander le dispositif pour que soient mises en oeuvre, à la suite de la formation de l'arc 62 entre les électrodes principales 24 et 28, les étapes du procédé précédemment décrit. Le dispositif de protection proposé peut alors présenter une conception compacte. Par exemple, le dispositif de protection peut être mis sous la forme d'un boîtier "montable" sur rail DIN avec une longueur ne dépassant pas 92 mm. La figure 3 montre une vue en coupe d'un tel mode de réalisation du dispositif proposé 90 de protection contre les surtensions, le dispositif 90 comprenant un boîtier extérieur 92 correspondant à un boîtier "montable" sur rail DIN. Le boîtier 92 "montable" sur rail DIN comprend une interface 96 de montage sur un rail DIN (non représenté).

[0052] D'une manière générale, le dispositif proposé peut être spécialement conçu pour la mise en oeuvre de l'un des modes de réalisation des procédés précédents.

[0053] Ainsi dans le dispositif proposé, le circuit de commande 78 peut assurer la temporisation avant la fermeture de l'interrupteur et/ou entre la fermeture de l'interrupteur et l'ouverture de l'interrupteur. De retour à la figure 2, pour assurer ces temporisations et la commande de l'interrupteur à semi-conducteurs, le circuit de commande 78 peut être alimenté par une partie 44 du courant de suite 42 traversant l'électrode intermédiaire 62.

[0054] La figure 4 montre un schéma électrique d'un mode de réalisation du circuit de commande 78 de l'interrupteur à semi-conducteurs. L'ensemble 70 est ainsi connecté à l'électrode intermédiaire 26 et à l'électrode principale 24. L'interrupteur à semi-conducteurs est sous la forme d'un IGBT. R_L représente la résistance des lignes conductrices. L'ensemble 70 fonctionne de la manière suivante :

- Lorsque la tension 52 de l'arc 64 apparaît (au début de la phase 34), un condensateur C_1 se charge à travers la résistance R_1 . En fonction de l'étalonnage de C_1 et R_1 , on obtient le temps de charge souhaité pour C_1 permettant la temporisation voulue de la phase 34. Lorsque la charge du condensateur C_1 permet d'atteindre la tension inverse d'une diode Zener DZ_1 , la diode Zener devient passante entraînant l'apparition d'une tension aux bornes d'une résistan-

ce R_2 . La tension aux bornes de la résistance R_2 permet la commutation du thyristor T_1 dans l'état passant. L'IGBT voit alors une tension à sa grille faisant passer l'IGBT à l'état passant, ce qui limite la tension de l'arc 64 à une tension V_{CEsat} de l'IGBT. L'IGBT étant alors passant, l'arc 64 disparaît mais un courant circule encore dans l'éclateur par l'intermédiaire de l'IGBT. Autrement dit, la partie 72 du circuit de commande 78 assure la commande en fermeture de l'IGBT. On entre dans la phase 36.

- Après le moment où l'IGBT est devenu passant, le condensateur C_1 maintient la tension de commande et charge un condensateur C_2 par l'intermédiaire d'une résistance R_4 . En fonction de l'étalonnage de C_2 et R_2 , on obtient le temps de charge souhaité pour C_2 permettant la temporisation voulue de la phase 36. Lorsque le condensateur C_2 atteint la tension inverse d'une diode Zener DZ_2 , la diode Zener DZ_2 devient passante. Cela entraîne l'application d'une tension aux bornes d'une résistance R_5 , permettant la commutation du thyristor T_2 dans l'état passant. L'IGBT est alors court-circuité et l'IGBT passe de l'état passant à l'état bloqué. Le courant de suite est coupé par l'ouverture de l'IGBT et l'arc 68 s'éteint. Autrement dit, la partie 74 du circuit de commande 78 assure la commande en ouverture de l'IGBT. On entre dans la phase 38.
- A la suite de l'extinction de l'arc 68, les condensateurs C_1 et C_2 se déchargent respectivement dans des résistances R_3 et R_6 .

[0055] Une varistance V_1 est prévue pour assurer la protection de l'IGBT en supprimant l'éventuel pic de courant de foudre associé à la surtension dans le cas où il y a encore une surtension au moment de la séparation de l'arc 62 en arcs 64 et 68. De façon générale, dans tous les modes de réalisation précédemment décrits, le positionnement de l'électrode intermédiaire 26 du côté D des électrodes principales peut être ajusté pour assurer une temporisation voulue de la durée de la phase 32. La temporisation de la phase 32 peut ainsi correspondre à une durée suffisamment longue pour que l'épisode de surtension, par exemple dû à un impact de foudre, soit terminé avant le début de la phase 34.

[0056] De retour à la figure 4, il est prévu des diodes D_1 , D_2 et D_3 pour protéger le circuit 78 en forçant le sens du courant. Ainsi la partie 76 du circuit de commande 78 assure la protection de l'IGBT.

