

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/037764 A1

(43) Date de la publication internationale
8 avril 2010 (08.04.2010)

PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
H03F 1/52 (2006.01) H03F 3/217 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2009/062662
- (22) Date de dépôt international :
30 septembre 2009 (30.09.2009)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
08/05371 30 septembre 2008 (30.09.2008) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 45 rue de Villiers, F-92200 Neuilly Sur Seine (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : DARGES, Bernard [FR/FR]; 8 rue Guynemer, F-95320 Saint Leu La Forêt (FR).
- (74) Mandataires : COLLET, Alain et al.; Marks & Clerk, Immeuble Visium, 22 avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : EXCITATION STAGE FOR HIGH FREQUENCY GENERATOR

(54) Titre : ETAGE D'EXCITATION POUR GENERATEUR HAUTE FREQUENCE

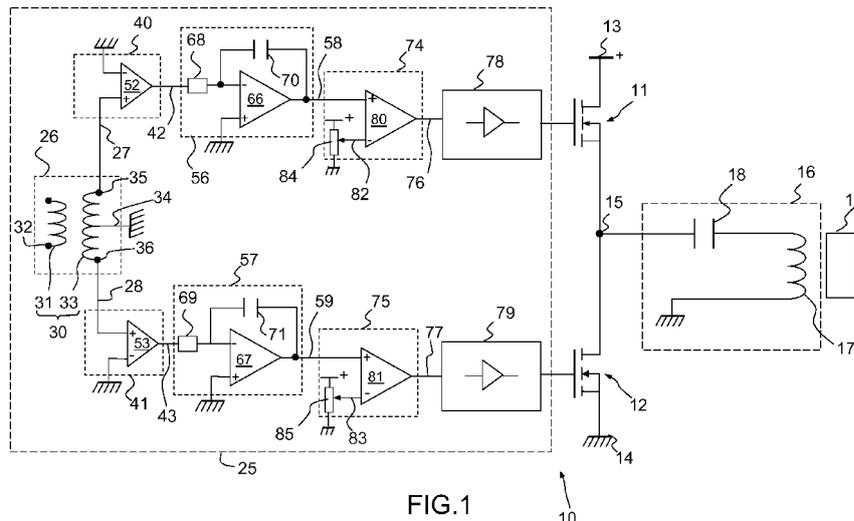


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to an excitation stage for a solid-state industrial high frequency (IHF) generator. The generator comprises two electronic switches (11, 12) connected in series between two terminals (13, 14) of a DC power supply. To avoid the simultaneous conduction of the two switches (11, 12), the switches (11, 12) are controlled by means of a square wave function (76, 77) whose edges, for opening and closing the switches (11, 12), are monitored temporally.

(57) Abrégé : L'invention concerne un étage d'excitation pour générateur haute fréquence industrielle (d'acronyme HFI) à l'état solide. Le générateur comprend deux interrupteurs électroniques (11, 12) connectés en série entre deux bornes (13, 14) d'une alimentation en courant continu. Pour éviter

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/037764 A1

Etage d'excitation pour générateur haute fréquence

L'invention concerne un étage d'excitation pour générateur haute fréquence industrielle (d'acronyme HFI) à l'état solide. Ces générateurs peuvent être utilisés notamment dans des dispositifs de chauffage par induction électromagnétique, par pertes diélectriques ou par plasma.

5

Le chauffage par induction électromagnétique consiste à produire l'échauffement d'une pièce conductrice par la circulation de courants induits par un champ magnétique. Ce moyen permet de chauffer la pièce dans sa masse sans contact direct avec la source d'énergie. La pièce à chauffer (ou induit) est entourée d'au moins une boucle de circulation de courant (ou inducteur).

Les fréquences de travail du générateur sont comprises entre quelques dizaines de kilohertz et quelques mégahertz. Les puissances nécessaires varient de quelques kilowatts à plus d'un mégawatt. Le chauffage par induction électromagnétique est utilisé largement dans l'industrie et dans le domaine scientifique. Dans l'industrie, il est utilisé notamment en métallurgie pour affiner des métaux, pour traiter thermiquement des pièces métalliques ou pour produire des tubes soudés en continu.

Le chauffage par pertes diélectriques consiste à produire l'échauffement d'une pièce isolante en provoquant des pertes dans sa masse, à partir d'un champ électrique alternatif. La pièce à chauffer forme un isolant médiocre. Elle est placée entre deux armatures conductrices alimentées par une source alternative. On crée un condensateur dont le diélectrique est la pièce à chauffer. Les générateurs utilisés ont généralement des fréquences de travail plus élevées que celles des générateurs de chauffage par induction électromagnétique. Elles peuvent être comprises entre quelques dizaines de mégahertz et quelques gigahertz. Ce mode de chauffage s'utilise dans l'industrie du bois pour le séchage ou le collage, dans l'industrie textile ou dans la fabrication ou le façonnage de matières plastiques.

Le chauffage par plasma consiste à ioniser un milieu gazeux pour le transformer en plasma. L'énergie cinétique des électrons se transforme en chaleur. Il se produit une élévation considérable de température. La pièce à

chauffer est placée dans le plasma. La transformation du milieu gazeux en plasma est obtenue par l'émission d'une antenne. Les fréquences de travail du générateur sont comprises entre 1 mégahertz et quelques dizaines de mégahertz. Ce mode de chauffage est utilisé dans de nombreuses applications industrielles telles que notamment la fusion de produits réfractaires, la synthèse chimique.

