



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
06.07.2011 Bulletin 2011/27

(51) Int Cl.:
H05B 6/06 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10196432.8**

(22) Date de dépôt: **22.12.2010**

(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: **31.12.2009 FR 0959687**

(71) Demandeur: **FagorBrandt SAS**
92500 Rueil Malmaison (FR)

(72) Inventeurs:
• **Goumy, Cédric**
45100, ORLEANS (FR)
• **Alirol, Etienne**
45380, LA CHAPELLE SAINT MESMIN (FR)

(74) Mandataire: **Stankoff, Hélène**
SANTARELLI
14 avenue de la Grande Armée
75017 Paris (FR)

(54) **Procédé et dispositif de détermination d'une puissance minimale continue induite, notamment dans un appareil de cuisson à induction**

(57) Un dispositif de détermination d'une puissance minimale continue induite dans un récipient associé à des moyens d'induction, les moyens d'induction étant intégrés à un circuit résonant alimenté par un dispositif d'alimentation à onduleur comportant un interrupteur monté en série avec le circuit résonant et une diode de roue libre montée en parallèle avec l'interrupteur, l'interrupteur étant commandé à une fréquence de commutation, comprend :

- des moyens de mesure (50) d'un courant (i) circulant

dans l'interrupteur et la diode de roue libre ;
- des moyens de variation (70) de la fréquence de commutation dans une plage de fréquences prédéterminée ;
et
- des moyens de sélection (70) d'une fréquence de commutation maximale lorsque la valeur du courant (i) mesuré au début d'une période de commutation de l'interrupteur est sensiblement égale à une valeur seuil maximale prédéterminée, admissible dans l'interrupteur.

Utilisation notamment dans une table de cuisson à induction.

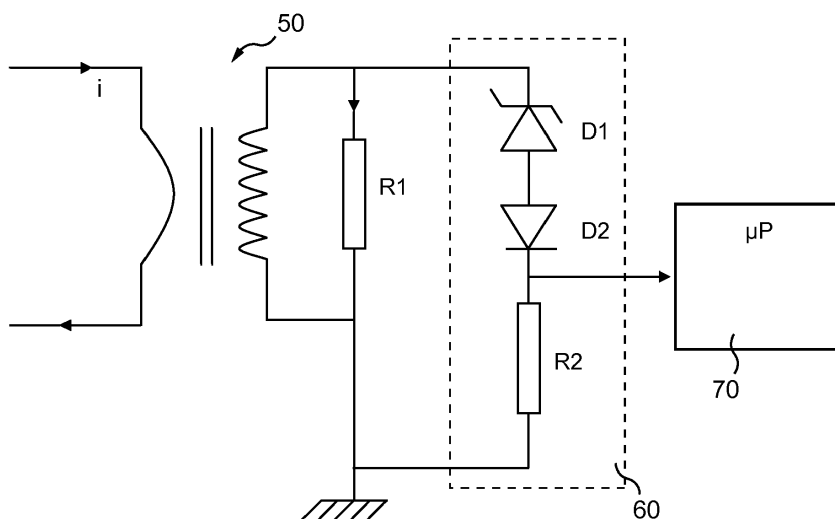


Fig. 6

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de détermination d'une puissance minimale continue induite dans un récipient associé à des moyens d'induction.

[0002] Elle concerne également un dispositif de détermination adapté à mettre en oeuvre le procédé de détermination, ainsi qu'un appareil de cuisson à induction adapté à intégrer un tel dispositif de détermination d'une puissance minimale continue.

[0003] Plus particulièrement, la présente invention concerne le domaine des appareils de cuisson à induction dans lesquels chaque zone ou foyer de cuisson est piloté par un seul élément de puissance intégré dans un dispositif d'alimentation à onduleur.

[0004] Un tel dispositif d'alimentation à onduleur est notamment décrit dans le document WO 2007/042315 dans lequel les moyens d'induction intégrés à un circuit résonant sont alimentés à partir d'un dispositif d'alimentation à onduleur comportant un interrupteur, du type d'un transistor commandé en tension, connu sous l'appellation IGBT (acronyme du terme anglais "*Insulated Gate Bipolar Transistor*"), monté en série avec le circuit résonant.

[0005] Cet interrupteur est lui-même monté en parallèle avec une diode de roue libre.

[0006] Un tel dispositif d'alimentation à onduleur fonctionne selon une fréquence de commutation de l'interrupteur, correspondant à une période de commande T .

[0007] Cet interrupteur est également associé à un rapport cyclique de conduction Δ , Δ inférieur à 1, défini de telle sorte que l'interrupteur est commuté en position ON pendant une durée ΔT de la période de commande T . Cette durée ΔT correspond ainsi à la période de conduction de l'interrupteur et de la diode de roue libre pour chaque période de commande T .

[0008] En modifiant la fréquence de commutation du dispositif d'alimentation à onduleur, il est possible d'ajuster la puissance instantanée délivrée par les moyens d'induction à un récipient de cuisson.

[0009] Dans un tel appareil de cuisson à induction, la puissance instantanée induite dans un récipient est limitée par une puissance maximale continue et une puissance minimale continue liées au fonctionnement de l'interrupteur de puissance, du type IGBT.

[0010] En particulier, la puissance maximale continue pouvant être induite dans un récipient donné est limitée par la tension maximale admissible entre les bornes de l'interrupteur.

[0011] Par ailleurs, la puissance minimale continue pouvant être induite dans le récipient est également limitée par la topologie de l'interrupteur.

[0012] En effet, en fin de période de conduction de l'interrupteur, le courant circulant dans le circuit résonant alimenté par le dispositif d'alimentation à onduleur oscille librement jusqu'à la prochaine mise ON de l'interrupteur, c'est-à-dire jusqu'au début de la prochaine période de commutation.

[0013] Tant que ce courant est suffisamment important, la tension aux bornes de l'interrupteur s'annule et la diode de roue libre devient passante en début de période de commutation.

[0014] A l'inverse, si le courant est trop faible, la tension aux bornes de l'interrupteur reste positive et la diode de roue libre est bloquée au début de la période de commutation.

[0015] Dans ce cas, un pic de courant est observé dans l'interrupteur, du fait de la décharge du condensateur de résonance prévue dans le circuit résonant.

[0016] Les méthodes actuelles permettant de déterminer la puissance minimale continue pouvant être induite dans un récipient associé à des moyens d'induction consistent à déterminer la fréquence de commutation à laquelle le courant circulant dans la diode de roue libre est sensiblement nul au début d'une période de commutation de l'interrupteur.

[0017] Ainsi, la puissance minimale continue correspond à une fréquence de commutation à laquelle la diode de roue libre ne conduit plus ou très faiblement pendant la période de conduction de l'interrupteur.

[0018] Toutefois, si cette puissance minimale continue est supérieure à la valeur de puissance de consigne demandée, l'alimentation en puissance du récipient doit être découpée dans le temps afin d'atteindre en moyenne la puissance de consigne demandée.

[0019] Ce découpage dans le temps de l'alimentation en puissance du récipient est mal ressenti par l'utilisateur qui constate un chauffage par à coups du contenu du récipient.

[0020] Par ailleurs, ce découpage génère un niveau de bruit important au niveau de la commande de fonctionnement du dispositif d'alimentation à onduleur.

[0021] La présente invention a pour but de résoudre les inconvénients précités et de proposer un procédé de détermination d'une puissance minimale continue induite dans un récipient, permettant d'abaisser la valeur de la puissance minimale continue pouvant être induite dans un récipient associé à des moyens d'induction.

[0022] A cet effet, la présente invention concerne un procédé de détermination d'une puissance minimale continue induite dans un récipient associé à des moyens d'induction, les moyens d'induction étant intégrés à un circuit résonant alimenté par un dispositif d'alimentation à onduleur comportant un interrupteur monté en série avec le circuit résonant et une diode de roue libre montée en parallèle avec l'interrupteur, l'interrupteur étant commandé à une fréquence de commutation.

[0023] Selon l'invention, le procédé de détermination comprend les étapes suivantes :

- mesure d'un courant circulant dans l'interrupteur et la diode de roue libre ;
- variation de la fréquence de commutation dans une plage de fréquences prédéterminée ; et
- sélection d'une fréquence de commutation maximale lorsque la valeur du courant mesuré au début

d'une période de commutation de l'interrupteur est sensiblement égale à une valeur seuil maximale prédéterminée, admissible dans l'interrupteur.

[0024] Ce procédé de détermination de la puissance minimale continue permet de profiter de la capacité qu'a l'interrupteur de puissance, du type IGBT, à supporter des pics de courant importants, tant que ces pics de courant circulant dans l'interrupteur et la diode de roue libre sont limités dans le temps.