[0057] Selon un mode de réalisation, l'interrupteur à semi-conducteur peut comporter une pluralité d'IGBT disposés en parallèle les uns par rapport aux autres, par exemple deux IGBT en parallèle. Une telle disposition en parallèle d'IGBT, permet à l'interrupteur à semi-conducteur ainsi formé d'écouler une intensité plus importante de courant de suite en comparaison à l'interrupteur à semi-conducteur comprenant un seul IGBT. Un tel mode de réalisation est particulièrement avantageux pour des utilisations du dispositif proposé concernant la pro-

tection d'installations photovoltaïques susceptibles de fournir des courants d'intensité élevée, telle qu'une intensité supérieure à 1000 A. Selon ce mode de réalisation, le circuit de commande 78 illustré en figure 4 peut servir à lui seul pour la commande en parallèle de la pluralité d'IGBT.

[0058] Dans le cas particulier du circuit illustré en figure 4, une résistance R_p de limitation de l'intensité du courant peut être disposée en série avec la diode D1. R_p présente une résistance suffisamment grande pour limiter l'intensité du courant traversant le circuit de commande 78 à un niveau inférieur à l'intensité seuil du courant de maintien de l'arc 68. En d'autres termes, la résistance de limitation R_p empêche l'écoulement du courant de suite de l'arc 68 jusqu'à l'électrode 24 par l'intermédiaire du circuit de commande 78. Ainsi, la résistance de limitation R_p contribue à l'extinction de l'arc 68, au moment de la transition entre les phases 36 et 38, c'est-à-dire au moment où l'on ouvre l'IGBT qui écoule le courant de suite 42 de l'arc 68, l'arc 64 ayant été éteint par la fermeture préalable de l'IGBT.

[0059] De manière générale, en fonction du mode de réalisation choisi pour le circuit de commande 78, tout autre moyen de limitation de l'intensité du courant traversant le circuit de commande 78 peut être prévu pour limiter une telle intensité à un niveau inférieur à l'intensité seuil du courant de maintien de l'arc 68 dans le dispositif proposé. Selon un mode de réalisation préféré, le choix du moyen de limitation de l'intensité résulte d'un compromis entre la limitation de l'intensité du circuit de commande et l'obtention d'un niveau pour cette intensité qui soit suffisant pour faire fonctionner le circuit de commande de l'interrupteur à semi-conducteurs.

[0060] Selon un mode de réalisation préféré, le dispositif peut comprendre un aimant disposé pour déplacer l'arc électrique 62 du premier côté P vers le deuxième côté D. L'aimant peut correspondre à l'assemblage de pôles opposés d'aimants permanents distincts. La figure 5 montre une représentation schématique d'un mode de réalisation du dispositif de protection proposé avec l'aimant 80. Cet aimant 80 est formé par l'assemblage de deux pôles opposés d'aimants permanents distincts 82 et 84. L'écart entre les aimants 82 et 84 peut être maintenu par tout organe approprié tel que des entrefers 86. L'aimant 80 est disposé pour engendrer des lignes 88 de champ magnétique traversant l'éclateur 20 qui soient perpendiculaires à la fois à la direction d'extension de l'arc 62 et à la direction du mouvement souhaité de l'arc 62. L'orientation de l'aimant 80 conditionne le déplacement de l'arc 62 du côté P vers le côté D.

[0061] Dans un cas général d'un dispositif sans aimant, l'arc électrique formé dans le dispositif se déplace sous l'effet de sa propre énergie. Plus l'intensité du courant écoulé par l'arc est grande, plus le déplacement de l'arc est facilité. A l'opposé, lorsque l'intensité du courant écoulé par l'arc est trop faible, l'arc 62 peut présenter des difficultés pour se déplacer sous le seul effet de sa propre énergie. Or pour certaine installation électrique

dont notamment les installations de génération photovoltaïque d'électricité, le courant de suite peut prendre des valeurs très faibles. En effet, le courant de suite d'une installation de génération photovoltaïque d'électricité peut présenter plusieurs valeurs entre une valeur quasiment nulle (la nuit) et une valeur maximale (le jour sans nuage). Ces valeurs faibles de courant de suite, comme des courants de l'ordre de 0,5A, peuvent ne pas suffire au fonctionnement des systèmes de coupure basé uniquement sur le déplacement de l'arc sous sa propre énergie. L'utilisation de l'aimant dans le dispositif 90 permet alors de faciliter le déplacement de l'arc 62 même dans le cas d'une faible intensité de courant de suite. Un tel mode de réalisation du dispositif 90 permet l'obtention d'un dispositif de protection d'une installation électrique contre les surtensions, indépendamment de la valeur du courant de suite. En alternative ou en complément les électrodes principales 24 et 28 du dispositif peuvent être divergentes depuis le premier côté P vers le deuxième côté D, tel qu'illustré en figures 1 et 3. La divergence des électrodes principales contribue, comme l'aimant, au déplacement de l'arc électrique 62 de P vers D.