Des étages de puissances à tubes sont utilisés pour fournir les puissances importantes nécessaires au chauffage industriel, mais les progrès réalisés dans le domaine des transistors de puissance conduisent progressivement au remplacement des tubes par des étages de puissance à état solide d'utilisation plus souple. On a par exemple mis en œuvre un étage d'excitation d'un inducteur basé sur un amplificateur de classe D ou E. Plus précisément l'étage d'excitation comprend deux interrupteurs électroniques connectés en série entre deux pôles d'une alimentation en courant continu. Un inducteur est raccordé au point commun des deux interrupteurs qui sont alternativement fermés. Parmi les interrupteurs couramment mis en œuvre on trouve des transistors de puissance qui travaillent soit de façon complètement bloqués lorsqu'ils sont ouverts soit saturés lorsqu'ils sont fermés. La résistance interne d'un transistor saturé est très faible ce qui permet d'obtenir de très bons rendements pour de tels étages d'excitation et donc un échauffement modérés des transistors.

Le risque le plus important de ce type d'étage est la conduction simultanée des deux interrupteurs. Le courant les traversant forme alors un court circuit entre les deux pôles de l'alimentation en courant continu. Ce qui conduit instantanément à la destruction des interrupteurs, notamment lorsque les puissances commutées par les interrupteurs sont importantes. Ce risque est avéré, notamment lorsque les interrupteurs sont commandés au moyen de fonctions carrées en opposition de phase, appliquée chacune à l'un des interrupteurs. La fermeture d'un des interrupteurs coïncidant avec l'ouverture de l'autre, le risque de conduction simultanée est important.

Pour pallier ce problème, plusieurs solutions ont été envisagées. Par exemple, il est possible de commander la commutation des transistors au moyen de signaux sinusoïdaux en opposition de phase, un signal pour chaque interrupteur, afin de réduire lentement le courant traversant l'un des interrupteurs avant d'ouvrir l'autre interrupteur. L'ouverture du second

interrupteur se fait également progressivement. Même si les commandes des deux interrupteurs sont légèrement décalées du fait de leur tolérance de fabrication, on ne risque pas de saturer les deux interrupteurs simultanément. Cette solution présente néanmoins un risque de conduction
5 simultanée en haute fréquence du fait du temps de déclenchement des interrupteurs. De plus, cette solution réduit le rendement de l'étage d'excitation du fait de l'ouverture et de la fermeture progressive des interrupteurs ce qui entraîne un échauffement de ceux-ci. Il est possible
10 d'améliorer ce type de commande en remplaçant les signaux sinusoïdaux par des signaux trapézoïdaux. Les phases en plateau de ces signaux permettent de saturer les interrupteurs pendant une partie de la durée où ils conduisent. Durant cette partie le rendement de l'étage est amélioré. Il subsiste néanmoins une durée pendant laquelle les interrupteurs conduisent partiellement. Pendant cette durée le rendement est dégradé.

15

L'invention vise à améliorer le fonctionnement d'un étage d'excitation comprenant deux interrupteurs connectés en série, notamment en augmentant son rendement tout en évitant la conduction simultanée des interrupteurs.

20

A cet effet, l'invention a pour objet un étage d'excitation pour générateur haute fréquence comprenant deux interrupteurs électroniques connectés en série entre deux pôles d'une alimentation en courant continu, un point commun aux deux interrupteurs étant connecté à une charge, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de commande des
25 interrupteurs permettant d'ouvrir et de fermer chaque interrupteur en suivant une fonction carrée périodique associée à chaque interrupteur, un front montant de la fonction commandant la fermeture de l'interrupteur correspondant et un front descendant de la fonction commandant l'ouverture de l'interrupteur correspondant et en ce que les moyens de commande
30 comprennent des moyens pour décaler temporellement un front montant d'une des fonctions par rapport au front descendant de l'autre fonction précédent immédiatement le front montant.

35

L'utilisation de fonctions carrées permet de conserver un rendement élevé à l'étage d'excitation. En effet, pour chaque interrupteur, le passage entre les états bloqués et saturés se fait le plus rapidement possible

par rapport à la technologie d'interrupteur employée. On limite donc au maximum la durée de conduction partielle des interrupteurs, source de perte de rendement.

Les fonctions carrées étant périodiques, le décalage entre fronts est avantageusement un déphasage entre fronts. Le déphasage est par nature indépendant de la fréquence de travail du générateur. La seule limite haute de fréquence du générateur est liée à la fréquence de coupure des interrupteurs. Ce qui permet de rendre le décalage entre fronts indépendant de la fréquence des fonctions carrées. En effet, dans un générateur haute fréquence, le réglage de la puissance du générateur peut se faire en faisant varier la largeur d'ouverture des interrupteurs électroniques ou en faisant varier la fréquence des fonctions carrées. Le générateur est à fréquence variable. Un déphasage entre fronts des deux fonctions carrées permet donc de s'assurer que les interrupteurs ne conduisent jamais simultanément même lorsqu'on fait varier la fréquence de fonctionnement du générateur.

Avantageusement, les moyens de commande comprennent :

- un générateur de deux signaux comportant des portions linéaires dont les pentes sont inversées,
- deux circuits limiteurs à seuil réglable recevant chacun un des signaux comportant des portions linéaires, et générant la fonction carrée périodique, le décalage des fronts étant fonction des seuils de chacun des circuits limiteurs.

Il est possible d'utiliser des signaux sinusoïdaux comme signal comportant des portions linéaires. Au voisinage de son passage à zéro, un signal sinusoïdal peut être assimilé à une portion linéaire dont l'équation est du type : $y=At+B$, y représentant la tension du signal, t le temps, A et B étant des constantes.

