



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 3 809 800 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
21.04.2021 Bulletin 2021/16

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

(21) Numéro de dépôt: 20201666.3

(22) Date de dépôt: 14.10.2020

(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
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(30) Priorité: 18.10.2019 FR 1911682

(71) Demandeur: Groupe Brandt
92500 Rueil-Malmaison (FR)

(72) Inventeurs:
• GOUAMY, Cédric
45130 HUISSÉAU-SUR-MAUVES (FR)
• ANDRE, Xavier
45380 LA CHAPELLE SAINT MESMIN (FR)

(74) Mandataire: Santarelli
49, avenue des Champs-Elysées
75008 Paris (FR)

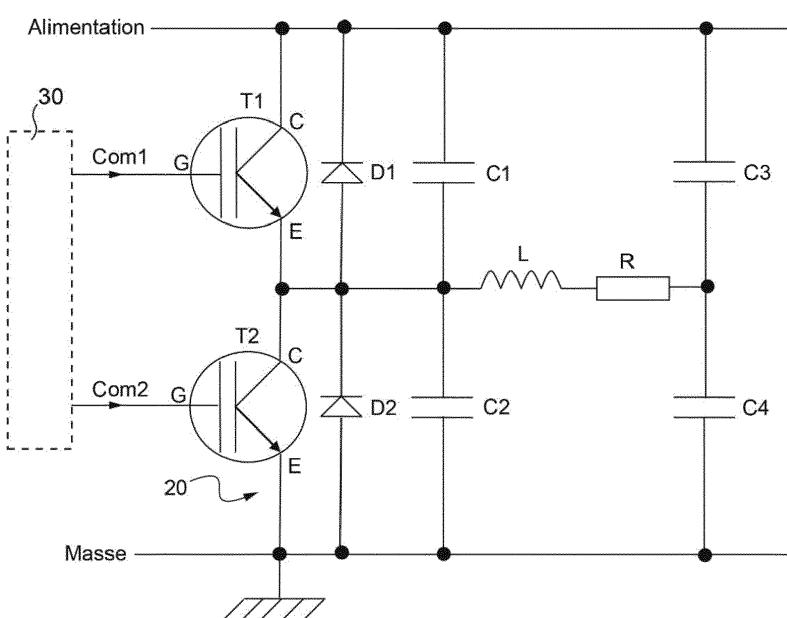
(54) PROCÉDÉ DE COMMANDE EN PUISSANCE D'AU MOINS UN INDUCTEUR ET APPAREIL DE CUISSON À INDUCTION POUR LA MISE EN OEUVRE DU PROCÉDÉ

(57) Un procédé de commande en puissance d'au moins un inducteur (L) recouvert d'un récipient et alimenté en courant alternatif par un dispositif d'alimentation (20) commandé par un signal de commande périodique comprend les étapes suivantes :
- choix d'une fréquence pour le signal de commande périodique parmi un ensemble de N valeurs de fréquences

prédéfinies, N étant égal ou supérieur à deux ; et
- ajustement d'un rapport cyclique du signal de commande périodique à la fréquence choisie pour obtenir une puissance induite dans le récipient.

Utilisation dans les tables de cuisson à induction, notamment sans foyer de cuisson prédéfini dans le plan de cuisson.

[Fig. 2]



Description

[0001] La présente demande concerne un procédé de commande en puissance d'au moins un inducteur recouvert d'un récipient.

[0002] Elle concerne également un appareil de cuisson à induction adapté à mettre en œuvre ce procédé de commande.

[0003] De manière générale, la présente invention concerne le domaine de l'alimentation en courant électrique alternatif d'un inducteur par un dispositif d'alimentation à onduleur commandé par un signal de commande périodique.

[0004] Elle trouve son application notamment dans les appareils de cuisson à induction, tels qu'une table à induction, comprenant une ou plusieurs zones de cuisson équipées chacune d'un ou plusieurs inducteurs.

[0005] Elle concerne non seulement les tables de cuisson à foyers de cuisson prédefinis dans le plan de cuisson mais aussi les tables de cuisson dites matricielles, sans foyers de cuisson prédefinis et dans lesquelles les zones de cuisson sont définis au cas par cas, selon la position d'un récipient posé sur le plan de cuisson et recouvrant un sous-ensemble d'inducteurs.

[0006] Un courant alternatif est ainsi généré par le dispositif d'alimentation à onduleur et circule dans le ou les inducteurs.

[0007] De manière classique, un courant induit est alors généré dans un récipient placé au-dessus de cet inducteur, le récipient s'échauffant lui-même par effet Joule du fait de sa résistance.

[0008] La puissance induite dans le récipient dépend notamment, pour un récipient donné, du courant alternatif circulant dans l'inducteur et généré par le dispositif d'alimentation à onduleur.

[0009] On connaît dans l'état de la technique des procédés de commande en puissance, adaptés à modifier la puissance induite dans le récipient en faisant varier la fréquence du signal de commande périodique commandant le dispositif d'alimentation à onduleur.