[0062] De façon alternative ou complémentaire, l'électrode intermédiaire 26 peut présenter une portion d'extrémité en coin du côté où l'électrode intermédiaire 26 s'étend entre les deux électrodes 24 et 28. L'extrémité en coin de l'électrode intermédiaire est alors l'extrémité de l'électrode qui est la plus proche du côté D des électrodes principales 24 et 28. Selon la figure 3, une telle portion 66 d'extrémité en coin peut présenter une forme triangulaire. L'extrémité en coin de l'électrode intermédiaire 26 permet de présenter des surfaces de l'électrode 26 qui soient parallèles aux électrodes 24 et 28, lorsque les électrodes 24 et 28 sont divergentes. La réalisation de telles surfaces parallèles contribuent à faciliter le déplacement de l'arc 62 du côté P vers le côté D au moment où l'arc 62 se sépare en les deux arcs 64 et 68. En effet, lorsqu'on entre dans la phase 34, ces surfaces parallèles limitent l'augmentation de la tension aux bornes des électrodes principales 24 et 28 du fait de la non augmentation de la distance à parcourir par les arcs entre les électrodes 24 et 28.

[0063] Les figures 6 et 7 montrent des vues éclatées d'un mode de réalisation préféré du dispositif de protection proposé dans la cartouche 92 "montable" sur rail DIN. La figure 6 montre une vue éclatée du côté droit du dispositif 20 alors que la figure 7 montre une vue éclatée du côté gauche du dispositif 20. La figure 6 permet la visualisation de l'éclateur 20 formée par les électrodes 24, 26 et 28. La cartouche ou le boîtier 92 est formée en quatre parties. Deux parties médianes de la cartouche 92 permettent la formation d'une enveloppe autour de l'éclateur 20. Les deux autres parties de la cartouche 92 sont les deux parties extrémales de la cartouche 92. Ces parties extrémales assurent la formation d'une enveloppe autour des aimants 82 et 84. Selon ce mode de réalisation illustré en figure 7, la partie extrémale de la cartouche 92 qui forme l'enveloppe de l'aimant 82 loge l'en-

semble 70 formé par l'IGBT et le circuit de commande 78.

[0064] La figure 8 illustre les deux bornes de connexion 98 et 94 du dispositif 90 à l'installation électrique à protéger. L'électrode 24 est reliée à la borne 94 alors que l'électrode 28 est reliée à la borne 98.

[0065] La figure 8 montre aussi une représentation schématique d'un mode de réalisation préféré du dispositif de protection et qui constitue un perfectionnement du mode de réalisation illustré par les figures 6 et 7. Selon la figure 8, le dispositif 90 comporte une borne supplémentaire 198 en plus des deux bornes de connexion 98 et 94. Toujours selon cette figure le dispositif 90 comporte un éclateur 120 supplémentaire à l'éclateur 20 précédemment décrit. Cet éclateur 120 comprend deux électrodes supplémentaires 124 et 128. L'électrode 128 est reliée à la borne supplémentaire 198 alors que l'électrode 124 est reliée à l'électrode 24. Selon ce mode de réalisation cet éclateur supplémentaire 120 peut être dépourvu d'électrode intermédiaire. Les électrodes 124 et 128 de l'éclateur supplémentaire 120, peuvent aussi diverger entre un premier côté P et un deuxième côté D. Le dispositif 90 avec la borne supplémentaire 198 peut être connecté à trois conducteurs distincts de l'installation électrique à protéger. Ainsi le dispositif 90 peut assurer un mode de protection en Y entre deux conducteurs actifs de l'installation électrique à protéger et un conducteur de terre.

[0066] Lorsque l'installation électrique à protéger est une installation fonctionnant sous courant continu, les deux conducteurs actifs sont respectivement le conducteur de polarité + et le conducteur de polarité -. On estime que dans 60 % des installations de ce type, les polarités + et - sont flottantes par rapport à la terre. Pour les installations restantes où un des conducteurs actifs est relié à la terre, on estime que c'est le conducteur de polarité + qui est relié à la terre dans 95% des cas. Ainsi lors de l'utilisation du dispositif 90 en mode de protection en Y, les bornes 98 et 198 sont de préférence connectées aux conducteurs de polarité - et + respectivement, alors que la borne 94 peut être connectée à la terre. Selon ce schéma de connexion, pour la grande majorité des installations fonctionnant sous courant continu, l'éclateur 20 avec l'électrode intermédiaire 26 est connecté entre la terre et un connecteur actif non relié à la terre. Ceci permet au dispositif 90 d'assurer une protection en Y efficace avec une coupure du courant de suite pour la grande majorité des installations fonctionnant sous courant continu.