Pour mettre en œuvre ce mode de réalisation, il est nécessaire de maîtriser l'amplitude des signaux sinusoïdaux appliqués aux entrées de chaque circuit limiteur à seuil réglable. En effet, la constante A et par conséquent le décalage entre fronts évoluent avec cette amplitude.

Un mode de réalisation particulier permet de se prémunir d'éventuelles variations d'amplitude du signal sinusoïdal. A cet effet, les moyens de commande comprennent :

- un générateur de deux premiers signaux périodiques en opposition de phase,
- deux seconds circuits limiteurs recevant chacun un des premiers signaux périodiques et délivrant chacun un signal carré par détection de passage zéro du premier signal périodique correspondant,
- deux circuits intégrateurs recevant chacun un des signaux carrés et délivrant chacun un signal en dent de scie fonction d'une intégration du signal carré correspondant sur sa période, les signaux en dent de scie formant les signaux comportant des portions linéaires.

Le passage à zéro des signaux périodiques en opposition de phase ne dépend pas de l'amplitude des deux signaux périodiques. En conséquence, les pentes des signaux en dent de scie sont constantes et le décalage entre fronts des fonctions carrées ne dépend plus de l'amplitude des signaux périodiques.

Pour simplifier la réalisation des moyens de commandes des interrupteurs, les signaux comportant des portions linéaires sont avantageusement en opposition de phase. On peut par exemple ainsi utiliser le même seuil pour les deux circuits limiteurs à seuil réglable.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

la figure 1 représente sous forme schématique un étage d'excitation conforme à l'invention ;

les figures 2a à 2g représentent sous forme de chronogramme des signaux présents dans différents sous ensembles de l'étage d'excitation représenté sur la figure 1 ; les échelles de temps sont les mêmes pour les différentes figures 2a à 2g.

les figures 3 à 5 représentent plusieurs exemples d'oscillographe mesurés de fonctions carrés utilisés pour la commande d'interrupteurs de l'étage d'excitation.

Par souci de clarté, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures.

L'invention est décrite en rapport à un étage d'excitation 10 comprenant deux interrupteurs électroniques 11 et 12 connectés en série entre deux pôles 13 et 14 d'une alimentation en courant continu. On peut par exemple mettre en œuvre des transistors à effet de champ comme interrupteurs. Le pôle 13 forme le pôle positif et le pôle 14 forme le pôle négatif ou masse de l'alimentation. Un point commun 15 aux deux interrupteurs 11 et 12 est connecté à une charge 16 comprenant par exemple un inducteur 17 et un condensateur 18 reliés en série pour former un circuit résonnant permettant de générer un courant induit dans une pièce 19 à chauffer. L'inducteur est relié entre le condensateur la masse 14. Ce type d'excitation de la charge 16 est couramment appelé en demi-pont.

L'invention peut également être mise en œuvre lorsque l'étage d'excitation est en pont complet souvent appelé en pont complet ou pont H. Dans ce pont la charge est connectée entre deux paires d'interrupteurs électroniques, chaque paire étant connectée en série entre les pôles 13 et 14. Les moyens de commandes des interrupteurs qui seront décrit plus loin sont alors à doubler.

L'étage d'excitation 10 comprend des moyens de commande 25 des interrupteurs 11 et 12 permettant de les ouvrir et de les fermer à des instants précis. Un des buts de l'invention est de maintenir un rendement élevé de l'étage d'excitation 10. Pour cela les moyens de commutation délivrent à chaque interrupteur 11 et 12 une fonction comprenant des fronts les plus raides possibles pour limiter les temps de commutation des interrupteurs 11 et 12. La raideur des fronts est bien entendue limitée par la technologie des composants employés pour réaliser les moyens de commande 25. Entre les fronts, la fonction suit des paliers qui permettent de maintenir l'interrupteur correspondant soit dans un état boqué soit dans un état saturé. De façon plus générale, ce type de fonction est appelée fonction carrée en référence à la raideur des fronts et aux paliers joignant les fronts entre eux.

Les moyens de commande 25 comprennent avantageusement des moyens 26 pour produire deux premiers signaux périodiques 27 et 28 en opposition de phase. Les signaux 27 et 28 sont avantageusement de signaux sinusoïdaux car plus faciles à générer et plus facile à véhiculer. Les signaux 27 et 28 sont représentés sous forme de chronogramme sur la figure 2a.

L'échelle des temps est représentée en abscisse et l'amplitude des signaux 27 et 28 en ordonnée.

Les moyens 26 comprennent par exemple un transformateur 30 dont un enroulement primaire 31 est excité par un second signal sinusoïdal 32 et dont un enroulement secondaire 33 comprend un point milieu 34 et deux bornes extrêmes 35 et 36. Le signal 27 est par exemple en phase avec le signal 32. Le signal 28 est donc en opposition de phase avec le signal 32. Le signal sinusoïdal 27 est délivré entre la borne 35 et le point milieu 34. De même, le signal sinusoïdal 28 est délivré entre la borne 36 et le point milieu 34. Le fait d'utiliser un composant passif tel que le transformateur 30 pour générer les deux signaux 27 et 28 permet d'obtenir un déphasage constant, opposition de phase dans le cas représenté, même lorsque l'on fait évoluer la fréquence ou l'amplitude du signal sinusoïdal 32. Cette fréquence est celle à laquelle les interrupteurs 11 et 12 commutent. Elle peut être asservie sur une mesure de puissance consommée par la charge 16.