[0025] Ainsi, la valeur seuil maximale choisie correspond à un pic de courant admissible dans l'interrupteur, c'est-à-dire ne provoquant pas la destruction des composants électroniques. En tolérant que la valeur du courant mesuré en début d'une période de commutation de l'interrupteur puisse atteindre cette valeur seuil maximale prédéterminée, une fréquence de commutation maximale peut ainsi être sélectionnée, correspondant à une puissance minimale continue induite dans un récipient.

[0026] Cette période minimale continue sera plus faible que les puissances minimales continues induites dans l'état de la technique.

[0027] En pratique, la valeur seuil maximale admissible est supérieure ou égale à 40 A, et de préférence supérieure à 60 A.

[0028] Ces valeurs de pic de courant admissible dans l'interrupteur sont bien adaptées à la topologie des interrupteurs du type IGBT mis en oeuvre dans un dispositif d'alimentation à onduleur associé à des moyens d'induction pour chauffer un récipient.

[0029] Plus précisément, au début d'une période de commutation de l'interrupteur, le courant circulant dans la diode de roue libre est sensiblement nul pour une première fréquence de commutation, et la fréquence de commutation maximale est supérieure à la première fréquence de commutation.

[0030] Ainsi, la fréquence de commutation maximale est supérieure à la première fréquence de commutation pour laquelle le courant circulant dans la diode de roue libre est sensiblement nul.

[0031] La puissance minimale continue est ainsi plus faible que la puissance minimale continue admise dans l'état de la technique, correspondant à la première fréquence de commutation.

[0032] Corrélativement, la présente invention concerne également un dispositif de détermination d'une puissance minimale continue induite dans un récipient associé à des moyens d'induction, les moyens d'induction étant intégrés à un circuit résonant alimenté par un dispositif d'alimentation à onduleur comportant un interrupteur monté en série avec le circuit résonant et une diode de roue libre montée en parallèle avec l'interrupteur, l'interrupteur étant commandé à une fréquence de commutation.

[0033] Selon l'invention, ce dispositif de détermination comprend :

- des moyens de mesure d'un courant circulant dans

l'interrupteur et la diode de roue libre ;

- des moyens de variation de la fréquence de commutation dans une plage de fréquences prédéterminée ; et
- des moyens de sélection d'une fréquence de commutation maximale lorsque la valeur du courant mesuré au début d'une période de commutation de l'interrupteur est sensiblement égale à une valeur seuil maximale prédéterminée, admissible dans l'interrupteur.

[0034] Ce dispositif de détermination présente des avantages et caractéristiques analogues à ceux décrits précédemment en relation avec le procédé de détermination qu'il met en oeuvre.

[0035] En pratique, les moyens de mesure du courant sont associés à des moyens de détection d'un pic dudit courant.

[0036] De manière avantageuse, les moyens de détection comprennent une diode du type Zener montée en parallèle d'un transformateur d'intensité, la tension en sortie du transformateur d'intensité étant représentative de la valeur du courant circulant dans l'interrupteur et la diode de roue libre.

[0037] De préférence, la tension d'avalanche de la diode de type Zener est sensiblement égale à la valeur de la tension en sortie du transformateur d'intensité pour un courant sensiblement égal à la valeur seuil maximale prédéterminée, admissible dans l'interrupteur.

[0038] Enfin, la présente invention concerne également un appareil de cuisson à induction, comprenant au moins un foyer de cuisson associé à des moyens d'induction, et comportant un dispositif de détermination conforme à l'invention.

[0039] En pratique, cet appareil de cuisson à induction comprend des moyens de contrôle du dispositif d'alimentation à onduleur adapté à contrôler la fréquence de commutation dans une plage de fonctionnement comprise entre une fréquence de commutation minimale correspondant à une tension maximale applicable aux bornes de l'interrupteur et ladite fréquence de commutation maximale.

[0040] Cet appareil de cuisson à induction permet ainsi d'induire dans un récipient donné une puissance minimale continue de valeurs faibles, et par exemple de l'ordre de 250 W, en comparaison aux valeurs classiques, de l'ordre de 400 W, observées dans l'état de la technique.

[0041] Cette puissance minimale continue plus faible permet d'éviter ou de limiter fortement le découpage dans le temps de l'alimentation en puissance d'un récipient, même pour des puissances de consigne faibles.

[0042] En particulier, pour une puissance de consigne de 250 W, le dispositif d'alimentation à onduleur peut induire en continu cette puissance dans le récipient.

[0043] D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après.

[0044] Aux dessins annexés, donnés à titre d'exem-

ples non limitatifs :

- la figure 1 est une vue schématique d'un appareil de cuisson à induction adapté à mettre en oeuvre le procédé de détermination d'une puissance minimale continue conforme à l'invention ;
- la figure 2 est un schéma illustrant un dispositif d'alimentation à onduleur de moyens d'induction associés à un récipient ;
- la figure 3 est une courbe illustrant les variations des paramètres électriques dans le dispositif de la figure 2 commandé à une fréquence de commutation intermédiaire ;
- la figure 4 est une vue analogue à la figure 3, le dispositif d'alimentation à onduleur de la figure 2 étant commandé à une première fréquence de commutation ;
- la figure 5 est une vue analogue à la figure 4, le dispositif d'alimentation à onduleur de la figure 2 étant commandé à une fréquence de commutation maximale, supérieure à ladite première fréquence de commutation ;
- la figure 6 est un schéma illustrant un dispositif de détermination d'une puissance minimale continue selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 7 est un chronogramme illustrant les tensions aux bornes des composants du dispositif de la figure 6, commandé à une fréquence de commutation minimale ; et
- la figure 8 est une vue analogue à la figure 7, le dispositif de la figure 5 étant commandé à une fréquence de commutation maximale.

[0045] On va décrire tout d'abord en référence à la figure 1 un appareil de cuisson à induction adapté à mettre en oeuvre la présente invention.

[0046] A titre d'exemple non limitatif, cet appareil de cuisson peut être une table de cuisson à induction 10 comprenant au moins un foyer de cuisson associé à des moyens d'induction.

[0047] Dans cet exemple, la table de cuisson 10 comporte quatre foyers de cuisson F1, F2, F3, F4, chaque foyer de cuisson étant associé à des moyens d'induction comprenant une ou plusieurs bobines d'induction.

[0048] Cette table de cuisson 10 comprend de manière classique une phase de puissance d'une alimentation électrique 11, typiquement une alimentation secteur.

[0049] A titre d'exemple, la table de cuisson 10 est alimentée en 32 A, pouvant fournir une puissance maximale de 7200 W à la table de cuisson 10, soit une puissance de 3600 W par phase.

[0050] On notera que les moyens d'induction associés à chaque foyer de cuisson F1, F2, F3, F4 peuvent en pratique être réalisés à partir d'une ou plusieurs bobines dans lesquelles circule le courant électrique, montées sur une phase de puissance.

[0051] Une carte de contrôle et de commande de puissance 12 permet de supporter l'ensemble des moyens

électroniques et informatiques nécessaires au contrôle de la table de cuisson 10, et notamment à la détermination d'une puissance minimale continue selon le procédé qui sera décrit ci-après.

[0052] En pratique, des liaisons électriques 13 sont prévues entre cette carte de contrôle et de commande de puissance 12 et chaque foyer de cuisson F1, F2, F3, F4.

[0053] De manière classique, dans une telle table de cuisson 10, l'ensemble des moyens d'induction et la carte de contrôle et de commande 12 sont placés sous une surface plane de cuisson, par exemple réalisée à partir d'une plaque en vitrocéramique.

[0054] Les foyers de cuisson peuvent en outre être identifiés par une sérigraphie en vis-à-vis des bobines d'induction placées sous la surface de cuisson.

[0055] Bien entendu, bien qu'on ait illustré un exemple de réalisation de table de cuisson dans laquelle quatre zones de cuisson constituant des foyers de cuisson F1, F2, F3, F4 sont prédéfinies dans le plan de cuisson, la présente invention s'applique également à une table de cuisson ayant un nombre variable ou des formes différentes de foyer de cuisson, ou encore, présentant un plan de cuisson sans zones ou foyers de cuisson prédéfinis, ces derniers étant définis au cas par cas par la position du récipient en vis-à-vis d'un sous-ensemble de bobines d'induction disposées sous le plan de cuisson.

[0056] Finalement, la table de cuisson 10 comporte également des moyens de commande et d'interface 14 avec l'utilisateur permettant notamment à l'utilisateur de commander en puissance et en durée le fonctionnement de chaque foyer F1, F2, F3, F4.

[0057] En particulier, l'utilisateur peut par le biais des moyens de commande et d'interface 14 assigner une puissance de consigne à chaque foyer de cuisson recouvert d'un récipient.