[0067] Dans le cas d'une installation électrique monophasée fonctionnant sous courant alternatif, l'un des deux conducteurs actifs protégés peut être la phase alors que l'autre des deux conducteurs actifs protégés peut être le neutre.

[0068] Dans une réalisation symétrique du dispositif 90 tel qu'illustré en figure 8, une autre borne 194 peut être prévue au niveau de la liaison de l'électrode 124 à l'électrode 24. Cependant cette borne 194 est au même potentiel que la borne 94.

[0069] Toujours en référence à la figure 8, le mode de réalisation du dispositif 90 avec la borne supplémentaire 198 peut être logé dans un boîtier 92 "montable" sur rail DIN présentant une largeur L inférieure ou égale à trois fois la largeur standard de 17,5mm des boîtiers "montable" sur rail DIN. Dans un mode de réalisation du dispositif dépourvu de borne supplémentaire, le dispositif 90 peut comprendre un boîtier 92 "montable" sur rail DIN présentant une largeur inférieure ou égale à deux fois la largeur standard de 17,5mm des boîtiers "montable" sur rail DIN.

[0070] Le dispositif 90 dans les différents modes de réalisation précédemment décrits peut comprendre un organe de déclenchement d'un arc entre les électrodes principales 24 et 28, ou 124 et 128 le cas échéant. La figure 8 illustre un tel organe de déclenchement 22. L'organe de déclenchement 22 peut comprendre une électrode de déclenchement de l'arc du côté P de l'éclateur 20, le cas échéant du côté P de l'éclateur 120. Ainsi, l'électrode de déclenchement est positionnée du côté des électrodes principales où la formation d'un arc électrique est la plus facile lors de l'occurrence d'une surtension. De ce fait, une telle électrode de déclenchement d'un arc électrique se différencie de l'électrode intermédiaire précédemment décrite.

Revendications

1. Procédé de coupure d'un arc électrique se formant entre deux électrodes principales, le procédé comprenant :

le déplacement de l'arc électrique formé vers une électrode (26) située dans un positionnement intermédiaire entre les deux électrodes principales (24, 28) ;

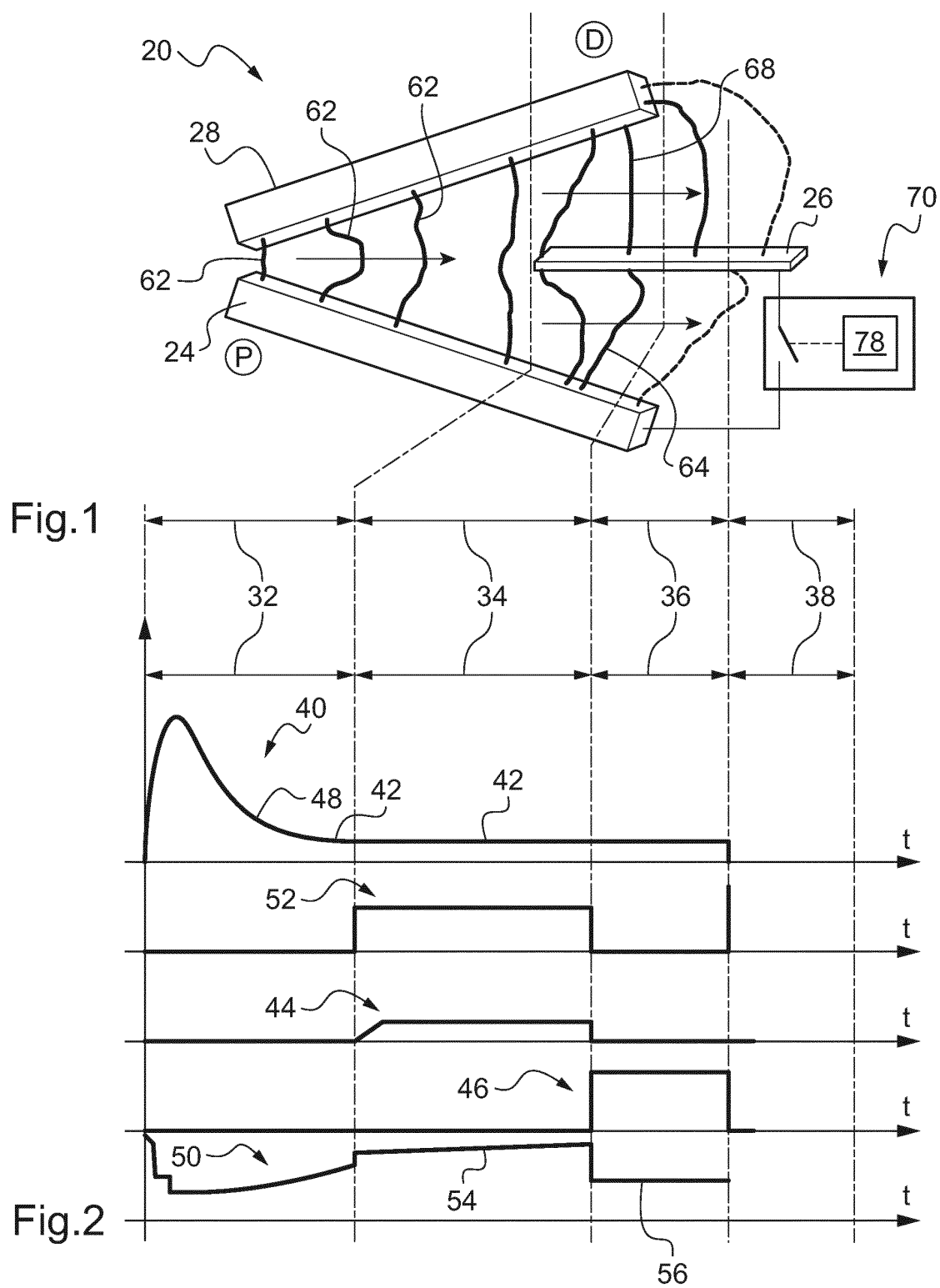
la séparation de l'arc électrique formé (62) en deux arcs électriques secondaires (64, 68) entre les électrodes principales (24, 28) et l'électrode intermédiaire (26), un interrupteur à semi-conducteur normalement ouvert reliant l'électrode intermédiaire (26) à une des électrodes principales (24) ;