Les moyens de commande 25 peuvent également comprendre deux circuits limiteurs 40 et 41 recevant chacun un des signaux sinusoïdaux, respectivement 27 et 28. Chaque circuit limiteur 40 et 41 délivre un signal carré, respectivement 42 et 43 par détection de passage zéro du signal sinusoïdal correspondant 27 ou 28. Les deux signaux carrés 42 et 43 sont en opposition de phase.

La figure 2b représente le signal 42 et la figure 2c, le signal 43. Le signal 42 présente une alternance de niveaux hauts 44 correspondant aux alternances positives du signal 27 et de niveaux bas 45 correspondant aux alternances négatives du signal 27. Des fronts montants 46 et descendants 47 relient les niveaux 44 et 45 entre eux. De même, le signal 43 présente une alternance de niveaux hauts 48 correspondant aux alternances positives du signal 28 et de niveaux bas 49 correspondant aux alternances négatives du signal 28. Des fronts montants 50 et descendants 51 relient les niveaux 48 et 49 entre eux. Les fronts des signaux carrés 42 et 43 interviennent au moment des passages à zéro des signaux sinusoïdaux 27 et 28 correspondants. Les signaux carrés 27 et 28 sont en opposition de phase.

Chaque circuit limiteur 40 et 41 comprend par exemple un amplificateur opérationnel, respectivement 52 et 53 dont une entrée inverseuse est reliée à la masse et une entrée non inverseuse reçoit le signal

sinusoïdal correspondant 27 ou 28. Les signaux 42 et 43 sont délivrés sur des sorties respectives des amplificateurs opérationnels 52 et 53.

Les moyens de commande 25 peuvent également comprendre deux circuits intégrateurs 56 et 57 recevant chacun un des signaux carrés, respectivement 42 et 43, et délivrant chacun un signal en dent de scie respectivement 58 et 59 fonction d'une intégration du signal carré, correspondant 42 ou 43 sur sa période.

La figure 2d représente le signal 58 et la figure 2e, le signal 59. Le signal 58 présente une alternance de portions linéaires croissantes 60, lorsque le signal 42 est à son niveau bas 45, et décroissante 61 lorsque le signal 42 est à son niveau haut 44. De même, le signal 59 présente une alternance de portions linéaires croissantes 62 lorsque le signal 43 est à son niveau bas 49 et décroissante 63 lorsque le signal 43 est à son niveau haut 48. Les signaux en dent de scie 58 et 59 sont en opposition de phase.

Chaque circuit intégrateur 56 et 57 comprend par exemple un amplificateur opérationnel, respectivement 66 et 67 dont une entrée non inverseuse est reliée à la masse et dont une entrée inverseuse reçoit le signal carré correspondant 42 et 43 par l'intermédiaire d'une résistance, respectivement 68 et 69. Les signaux 58 et 59 sont délivrés sur des sorties respectives des amplificateurs opérationnels 66 et 67. Ces sorties sont reliées aux entrées inverseuses respectives par l'intermédiaire d'un condensateur, respectivement 70 et 71. Les pentes des portions linéaires 60 à 63 sont définies par les valeurs des résistances 68 et 69 et des condensateurs 70 et 71.

Les moyens de commande 25 peuvent aussi comprendre deux circuits limiteurs à seuil réglable 74 et 75 recevant chacun un des signaux en dent de scie, respectivement 58 et 59, et générant une fonction carrée périodique, respectivement 76 et 77 appliquée aux interrupteurs, respectivement 11 et 12, éventuellement au travers d'un préamplificateur, respectivement 78 et 79. Les fonctions 76 et 77 obtenues à partir des circuits limiteurs à seuil réglable 74 et 75 sont représentées respectivement aux figures 2f et 2g.

Chaque fonction carrée 76 et 77 comprend des fronts montants et descendants. Par convention, on considère qu'un front montant de la fonction considérée permet de fermer l'interrupteur correspondant et qu'un

front descendant permet d'ouvrir l'interrupteur. Cette convention est prise pour faciliter la compréhension de l'invention. Il est bien entendu possible de choisir la convention inverse. De même, il est possible d'inverser les entrées inverseuse et non inverseuse des différents amplificateurs opérationnels représentés sur la figure 1. Ces inversions auront simplement pour conséquence d'inverser les signes des différents signaux représentés sans pour cela sortir du cadre de l'invention.

Les moyens de commande 25 permettent de décaler un front montant d'une des fonctions 76 et 77 par rapport au front descendant de l'autre fonction précédent immédiatement le front montant.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, le décalage des fronts est fonction des seuils de chacun des circuits limiteurs 74 et 75. Avantageusement, le décalage est réglable. Ce réglage peut se faire séparément pour chacune des deux fonctions 76 et 77.

Chaque circuit limiteur 74 et 75 comprend par exemple un amplificateur opérationnel, respectivement 80 et 81 dont une entrée inverseuse reçoit le signal en dent de scie correspondant, 58 ou 59 et dont une entrée non inverseuse reçoit une tension de seuil, respectivement 82 et 83. La tension de seuil 82 ou 83 est par exemple obtenue au moyen d'une résistance variable, respectivement 84 et 85 reliée entre une tension positive et la masse. Une sortie réglable de chaque résistance variable 84 ou 85 est reliée à l'entrée inverseuse correspondante. Le réglage du décalage, et plus précisément de la largeur d'impulsion, est par exemple obtenu en réglant les résistances variables et plus généralement en faisant varier les tensions de seuil appliquées aux entrées inverseuses des amplificateurs opérationnels 80 et 81.