[0058] La structure d'une telle table de cuisson et le montage des moyens d'induction n'ont pas besoin d'être décrits plus en détails ici.

[0059] On a illustré à la figure 2 un exemple de réalisation d'un dispositif d'alimentation à onduleur adapté à alimenter un des foyers de cuisson F1, F2, F3, F4, étant entendu que chaque foyer de cuisson peut présenter le même schéma d'alimentation.

[0060] Dans ce schéma, une inductance L représente à la fois l'inductance des moyens d'induction et celle du récipient à chauffer placé en vis-à-vis.

[0061] Le système constitué par le récipient et les moyens d'induction du foyer peut ainsi être schématisé par une inductance L montée en série avec une résistance R, caractérisant principalement la résistance du récipient.

[0062] Le circuit résonant comporte également un condensateur C monté en parallèle avec l'inductance L et la résistance R.

[0063] Le circuit résonant ainsi constitué est alimenté par un dispositif d'alimentation à onduleur comportant ici un unique interrupteur ou élément de puissance.

[0064] Cet interrupteur est par exemple un interrupteur du type d'un transistor commandé en tension, appelé dans la suite de la description interrupteur IGBT (acronyme du terme anglais "*Insulated Gate Bipolar Transistors*").

[0065] Cet interrupteur IGBT est monté en série avec le circuit résonant L, R, C, et une diode de roue libre D est montée en parallèle avec l'interrupteur IGBT.

[0066] Le montage d'un tel dispositif d'alimentation à onduleur, comportant l'interrupteur IGBT et la diode de roue libre D, et commandé selon une fréquence de commutation (ou période de commande) est utilisé communément dans le domaine des appareils de cuisson à induction et n'a pas besoin d'être décrit plus en détails ici.

[0067] En particulier, le dispositif d'alimentation à onduleur est contrôlé par la fréquence de commutation, pouvant varier dans une plage de fonctionnement.

[0068] Cette plage de fonctionnement est définie d'une part par une fréquence de commutation minimale, correspondant à une puissance maximale continue, pouvant être induite dans le récipient.

[0069] Cette puissance maximale continue est limitée par la tension maximale pouvant être admise aux bornes de l'interrupteur IGBT, entre le collecteur et l'émetteur de cet interrupteur.

[0070] D'autre part, la plage de fonctionnement est limitée par une fréquence de commutation maximale telle que déterminée par le procédé de détermination conforme à l'invention décrit ci-après.

[0071] Les moyens de contrôle du dispositif d'alimentation à onduleur peuvent être intégrés à la carte de contrôle et de commande de puissance 12 de la table de cuisson 10.

[0072] En référence à la figure 3, on va décrire le fonctionnement du dispositif d'alimentation à onduleur ayant un interrupteur IGBT unique.

[0073] A la figure 3, les courants dans l'interrupteur IGBT et la diode de roue libre D sont illustrés en trait continu et les courants dans l'inductance L et la résistance R sont schématisés en trait pointillé.

[0074] En début de période de commande de l'IGBT, c'est-à-dire à la commutation de l'interrupteur IGBT (instant t_{ON} correspondant à la mise ON de l'interrupteur IGBT), la diode de roue libre D est passante et un courant négatif circule dans l'inductance L, la résistance R et la diode de roue libre D.

[0075] Pendant une seconde partie de la période de conduction de l'interrupteur IGBT, l'interrupteur IGBT devient passant et un courant positif circule dans l'inductance L, la résistance R et l'interrupteur IGBT.

[0076] Puis à la fin de la période de conduction de l'interrupteur IGBT (instant t_{OFF} correspondant à la mise OFF de l'interrupteur IGBT), la diode de roue libre D et l'interrupteur IGBT sont bloqués de telle sorte que le courant circule dans l'inductance L, la résistance R et le condensateur de résonance C.

[0077] Ainsi, pour chaque période de commande T, l'interrupteur IGBT et la diode de roue libre D conduisent

le courant pendant une période de conduction ΔT , fonction du rapport cyclique Δ , caractéristique de l'interrupteur IGBT, et de la période de commande T.

[0078] On a illustré à la figure 3 pour un récipient donné un exemple de fonctionnement du dispositif d'alimentation à onduleur dans lequel la fréquence de commutation est égale à 33 kHz.

[0079] Comme bien illustré par la courbe en trait mixte, la tension aux bornes de l'interrupteur IGBT est proche de 1200 V, correspondant ici à une tension maximale admise aux bornes de l'interrupteur IGBT.

[0080] Le courant circulant dans l'inductance L est donc maximal et permet d'annuler la tension aux bornes de l'interrupteur IGBT.

[0081] Par conséquent, en début de période de commutation, un courant circule dans la diode de roue libre D à l'instant où la tension aux bornes de l'interrupteur IGBT s'annule.

[0082] A la fréquence de commutation illustrée à la figure 3, proche de 33 kHz, le courant circulant dans l'inductance L étant maximal, la puissance induite dans le récipient est proche de la puissance continue maximale pouvant être induite dans le récipient, ici de l'ordre de 1100 W (courbe en trait pointillé-carré).

[0083] On a illustré à la figure 4 des courbes analogues à celles de la figure 3, la fréquence de commutation étant augmentée, et par exemple, sensiblement égale à 45 kHz.

[0084] Comme bien illustré à la figure 4, cette fréquence de commutation correspond ainsi à une première fréquence de commutation à laquelle le courant circulant dans le système est juste suffisant pour annuler la tension aux bornes de l'interrupteur IGBT.

[0085] On constate alors à la figure 4 que le courant circulant dans la diode de roue libre D devient quasiment nul à l'instant où la tension aux bornes de l'interrupteur IGBT s'annule.

[0086] La puissance continue induite dans le récipient est alors ici sensiblement égale à 400 W.

[0087] Cette puissance continue induite correspond ainsi à une première fréquence de commutation pour laquelle la diode de roue libre D ne conduit plus en début de période de commutation, mais où la tension aux bornes de l'interrupteur IGBT est sensiblement nulle.

[0088] La présente invention a pour but de diminuer cette puissance continue admise dans le récipient en tolérant un pic de courant dans l'interrupteur IGBT en début de période de commutation.

[0089] En effet, l'interrupteur IGBT est capable de supporter des pics de courant importants dès lors que ce pic de courant est limité dans le temps.

[0090] On a illustré à la figure 5, analogue aux figures 3 et 4 décrites précédemment, le comportement du système de la figure 2 lorsque la fréquence de commutation est augmentée au-delà de la première fréquence de commutation décrite en référence à la figure 4.

[0091] Dans cet exemple, et de manière non limitative, la fréquence de commutation est sensiblement égale à

48 kHz.

[0092] Comme bien illustré à la figure 5, le courant circulant dans l'inductance L est trop faible pour annuler la tension aux bornes de l'interrupteur IGBT.

[0093] Par conséquent, en début de période de commutation, à la mise ON de l'interrupteur IGBT, la tension aux bornes de l'IGBT n'est pas nulle de telle sorte qu'un pic de courant circule dans l'interrupteur IGBT, le courant circulant dans la diode de roue libre D demeurant nul.

[0094] Dans l'exemple illustré à la figure 5, le pic de courant est sensiblement égal à 60 A.

[0095] Bien entendu, la valeur du pic de courant admissible dans l'interrupteur IGBT dépend des caractéristiques de l'interrupteur IGBT, et notamment de son aptitude à tolérer une surintensité importante.

[0096] Dans l'exemple à la figure 5, en tolérant un pic de courant de 60 A dans l'interrupteur IGBT en début de période de commutation, il est possible de commander le système à une fréquence de commutation de 48 kHz permettant d'induire dans le récipient une puissance continue faible, de l'ordre de 250 W.

[0097] Ainsi, en tolérant un pic de courant dans l'interrupteur IGBT, il est possible d'abaisser la puissance minimale continue admissible dans le récipient.

[0098] La plage de fonctionnement du dispositif d'alimentation à onduleur, à unique interrupteur IGBT, est ainsi étendue, dès lors que la puissance minimale continue induite dans le récipient associé aux moyens d'induction est diminuée.

[0099] La réduction de la puissance minimale continue permet d'obtenir à de faibles puissances de consigne une cuisson continue dans le récipient.

[0100] Ainsi, lorsque la puissance de consigne est fixée à 250 W, le système est capable de fournir en continu une puissance de 250 W. Si la puissance minimale continue est de 400 W, celle-ci doit être découpée dans le temps pour atteindre en moyenne la puissance de consigne de 250 W.

[0101] En limitant le découpage dans le temps du fonctionnement du dispositif d'alimentation à onduleur, le niveau de bruit est réduit.