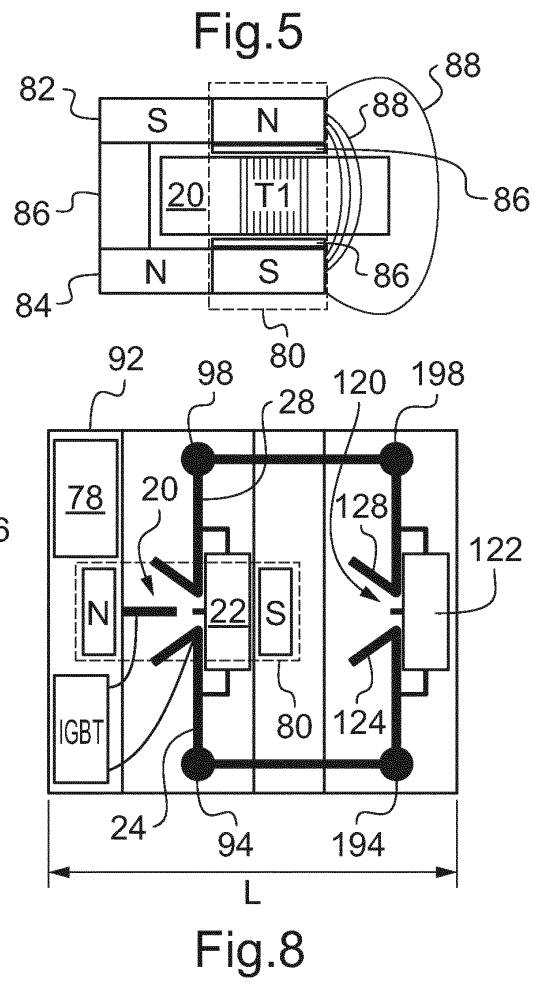
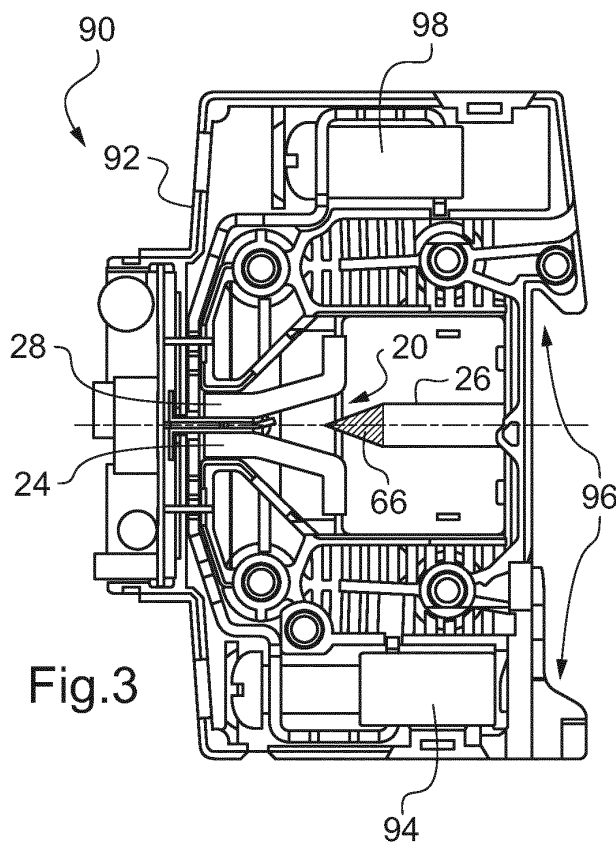
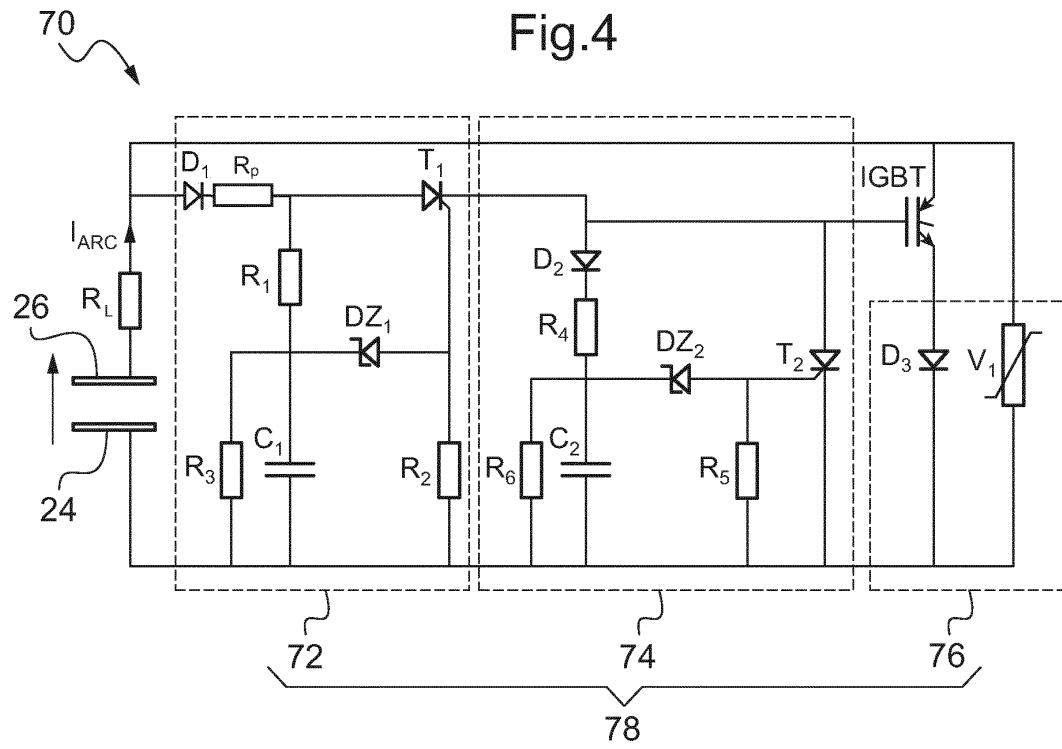
la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs pour éteindre l'arc électrique secondaire (64) entre les deux électrodes (24, 26) que l'interrupteur à semi-conducteurs relie ;