La figure 2f représente le signal 76 et la figure 2g, le signal 77. Lorsqu'une portion linéaire décroissante 61 du signal 58 prend la valeur de seuil 82, un front descendant 86 intervient dans la fonction 76 et lorsqu'une portion linéaire croissante 60 du signal 58 prend la valeur de seuil 82, un front montant 88 intervient dans la fonction 76. De même, lorsqu'une portion linéaire décroissante 63 du signal 59 prend la valeur de seuil 83, un front descendant 89 intervient dans la fonction 77 et lorsqu'une portion linéaire croissante 62 du signal 59 prend la valeur de seuil 83, un front montant 91 intervient dans la fonction 77.

Les figures 3 à 5 représentent plusieurs exemples d'oscillographes mesurés de fonctions carrés 76 et 77. On a apporté des indices aux repères 76 et 77 pour distinguer les courbes des différentes figures.

5 Sur la figure 3, un front montant 91₃ de la fonction 77₃ et un front descendant 86₃ de la fonction 76₃ sont déphasés de 20°. Entre ces deux fronts, les deux fonctions 76₃ et 77₃ sont toutes deux au niveau bas interdisant ainsi aux deux interrupteurs 11 et 12 de s'ouvrir simultanément.

10 Sur la figure 4, un front montant 91₄ de la fonction 77₄ et un front descendant 86₄ de la fonction 76₄ sont déphasés de 45°.

Sur les figures 3 et 4, les temps ou angles d'ouverture des deux interrupteurs 11 et 12 sont réglables simultanément. Ceci correspond à une même tension de seuil utilisée pour les deux circuits limiteurs à seuil réglable 74 et 75. Par exemple, pour la figure 3, les tensions de seuil 82 et 83 ont une
15 même valeur u₁ et pour la figure 4, les tensions de seuil 82 et 83 ont une même valeur u₂.

Sur la figure 5, par rapport à une origine de temps où les deux interrupteurs s'ouvriraient pour l'un et se fermerait pour l'autre simultanément, ce qui correspond à des tensions de seuil nulles, la fonction 76₅ déphase la
20 fermeture de l'interrupteur correspondant de 20° et la fonction 77₅ déphase la fermeture de l'interrupteur correspondant de 45°. Sur la figure 5, les temps ou angles d'ouverture des deux interrupteurs 11 et 12 sont différents. Ceci correspond à des tensions de seuil 82 et 83 différentes utilisées pour les deux circuits limiteurs à seuil réglable 74 et 75.

REVENDEICATIONS

1. Etage d'excitation pour générateur haute fréquence comprenant deux interrupteurs électroniques (11, 12) connectés en série entre deux pôles d'une alimentation en courant continu (13, 14), un point commun (15) aux deux interrupteurs (11, 12) étant connecté à une charge (16), caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de commande (25) des interrupteurs (11, 12) permettant d'ouvrir et de fermer chaque interrupteur (11, 12) en suivant une fonction carrée périodique (76, 77) associée à chaque interrupteur (11, 12), un front montant (88, 91) de la fonction (76, 77) commandant la fermeture de l'interrupteur (11, 12) correspondant et un front descendant (86, 89) de la fonction (76, 77) commandant l'ouverture de l'interrupteur (11, 12) correspondant et en ce que les moyens de commande (25) comprennent des moyens (74, 75) pour déphaser temporellement un front montant (88, 91) d'une des fonctions (76, 77) par rapport au front descendant (86, 89) de l'autre fonction (76, 77) précédent immédiatement le front montant (88, 91).

2. Etage d'excitation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le déphasage est réglable.

3. Etage d'excitation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les deux fonctions carrées (76, 77) définissent des impulsions régulièrement espacées et alternées.

4. Etage d'excitation selon la revendication 3, caractérisé en ce que la largeur des impulsions est réglable.

5. Etage d'excitation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de commande (25) comprennent :

- un générateur (26, 40, 41, 56, 57) de deux signaux (58, 59) comportant des portions linéaires (60, 61, 62, 63) dont les pentes sont inversées,
- deux circuits limiteurs à seuil réglable (74, 75) recevant chacun un des signaux comportant des portions linéaires (60, 61, 62, 63), et générant la fonction carrée périodique (76, 77), le décalage des fronts (86, 88, 89, 91) étant fonction des seuils de chacun des circuits limiteurs (74, 75).

6. Etage d'excitation selon la revendication 5, caractérisé en ce que les signaux (58, 59) comportant des portions linéaires (60, 61, 62, 63) sont en opposition de phase.

5

7. Etage d'excitation selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de commande (25) comprennent :

- des moyens (26) pour produire deux premiers signaux périodiques (27, 28) en opposition de phase,
- 10 • deux seconds circuits limiteurs (40, 41) recevant chacun un des premiers signaux périodiques (27, 28) et délivrant chacun un signal carré (42, 43) par détection de passage zéro du premier signal périodique (27, 28) correspondant,
- deux circuits intégrateurs (56, 57) recevant chacun un des signaux carrés (42, 43) et délivrant chacun un signal en dent de scie (58, 59) 15 fonction d'une intégration du signal carré (42, 43) correspondant sur sa période, les signaux en dent de scie (58, 59) formant les signaux comportant des portions linéaires (58, 59).

20

8. Etage d'excitation selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens (26) pour produire deux premiers signaux périodiques (27, 28) en opposition de phase comprennent un transformateur (30) dont un enroulement primaire (31) est excité par un signal sinusoïdal (32) et dont un enroulement secondaire (33) comprend un point milieu (34) et deux bornes 25 extrêmes (35, 36), les deux premiers signaux périodiques (27, 28) étant délivrés respectivement entre une des bornes extrêmes (35, 36) et le point milieu (34).