[0102] Finalement, le chauffage en continu à une puissance faible, de l'ordre de 250 W, est mieux ressenti par l'utilisateur qui n'est pas confronté à un chauffage par à-coups du contenu du récipient.

[0103] On va décrire à présent en référence à la figure 6 un exemple de réalisation d'un dispositif de détermination d'une puissance minimale continue associée à un dispositif d'alimentation tel qu'illustré précédemment à la figure 2.

[0104] Ce dispositif de détermination comprend en particulier des moyens de mesure du courant i circulant dans l'interrupteur IGBT et la diode de roue libre D.

[0105] Dans ce mode de réalisation, ces moyens de mesure du courant sont réalisés au moyen d'un transformateur d'intensité 50.

[0106] Bien entendu, d'autres moyens de mesure de courant peuvent être utilisés, et notamment un shunt.

[0107] Dans l'exemple illustré à la figure 6, la valeur de la tension aux bornes d'une résistance de charge R1, placée en sortie du transformateur d'intensité 50, correspond à l'image du courant i circulant dans l'interrupteur IGBT ou la diode de roue libre D.

[0108] Ces moyens de mesure 50 sont associés à des moyens de détection 60 d'un pic du courant i circulant dans l'interrupteur IGBT.

[0109] Ces moyens de détection 60 comprennent notamment une diode du type Zener montée en parallèle du transformateur d'intensité 50.

[0110] La tension d'avalanche de la diode de type Zener D1 est sensiblement égale à la valeur de la tension en sortie du transformateur d'intensité 50 lorsque le courant circulant dans l'interrupteur IGBT est sensiblement égal à une valeur seuil maximale prédéterminée, admissible dans l'interrupteur IGBT.

[0111] Bien entendu, cette diode Zener D1 pourrait être remplacée par une diode Transil® dans les moyens de détection 60 du pic de courant.

[0112] Les moyens de détection 60 comportent, en outre, une seconde diode D2 montée en série avec la diode Zener D1 et en opposition par rapport à la diode Zener D1.

[0113] Ces moyens de détection 60, formant ainsi un circuit en parallèle avec le transformateur d'intensité 50, comportent une résistance R2, montée en série avec les deux diodes D1, D2. La tension aux bornes de la résistance R2 peut être mesurée et adressée à des moyens de contrôle, typiquement réalisés par un microprocesseur 70.

[0114] La tension aux bornes de la résistance R2 est mesurée par exemple par le microprocesseur 70. Ici, on se sert du niveau logique renvoyé par la tension présente aux bornes de la résistance R2 : lorsqu'elle est inférieure à 2,5 Volts, le microprocesseur 70 détecte un niveau logique égal à 0. Lorsque la tension aux bornes de la résistance R2 est supérieure à 2,5 Volts, le microprocesseur 70 détecte un niveau logique égal à 1.

[0115] On va décrire à présent le fonctionnement des moyens de détection 60 d'un pic du courant circulant dans l'interrupteur IGBT et la diode de roue libre D, c'est-à-dire la détection d'un courant i dont la valeur est sensiblement égale à la valeur seuil maximale prédéterminée, correspondant à la valeur de courant admissible dans l'interrupteur IGBT.

[0116] Cette valeur seuil maximale prédéterminée est strictement positive, et au moins supérieure ou égale à 10 A.

[0117] Pour des interrupteurs IGBT classiques, cette valeur seuil maximale prédéterminée est supérieure ou égale à 40 A, et de préférence supérieure à 60 A.

[0118] En effet, en tolérant une valeur seuil maximale importante dans l'interrupteur IGBT, il est possible d'augmenter la fréquence de commutation d'une manière significative, et ainsi, de diminuer significativement la puissance minimale continue induite dans le récipient associé aux moyens d'induction.

[0119] Ainsi, lorsque la diode de roue libre est passante, et qu'un courant circule dans cette diode de roue de libre D, la tension aux bornes de la résistance de charge R1 est négative.

[0120] Compte tenu du montage de la diode D2, dans les moyens de détection 60, cette diode D2 est bloquante de telle sorte que la tension aux bornes de la résistance R2 montée en série est nulle.

[0121] Lorsque l'interrupteur IGBT est passant, la tension aux bornes de la résistance de charge R1 est positive.

[0122] Tant que la valeur du courant dans l'interrupteur IGBT est inférieure à la valeur seuil maximale prédéterminée, la diode de type Zener D1 est bloquée du fait du choix spécifique de sa tension d'avalanche tel que décrit précédemment.

[0123] Dans ce cas, la tension aux bornes de la résistance R2 est également nulle.

[0124] En revanche, lorsque la valeur du courant i circulant dans l'interrupteur IGBT atteint la valeur seuil maximale prédéterminée, la tension aux bornes de la résistance de charge R1 devient supérieure à la tension d'avalanche de la diode Zener D1.

[0125] La diode D1 conduit alors le courant, la tension aux bornes de la résistance R2 devenant positive, et dans l'exemple de réalisation décrit, supérieure à 2,5 Volts.

[0126] Ainsi, le microprocesseur 70 peut, à partir de la tension aux bornes de la résistance R2, détecter le pic de courant dans l'interrupteur IGBT, correspondant à une valeur de courant atteignant la valeur seuil maximale prédéterminée.

[0127] Le microprocesseur 70 peut ainsi commander la variation de la fréquence de commutation, au travers des moyens de contrôle du dispositif d'alimentation à onduleur, et sélectionner la fréquence de commutation maximale, correspondant ici à l'apparition d'une tension aux bornes de la résistance R2.

[0128] On a illustré à la figure 7 l'image de la tension aux bornes de la résistance de charge R1 et aux bornes de la résistance R2 des moyens de détection 60 tant que la tension aux bornes de la résistance de charge R1 reste inférieure à la tension d'avalanche de la diode Zener D1.

[0129] Par ailleurs, à la figure 8, on a illustré les mêmes paramètres lorsque la tension aux bornes de la résistance de charge R1 dépasse la tension d'avalanche de la diode Zener D1.

[0130] Ainsi, comme bien illustré sur cette figure 8, le pic de tension observé aux bornes de la résistance de charge R1 se traduit par une tension positive aux bornes de la résistance R2 des moyens de détection 60, permettant ainsi de surveiller l'apparition de ce pic de courant dans l'interrupteur IGBT.

[0131] On notera en particulier que le pic de courant observé dans l'interrupteur IGBT à la mise ON de celui-ci est indépendant du récipient placé en vis-à-vis des moyens d'induction.

[0132] En effet, ce pic de courant est dû à la décharge du condensateur C dans le circuit de résonance.

[0133] Ainsi, la valeur seuil maximale prédéterminée, admissible dans l'interrupteur IGBT, peut être mémorisée dans l'appareil de cuisson et utilisée valablement quel que soit le récipient placé en vis-à-vis des moyens d'induction, afin de déterminer la puissance minimale continue induite dans ce récipient.

[0134] En pratique, dans un appareil de cuisson à induction tel qu'illustré à la figure 1, lorsqu'un nouveau récipient est détecté en regard d'un des foyers F1, F2, F3, F4, l'appareil de cuisson à induction est adapté à mettre en oeuvre le procédé de détermination de la puissance minimale continue admissible dans ce récipient selon le procédé décrit précédemment.

[0135] Ainsi, le courant dans l'interrupteur IGBT et la diode de roue libre D est surveillé grâce aux moyens de détection 60 illustrés à la figure 6, la fréquence de commutation variant dans une plage de fréquence prédéterminée.

[0136] Dans l'exemple décrit précédemment, la fréquence de commutation varie ainsi dans une plage comprise sensiblement entre 30 kHz et 50 kHz.

[0137] Les moyens de variation de la fréquence de commutation sont intégrés aux moyens de contrôle du dispositif d'alimentation à onduleur.

[0138] En faisant varier la fréquence de commutation et en surveillant la valeur du courant mesuré dans l'interrupteur IGBT, par comparaison avec la valeur seuil maximale prédéterminée, il est possible de sélectionner la fréquence de commutation maximale, correspondant à un pic de courant admissible dans l'interrupteur IGBT.

[0139] En particulier, on notera que la fréquence de commutation est augmentée progressivement au-delà de la première fréquence de commutation, correspondant à une fréquence de commutation pour laquelle le courant circulant dans la diode de roue libre D est sensiblement nul au moment où la tension aux bornes de l'interrupteur IGBT s'annule.

[0140] Lorsque le procédé de détermination selon l'invention a permis de déterminer la valeur de la fréquence de commutation maximale, une étape de mémorisation de la valeur de la fréquence de commutation maximale est mise en oeuvre, de manière à être prise en compte dans un processus de commande de la puissance fournie par les moyens d'induction du récipient, en fonction d'une puissance de consigne.