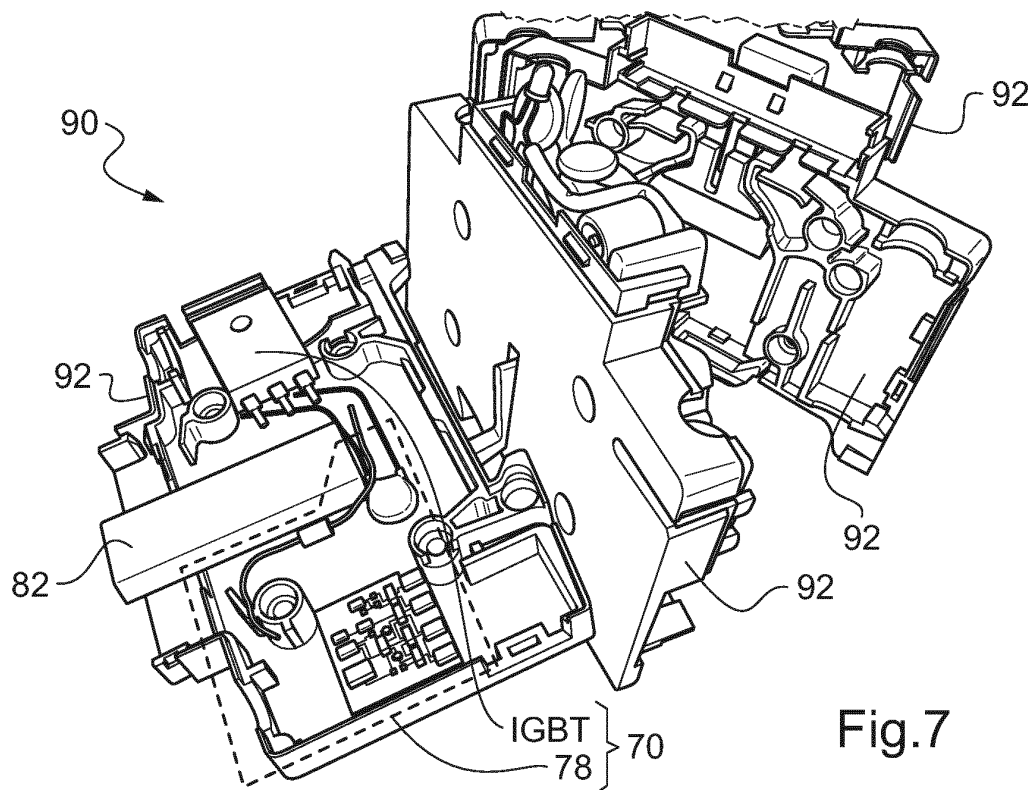
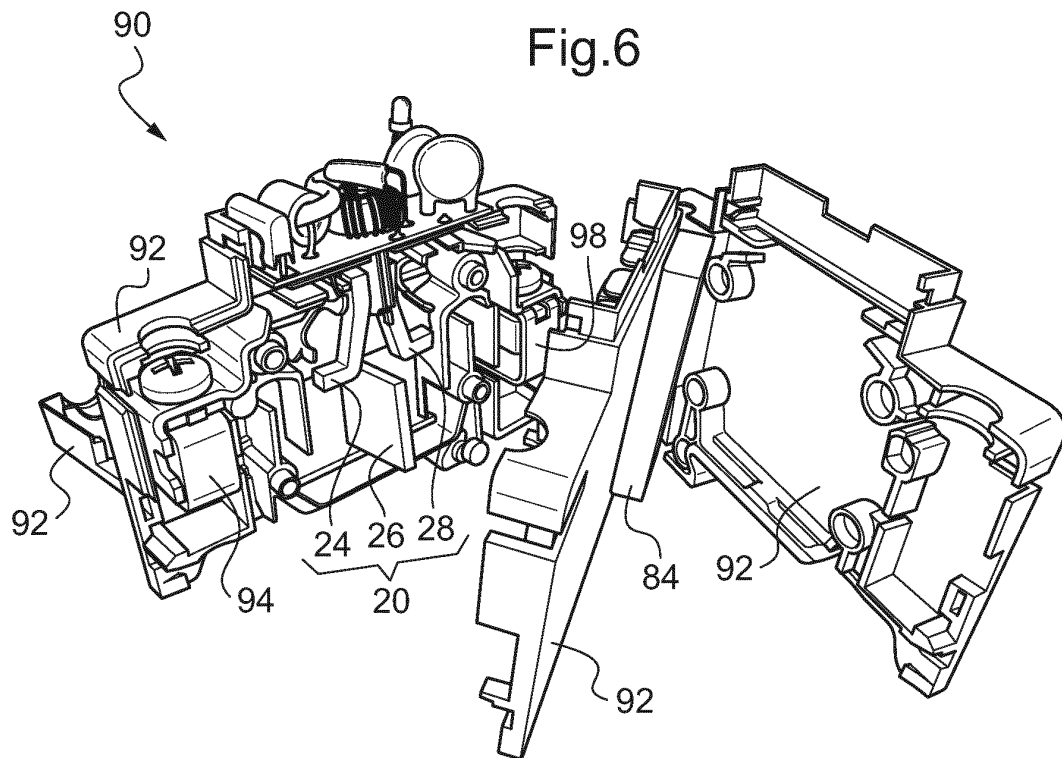
l'ouverture de l'interrupteur à semi-conducteurs pour éteindre l'autre arc électrique secondaire (68).