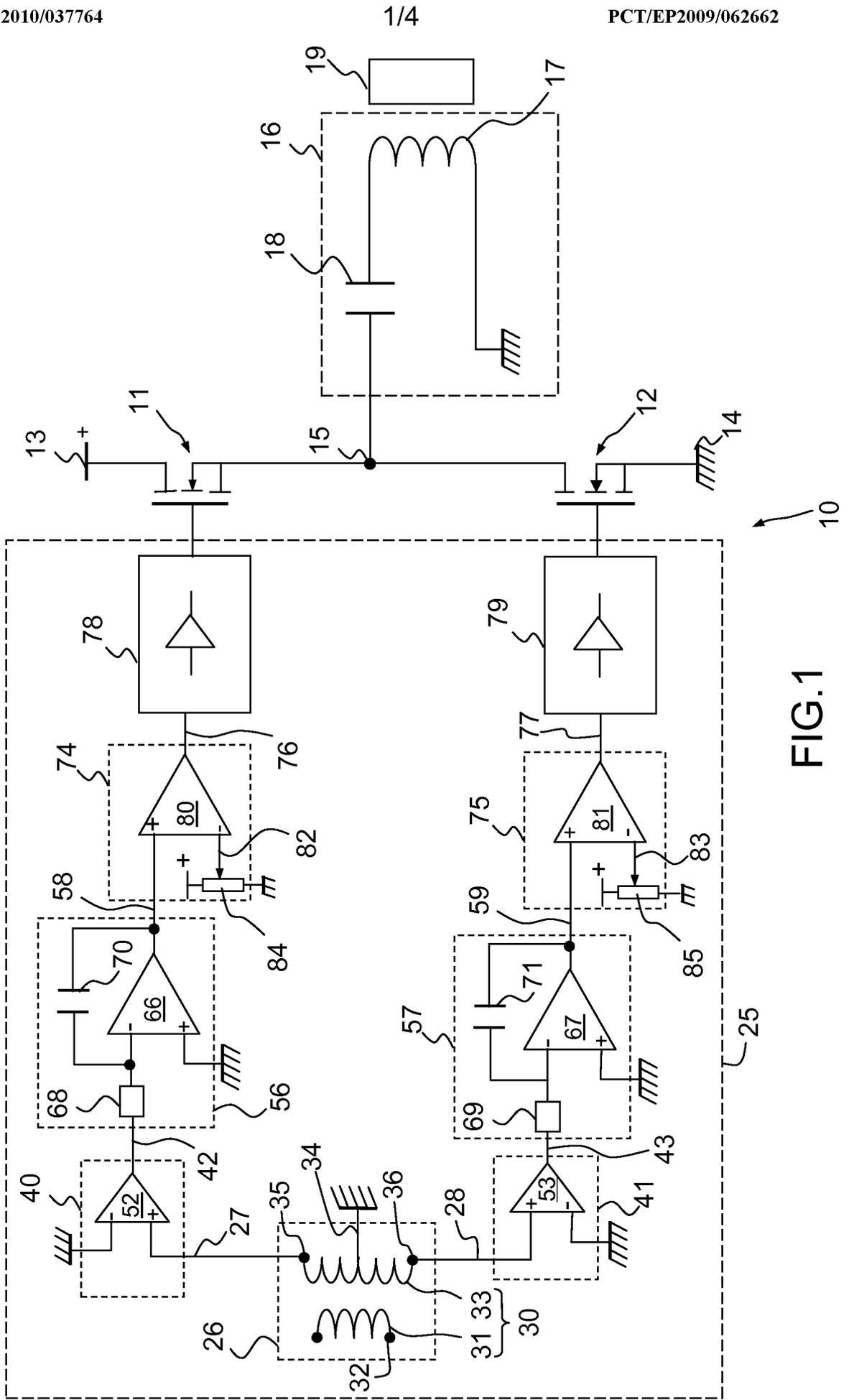
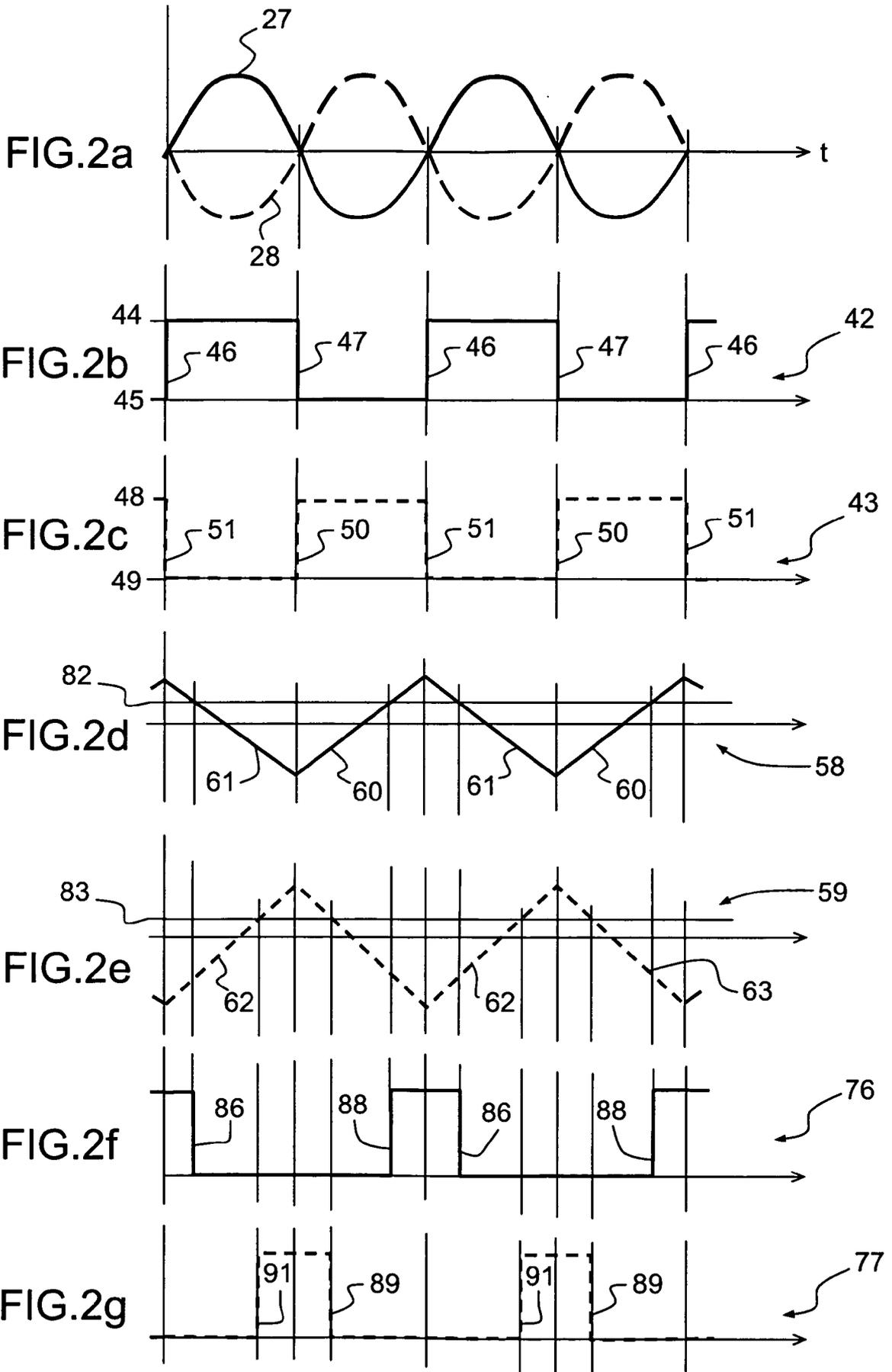