[0141] En particulier, tant que la puissance de consigne reste supérieure à la puissance minimale continue pouvant être induite dans le récipient, il est possible de fournir cette puissance en continu.

[0142] En revanche, si la puissance de consigne devient inférieure à la puissance minimale continue déterminée en relation avec la fréquence de commutation maximale, l'alimentation en puissance du récipient doit alors être découpée dans le temps pour atteindre en moyenne la puissance de consigne demandée.

[0143] Grâce à l'invention, en abaissant la puissance minimale continue induite dans un récipient, il est possible de limiter le fonctionnement par découpage du dis-

positif d'alimentation à onduleur.

[0144] Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée à l'exemple de réalisation décrit précédemment.

[0145] En particulier, d'autres moyens de détection d'un pic de courant dans l'interrupteur IGBT pourraient être mis en oeuvre pour surveiller la valeur du courant circulant dans l'interrupteur IGBT.

[0146] On notera en outre que la tension d'avalanche associée à la diode de type Zener doit de préférence correspondre à un pic de courant de valeur supérieure au courant maximum pouvant circuler dans l'interrupteur IGBT afin de ne pas perturber la mesure des courants aux bornes de l'interrupteur IGBT et de la diode de roue libre D, qui peut être mise en oeuvre indépendamment, pour connaître la valeur du courant instantané circulant dans le dispositif d'alimentation à onduleur, par exemple pour en déduire la puissance instantanée fournie par ce dispositif au récipient placé en vis-à-vis des moyens d'induction.

Revendications

1. Procédé de détermination d'une puissance minimale continue induite dans un récipient associé à des moyens d'induction, lesdits moyens d'induction étant intégrés à un circuit résonant (L, C, R) alimenté par un dispositif d'alimentation à onduleur comportant un interrupteur (IGBT) monté en série avec le circuit résonant (L, C, R) et une diode de roue libre (D) montée en parallèle avec l'interrupteur (IGBT), l'interrupteur (IGBT) étant commandé à une fréquence de commutation, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :

- mesure d'un courant (i) circulant dans ledit interrupteur (IGBT) et ladite diode de roue libre (D) ;
- variation de la fréquence de commutation dans une plage de fréquences prédéterminée ; et
- sélection d'une fréquence de commutation maximale lorsque la valeur du courant (i) mesuré au début d'une période de commutation de l'interrupteur (IGBT) est sensiblement égale à une valeur seuil maximale prédéterminée, admissible dans ledit interrupteur (IGBT).

2. Procédé de détermination conforme à la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite valeur seuil maximale prédéterminée est strictement positive, de préférence supérieure ou égale à 10 A.
3. Procédé de détermination conforme à l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ladite valeur seuil maximale prédéterminée est supérieure ou égale à 40A, et de préférence supérieure à 60A.
4. Procédé de détermination conforme à l'une des re-

vendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**au début d'une période de commutation de l'interrupteur (IGBT), le courant (i) circulant dans ladite diode de roue libre (D) est sensiblement nul pour une première fréquence de commutation, et **en ce que** ladite fréquence de commutation maximale est supérieure à ladite première fréquence de commutation.

5. Procédé de détermination conforme à l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**à l'étape de variation, ladite fréquence de commutation est augmentée progressivement au-delà de ladite première fréquence de commutation jusqu'à ladite fréquence de commutation maximale.
6. Procédé de détermination conforme à l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre une étape de mémorisation de ladite fréquence de commutation maximale, correspondant à une puissance minimale continue induite dans ledit récipient associé auxdits moyens d'induction, ladite fréquence de commutation maximale étant prise en compte dans un processus de commande de la puissance fournie par lesdits moyens d'induction au récipient en fonction d'une puissance de consigne.
7. Dispositif de détermination d'une puissance minimale continue induite dans un récipient associé à des moyens d'induction, lesdits moyens d'induction étant intégrés à un circuit résonant (L, C, R) alimenté par un dispositif d'alimentation à onduleur comportant un interrupteur (IGBT) monté en série avec le circuit résonant (L, C, R) et une diode de roue libre (D) montée en parallèle avec l'interrupteur (IGBT), l'interrupteur (IGBT) étant commandé à une fréquence de commutation, **caractérisé en ce qu'il** comprend :
 - des moyens de mesure (50) d'un courant (i) circulant dans ledit interrupteur (IGBT) et ladite diode de roue libre (D) ;
 - des moyens de variation (70) de la fréquence de commutation dans une plage de fréquences prédéterminée ; et
 - des moyens de sélection (70) d'une fréquence de commutation maximale lorsque la valeur du courant (i) mesuré au début d'une période de commutation de l'interrupteur (IGBT) est sensiblement égale à une valeur seuil maximale prédéterminée, admissible dans ledit interrupteur (IGBT).
8. Dispositif de détermination conforme à la revendication 7, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de mesure (50) du courant (i) sont associés à des moyens de détection (60) d'un pic dudit courant (i).

9. Dispositif de détermination conforme à la revendication 8, **caractérisé en ce que** les moyens de détection (60) comprennent une diode du type Zener (D1) montée en parallèle d'un transformateur d'intensité (50), la tension en sortie dudit transformateur d'intensité (50) étant représentative de la valeur du courant (i) circulant dans l'interrupteur (IGBT) et la diode de roue libre (D). 5
10. Dispositif de détermination conforme à la revendication 9, **caractérisé en ce que** la tension d'avalanche de la diode de type Zener (D1) est sensiblement égale à la valeur de la tension en sortie du transformateur d'intensité (50) pour un courant sensiblement égal à la valeur seuil maximale prédéterminée, admissible dans ledit interrupteur (IGBT). 10 15
11. Appareil de cuisson à induction, comprenant au moins un foyer de cuisson (F1, F2, F3, F4) associé à des moyens d'induction, **caractérisé en ce qu'il** comporte un dispositif de détermination conforme à l'une des revendications 7 à 10. 20
12. Appareil de cuisson à induction conforme à la revendication 11, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens de contrôle (12) du dispositif d'alimentation à onduleur adapté à contrôler la fréquence de commutation dans une plage de fonctionnement comprise entre une fréquence de commutation minimale, correspondant à une tension maximale applicable aux bornes de l'interrupteur, et ladite fréquence de commutation maximale. 25 30