2. Procédé de coupure selon la revendication 1, le procédé comprenant une temporisation après la séparation de l'arc formé (62) en deux deuxièmes arcs électriques (64, 68) pour empêcher la reformation d'un arc entre les deux électrodes principales (24, 28) à la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs.

3. Procédé de coupure selon la revendication 1 ou 2, le procédé comprenant une temporisation après la fermeture de l'interrupteur à semi-conducteurs pour empêcher la reformation, à l'ouverture de l'interrupteur à semi-conducteurs, de l'arc éteint entre l'électrode intermédiaire (26) et l'une des électrodes principales (24). 5
4. Procédé de protection d'une installation électrique contre les surtensions transitoires, le procédé mettant en oeuvre la coupure d'un arc électrique selon le procédé de l'une des revendications 1 à 3 en cas d'occurrence d'une surtension transitoire dans l'installation électrique à protéger entraînant la formation d'un premier arc électrique (62) entre les deux électrodes principales (24, 28), les électrodes principales (24, 28) étant connectées à l'installation électrique à protéger. 10
5. Procédé de protection d'une installation électrique selon la revendication 4, l'installation électrique à protéger étant une installation électrique reliée à un réseau de distribution électrique basse tension. 15
6. Procédé de protection d'une installation électrique selon la revendication 5, l'installation électrique à protéger étant une installation électrique fonctionnant sous courant continu, de préférence une installation de génération photovoltaïque d'électricité. 20
7. Dispositif de protection d'une installation électrique contre les surtensions transitoires, comprenant : 25
 - deux bornes (94, 98) de connexion du dispositif à l'installation électrique à protéger ; 30
 - une première électrode principale (24) et une deuxième électrode principale (28), chaque électrode principale (24, 28) étant reliée à l'une respective des bornes de connexion (94, 98) ; 35
 - une électrode (26) située dans un positionnement intermédiaire entre la première électrode principale (24) et la deuxième électrode principale (28) ; 40
 - un interrupteur à semi-conducteurs normalement ouvert reliant l'électrode intermédiaire (26) à la première électrode principale (24) ; 45
 - un circuit (78) de commande de l'interrupteur à semi-conducteurs, le circuit de commande étant prévu pour assurer successivement la fermeture de l'interrupteur, puis l'ouverture de l'interrupteur, après qu'un arc électrique (62) formé entre les électrodes principales soit divisé en deux arcs (64, 68) par l'électrode intermédiaire (26). 50
8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel l'interrupteur à semi-conducteurs est un transistor bipolaire à grille isolée ou un transistor à effet de champ à grille métal-oxyde. 55
9. Dispositif selon la revendication 7 ou 8, dans lequel le circuit de commande assure une temporisation entre la division de l'arc électrique en deux arcs par l'électrode intermédiaire et la fermeture de l'interrupteur et/ou entre la fermeture de l'interrupteur et l'ouverture de l'interrupteur.
10. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel les électrodes (24, 26, 28) sont fixes, les deux électrodes principales (24, 28) étant positionnées en regard l'une de l'autre depuis un premier côté (P) vers un deuxième côté (D), et formant un éclateur ; et l'électrode intermédiaire (26) s'étendant partiellement entre les deux électrodes principales (24, 28) depuis le deuxième côté (D).
11. Dispositif selon la revendication 10, comprenant un organe de déclenchement (22) d'un arc entre les électrodes principales (24, 28) en cas d'occurrence d'une surtension transitoire sur l'installation électrique à protéger, l'organe de déclenchement (22) comportant une électrode de déclenchement d'arc du premier côté (P) des électrodes principales (24, 28).
12. Dispositif selon la revendication 10 ou 11, dans lequel l'électrode intermédiaire (26) présente une portion (66) d'extrémité en coin du côté (D) où l'électrode intermédiaire (26) s'étend entre les deux électrodes principales (24, 28).
13. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 12, comprenant un aimant (80) disposé pour déplacer, dans la direction allant du premier côté (P) vers le deuxième côté (D), un arc électrique se formant entre les électrodes principales (24, 28) de l'éclateur (20) et/ou les électrodes principales étant divergentes depuis le premier côté (P) vers le deuxième côté (D).
14. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 13, comprenant une borne de connexion supplémentaire (198) et un éclateur supplémentaire (120) formée par deux électrodes supplémentaires (124, 128), l'une (128) des électrodes supplémentaires étant connectée à la borne supplémentaire (198) et l'autre (124) des électrodes supplémentaires étant connectée à une (94) des deux bornes de connexion du dispositif (90) à l'installation électrique.
15. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 14, spécialement conçu pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 4 à 6.









RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 12 18 7737

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	DE 102 45 144 B3 (DEHN & SOEHNE [DE]) 22 janvier 2004 (2004-01-22) * le document en entier * -----	1-15	INV. H01H9/36 H01H33/04 H01H33/18 H01T1/02 H01T4/14
A	EP 0 793 318 A1 (FELTEN & GUILLEAUME AG OESTER [AT]) 3 septembre 1997 (1997-09-03) * colonne 4, ligne 44 - colonne 6, ligne 15; figure 1 * -----	1-15	
A	DE 10 2004 002581 A1 (SIEMENS AG [DE]) 4 août 2005 (2005-08-04) * le document en entier * -----	1-15	
A	US 2 890 383 A (OLSEN ARTHUR A) 9 juin 1959 (1959-06-09) * le document en entier * -----	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01T H01H H02H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 17 juillet 2013	Examineur Wilhelm, Gunther
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 12 18 7737

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

17-07-2013

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10245144 B3	22-01-2004	AUCUN	
EP 0793318 A1	03-09-1997	AUCUN	
DE 102004002581 A1	04-08-2005	BR PI0506827 A CN 1910798 A DE 102004002581 A1 US 2007285858 A1 WO 2005069459 A1	29-05-2007 07-02-2007 04-08-2005 13-12-2007 28-07-2005
US 2890383 A	09-06-1959	AUCUN	

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82