FIG.1



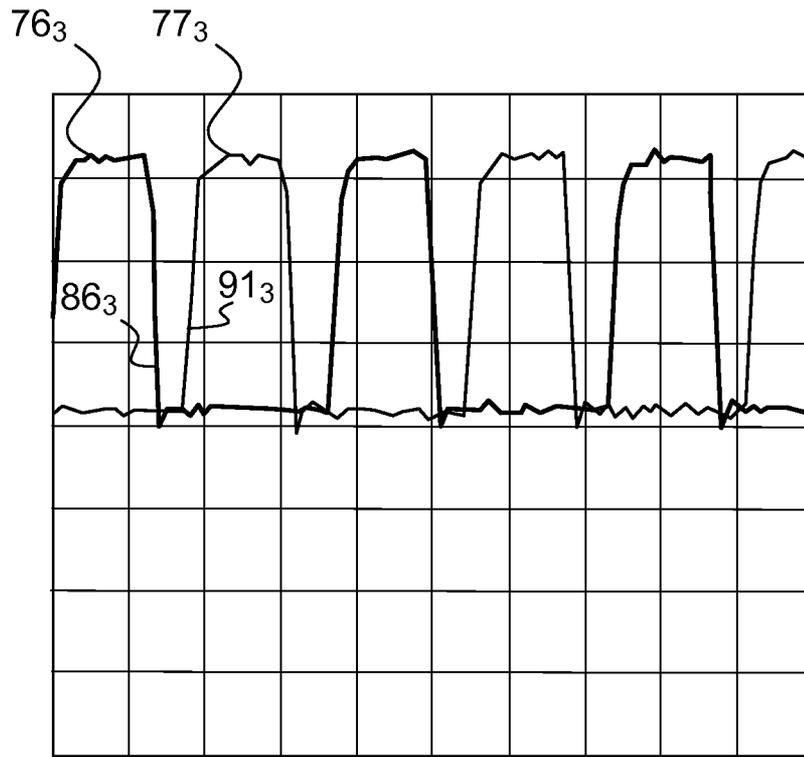


FIG. 3

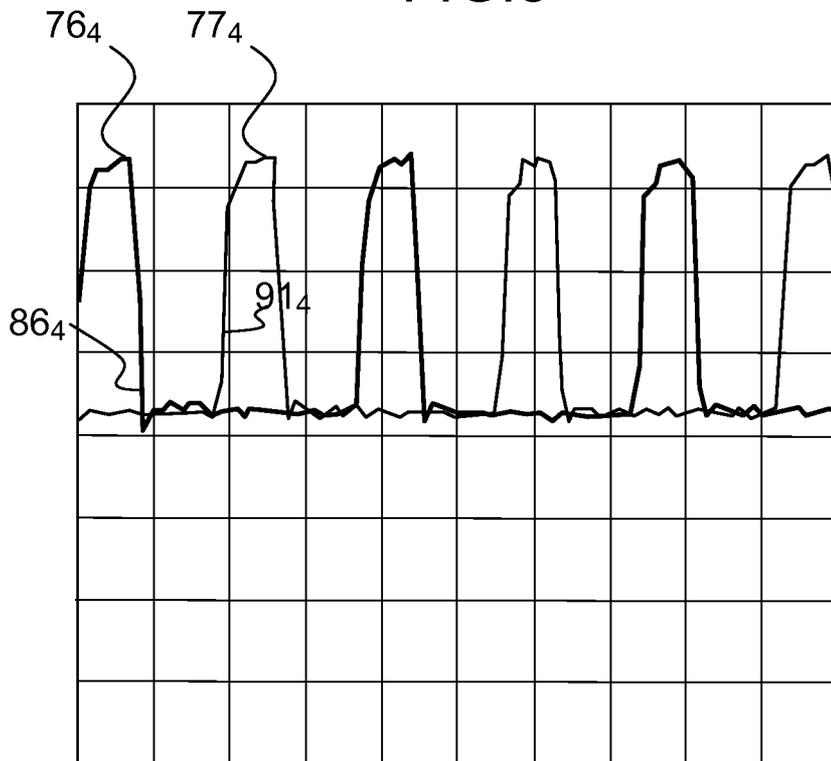


FIG. 4

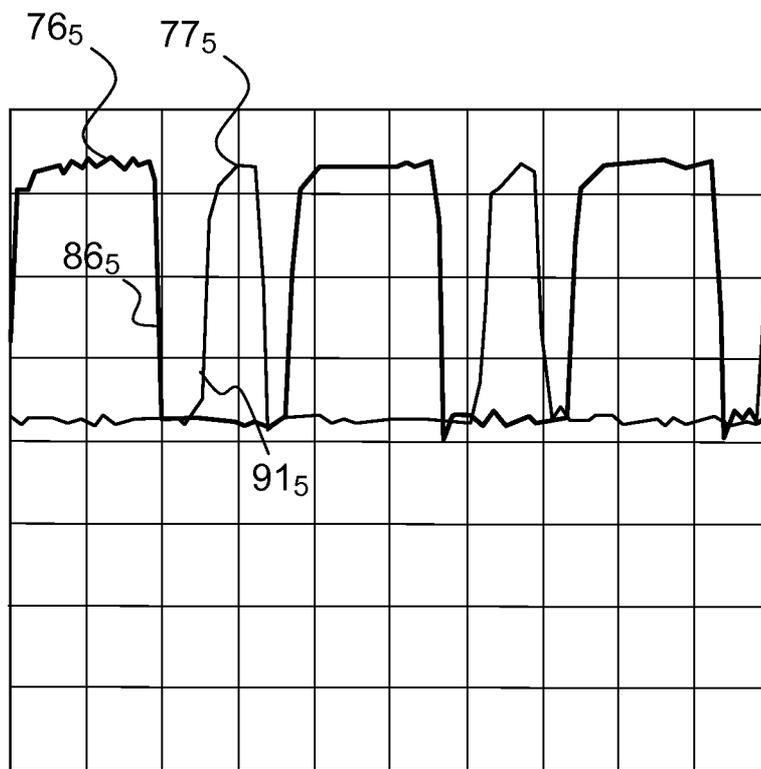


FIG.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/062662

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H03F1/52 H03F3/217

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)
H03K H03F

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 practical, 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	US 6 294 954 B1 (MELANSON JOHN LAURENCE [US]) 25 September 2001 (2001-09-25) column 1, line 7 - column 2, line 38 column 3, lines 8-18 figures 1-4	1-5
X	US 2006/208798 A1 (LABBE ERIC [US]) 21 September 2006 (2006-09-21) paragraphs [0005], [0008] - [0013], [0021], [0022], [0026] - [0038], [0040]; figures 1-3c	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document 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.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 December 2009

Date of mailing of the international search report

08/01/2010

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

Goethals, Filip

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/062662

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2005/109631 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; BERKHOUT MARCO [NL]) 17 November 2005 (2005-11-17) page 1, lines 1-4 page 2, line 4 - page 4, line 9 page 4, line 33 - page 5, line 18 page 6, line 7 - page 7, line 19 figures 1-4 -----	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2009/062662

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6294954	B1	25-09-2001	DE 60035362 T2	06-03-2008
			DK 1230734 T3	29-10-2007
			EP 1230734 A1	14-08-2002
			JP 2006191677 A	20-07-2006