35

40

45

50

55

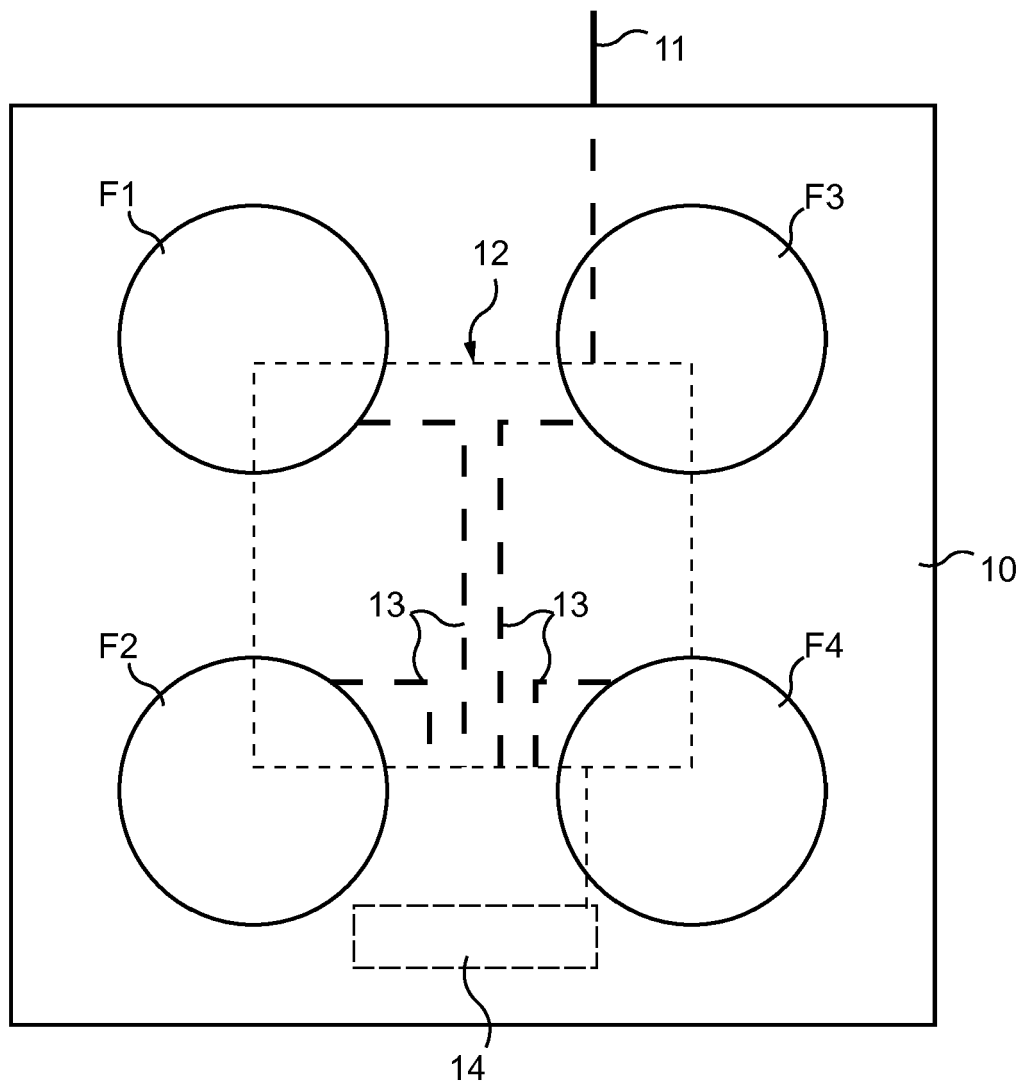


Fig. 1

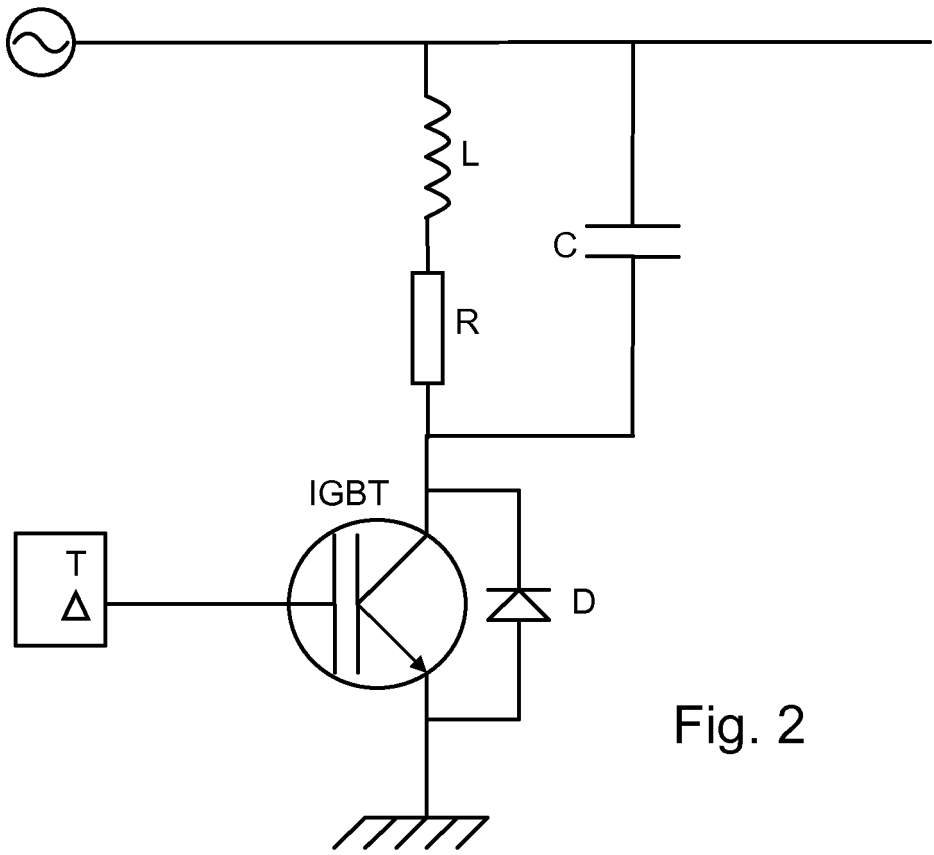


Fig. 2

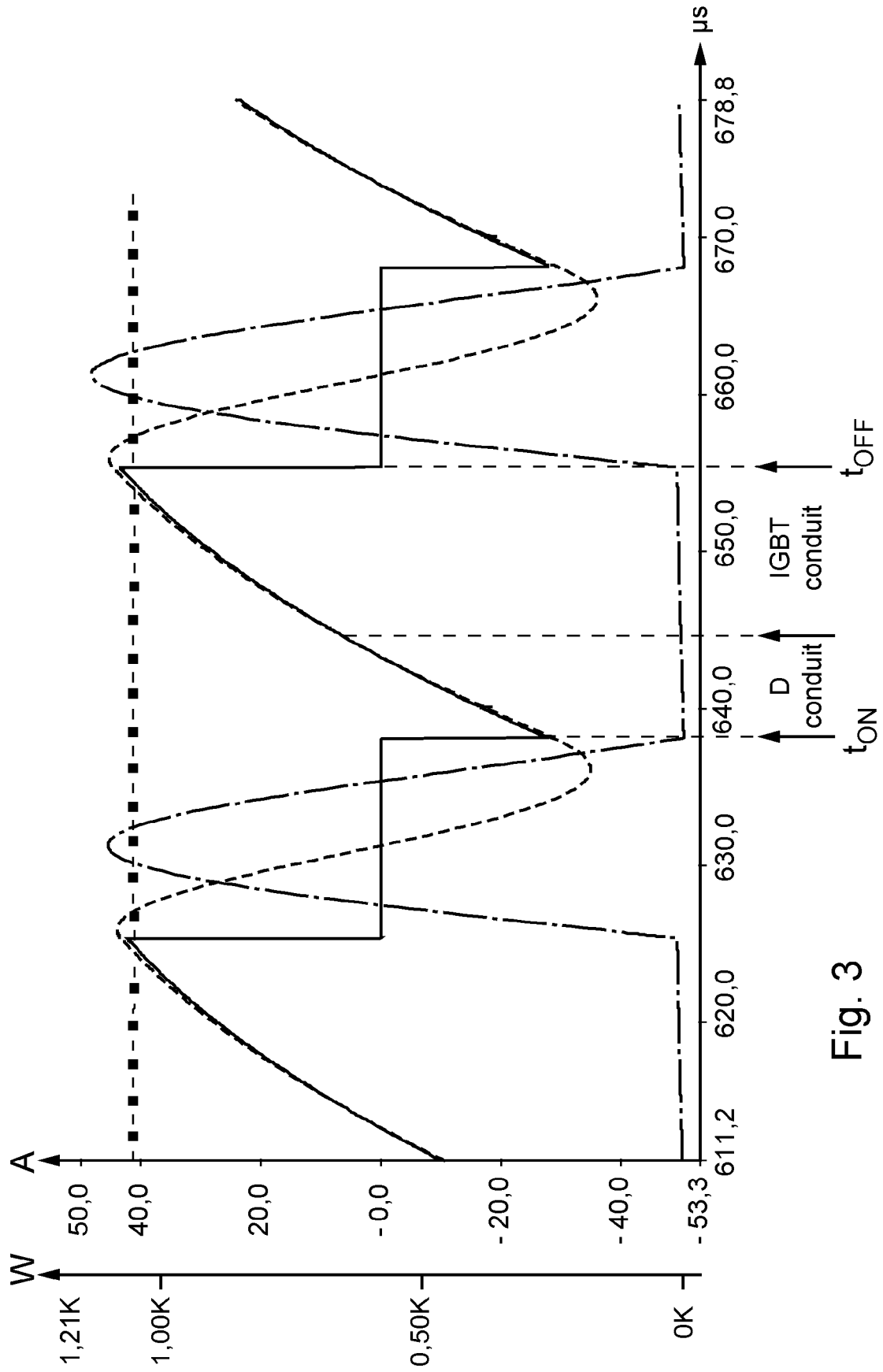


Fig. 3

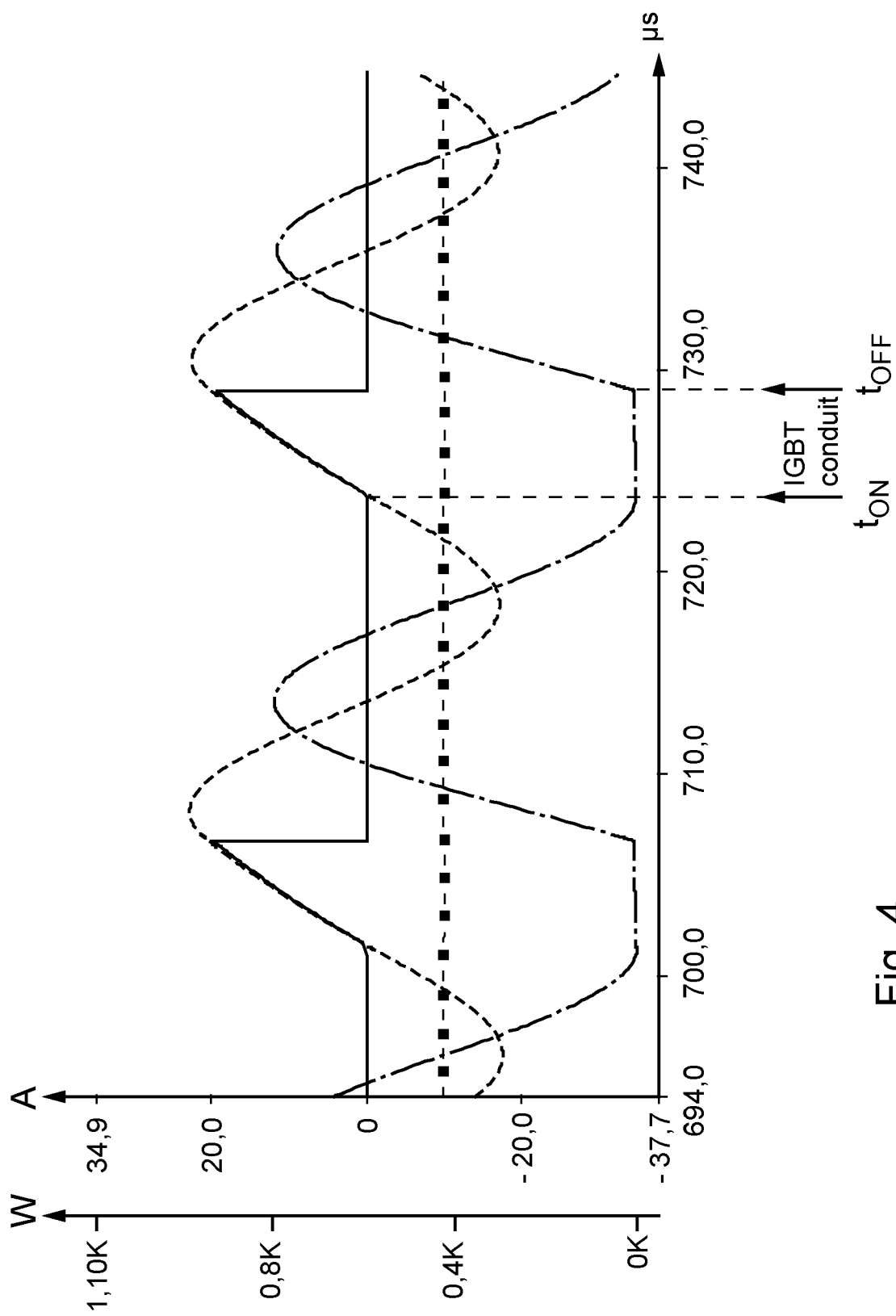


Fig. 4

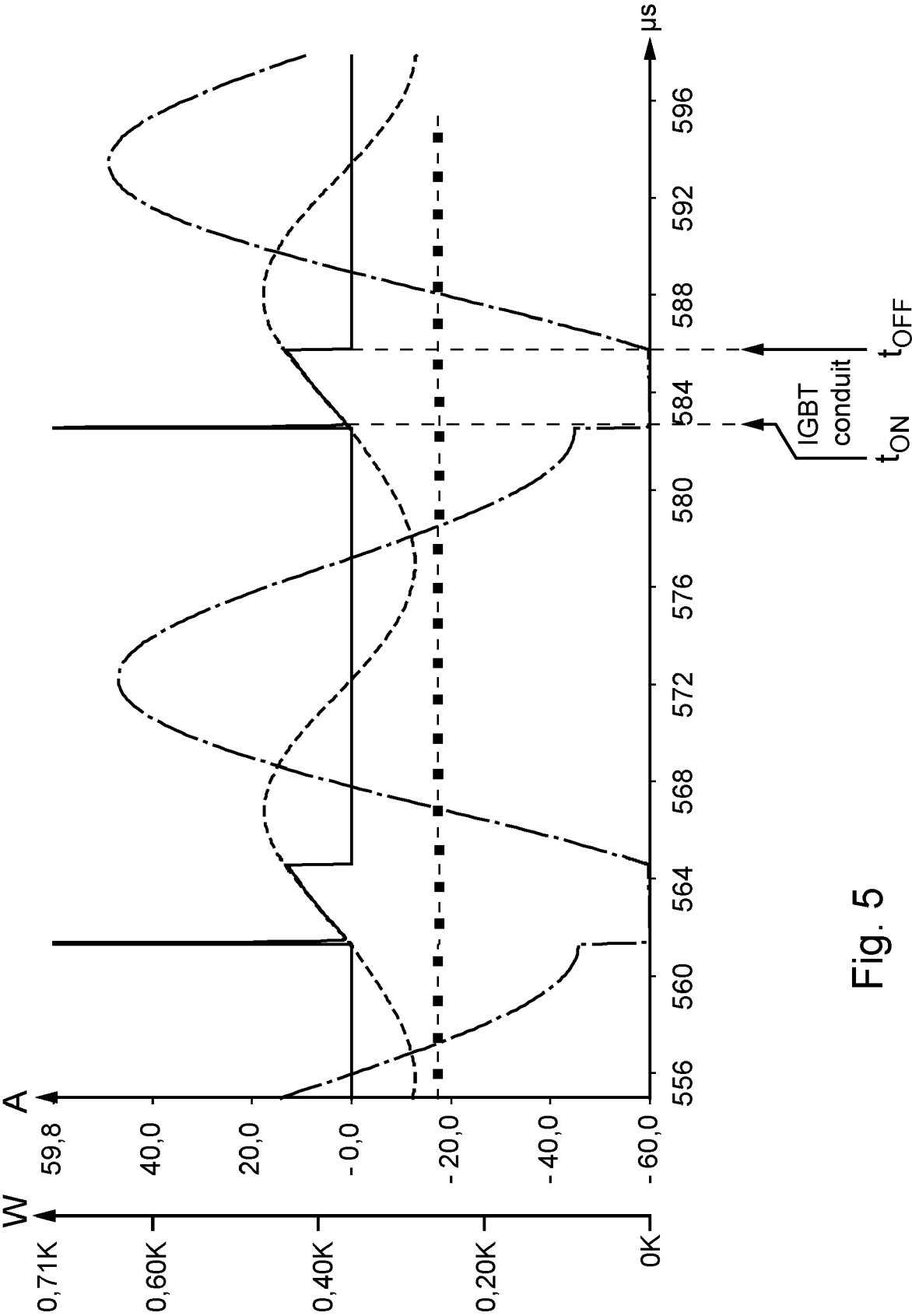


Fig. 5

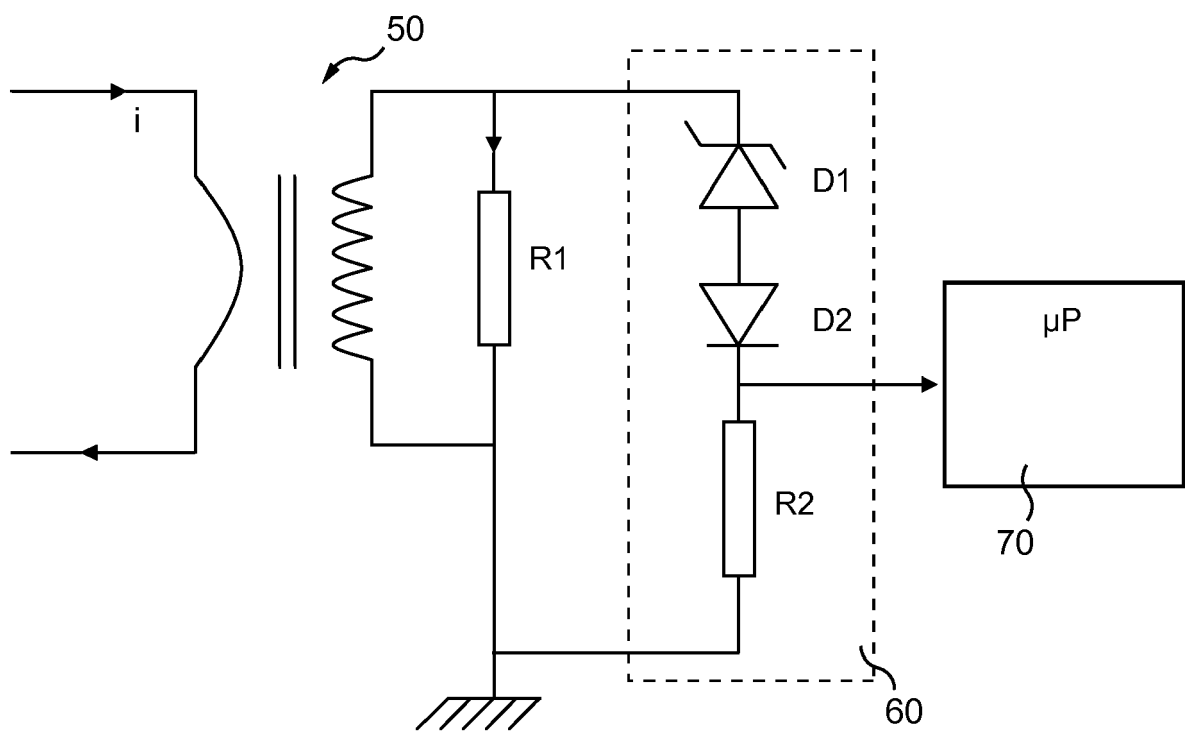


Fig. 6

Fig. 7

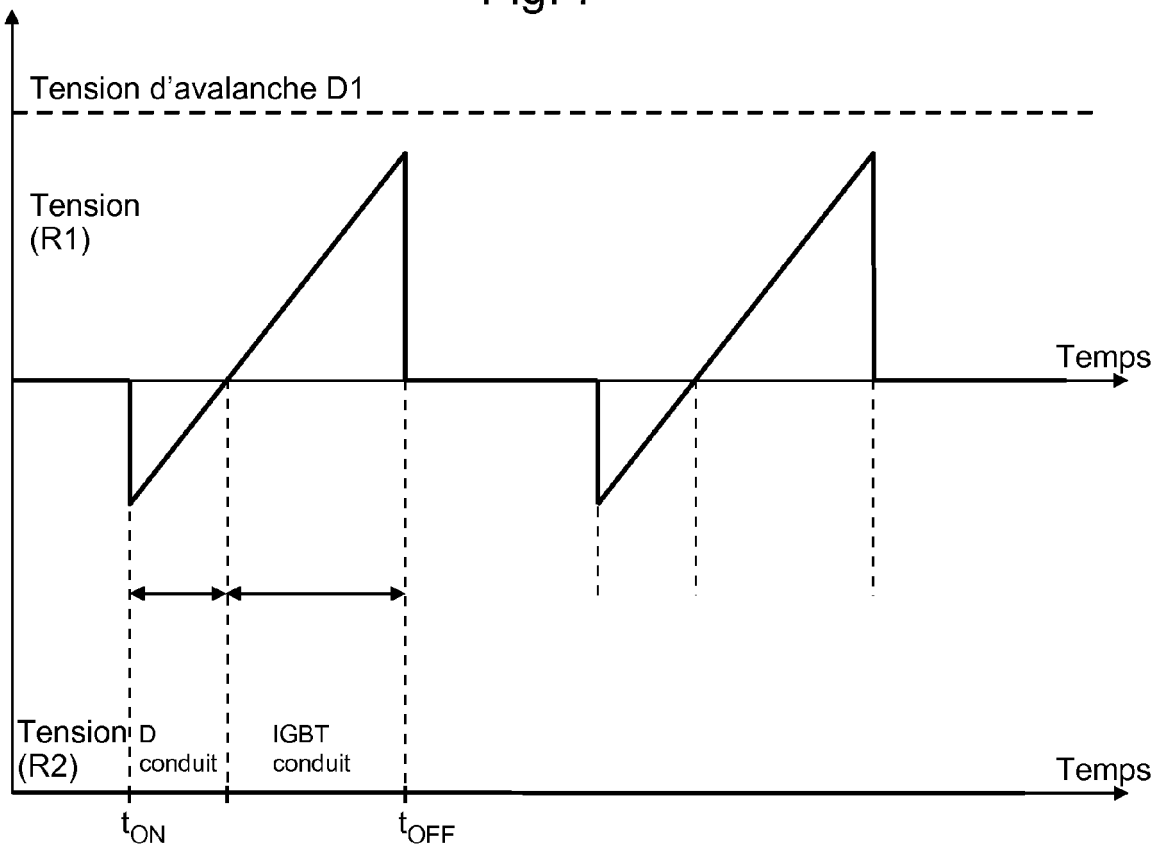
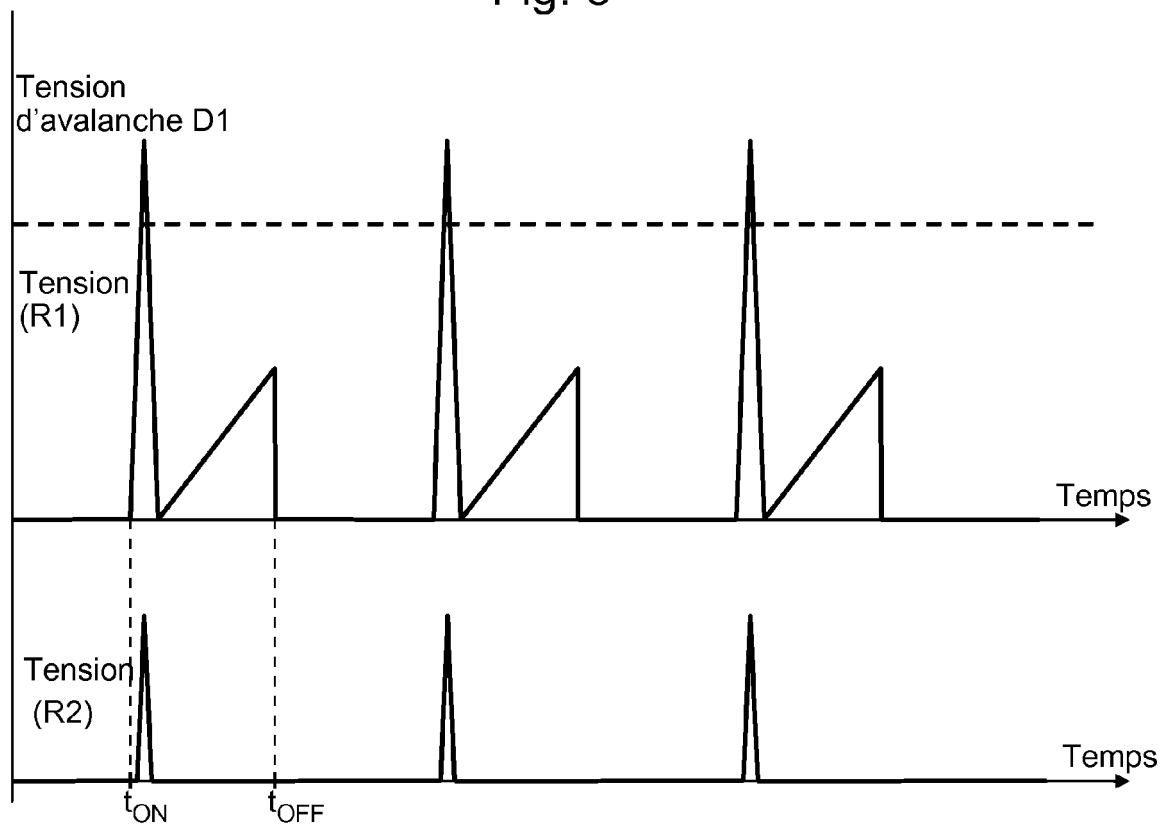


Fig. 8





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 10 19 6432

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,D	WO 2007/042315 A1 (EGO ELEKTRO GERAETEBAU GMBH [DE]; SCHILLING WILFRIED [DE]; DORWARTH RA) 19 avril 2007 (2007-04-19) * page 6 - page 8; figure * -----	1-12	INV. H05B6/06
A	EP 1 951 003 A1 (WHIRLPOOL CO [US]; TEKA IND SA [ES]) 30 juillet 2008 (2008-07-30) * alinéa [0032] - alinéa [0043]; figures 3,6 * -----	1-12	
A	WO 2008/067999 A1 (EGO ELEKTRO GERAETEBAU GMBH [DE]; EGENTER CHRISTIAN [DE]) 12 juin 2008 (2008-06-12) * page 7 - page 8; figure 1 * -----	1-12	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H05B
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		21 mars 2011	Gea Haupt, Martin
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 intermédiaire 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			

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 10 19 6432

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.

21-03-2011

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2007042315 A1	19-04-2007	DE 102005050037 A1	24-05-2007
EP 1951003 A1	30-07-2008	AT 451819 T	15-12-2009
		ES 2338057 T3	03-05-2010
WO 2008067999 A1	12-06-2008	AT 463143 T	15-04-2010
		DE 102006058874 A1	19-06-2008
		EP 2100478 A1	16-09-2009
		ES 2343599 T3	04-08-2010
		JP 2010511981 T	15-04-2010
		US 2009250454 A1	08-10-2009

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2007042315 A [0004]