			WO 0122585 A1	29-03-2001
US 2006208798	A1	21-09-2006	NONE	
WO 2005109631	A	17-11-2005	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale n°
PCT/EP2009/062662

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H03F1/52 H03F3/217

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)
H03K H03F

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	US 6 294 954 B1 (MELANSON JOHN LAURENCE [US]) 25 septembre 2001 (2001-09-25) colonne 1, ligne 7 - colonne 2, ligne 38 colonne 3, ligne 8-18 figures 1-4	1-5
X	US 2006/208798 A1 (LABBE ERIC [US]) 21 septembre 2006 (2006-09-21) alinéas [0005], [0008] - [0013], [0021], [0022], [0026] - [0038], [0040]; figures 1-3c	1-5

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
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

23 décembre 2009

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

08/01/2010

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

Goethals, Filip

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2009/062662

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>WO 2005/109631 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; BERKHOUT MARCO [NL]) 17 novembre 2005 (2005-11-17) page 1, ligne 1-4 page 2, ligne 4 - page 4, ligne 9 page 4, ligne 33 - page 5, ligne 18 page 6, ligne 7 - page 7, ligne 19 figures 1-4</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-5

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2009/062662

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6294954	B1	25-09-2001	DE 60035362 T2	06-03-2008
			DK 1230734 T3	29-10-2007
			EP 1230734 A1	14-08-2002
			JP 2006191677 A	20-07-2006
			WO 0122585 A1	29-03-2001

US 2006208798	A1	21-09-2006	AUCUN	

WO 2005109631	A	17-11-2005	AUCUN	