[0010] Ainsi, pour un récipient donné, à chaque puissance restituée correspond une fréquence du signal de commande périodique du dispositif d'alimentation à onduleur.

[0011] L'asservissement de la puissance induite dans le récipient sur la fréquence du signal de commande périodique requiert l'utilisation d'une large plage de fréquences. Ce mode de fonctionnement peut devenir problématique dès lors que certaines fréquences engendrent des problèmes de compatibilité électromagnétique (CEM) sur le réseau d'alimentation électrique de l'appareil de cuisson.

[0012] Lorsque le dispositif d'alimentation à onduleur comprend deux éléments de puissance, du type deux transistors IGBT (acronyme du terme anglais *Insulated Gate Bipolar Transistor*), montés en demi-pont, le signal de commande périodique est généralement un signal carré. Le signal de commande permet de commander

ainsi l'alimentation des deux éléments de puissance en opposition de phase. Dans le fonctionnement décrit ci-dessus, dans lequel la puissance est restituée en fonction de la fréquence, le rapport cyclique du signal de commande périodique est généralement égal à 50% ce qui permet d'alimenter en symétrie les deux éléments de puissance.

[0013] Il est également possible, mais de manière limitée, de faire varier la puissance induite dans le récipient en modifiant le rapport cyclique du signal de commande périodique à une fréquence donnée.

[0014] La variation du rapport cyclique du signal de commande périodique génère une puissance induite dans le récipient inférieure à la puissance induite obtenue lorsque le rapport cyclique est égal à 50%.

[0015] Ce mode de fonctionnement est utilisé lorsque plusieurs dispositifs d'alimentation à onduleur sont commandés simultanément pour alimenter respectivement plusieurs inducteurs ou zones de cuisson et qu'il est nécessaire de commander les dispositifs d'alimentation à onduleur par un signal de commande périodique de même fréquence afin d'éviter l'apparition de siffllements désagréables dans les récipients recouvrant les inducteurs.

[0016] En effet, des bruits parasites peuvent apparaître lorsque deux inducteurs sont mis en fonctionnement par des dispositifs d'alimentation à onduleur commandés par des signaux de commande périodiques de fréquence différente.

[0017] Ce problème est particulièrement important dans les tables de cuisson dites matricielles dans lesquelles les inducteurs sont disposés les uns à côté des autres selon une répartition bidimensionnelle dans le plan de cuisson et commandés simultanément pour chauffer un récipient posé sur le plan de cuisson et recouvrant plusieurs inducteurs.

[0018] Toutefois, cette solution de variation du rapport cyclique à une fréquence donnée est complexe à mettre en œuvre. Il est en particulier nécessaire d'utiliser une fréquence unique qui convient pour commander les dispositifs d'alimentation à onduleur de chaque inducteur et généralement d'éteindre périodiquement l'alimentation en courant alternatif d'un ou des deux inducteurs pour atteindre la puissance de consigne demandée pour chaque récipient.

[0019] Un exemple d'un tel fonctionnement est décrit dans le document EP 2 200 398.

[0020] Le but de la présente invention est de résoudre au moins l'un des inconvénients précités et de proposer un procédé de commande en puissance d'au moins un inducteur recouvert d'un récipient moins complexe.

[0021] Selon un premier aspect, la présente invention concerne un procédé de commande en puissance d'au moins un inducteur recouvert d'un récipient et alimenté en courant alternatif par un dispositif d'alimentation à onduleur commandé par un signal de commande périodique.

[0022] Selon l'invention, ce procédé de commande comprend les étapes suivantes :

- choix d'une fréquence pour le signal de commande périodique parmi un ensemble de N valeurs de fréquences prédéfinies, N étant égal ou supérieur à deux ; et
- ajustement d'un rapport cyclique du signal de commande périodique à la fréquence choisie pour obtenir une puissance induite dans le récipient.

[0023] Grâce à l'invention, il est possible de faire varier la puissance induite dans le récipient en n'utilisant que des valeurs de fréquences prédéfinies dans un ensemble et en faisant varier uniquement le rapport cyclique du signal de commande périodique.

[0024] Il est ainsi possible de choisir des valeurs de fréquences prédéfinies de manière à ne pas engendrer de perturbations acoustiques ou électromagnétiques et de respecter les normes de compatibilité électromagnétique.

[0025] Le nombre limité de N valeurs de fréquences prédéfinies permet de réduire considérablement le risque d'apparition de phénomènes de résonnance dans le récipient.

[0026] En pratique, à l'étape d'ajustement, le rapport cyclique est choisi dans un intervalle compris entre un rapport cyclique minimal et un rapport cyclique de puissance maximale, le rapport cyclique de puissance maximale étant égal à 50%.

[0027] Alternative, à l'étape d'ajustement, le rapport cyclique est choisi dans un intervalle compris entre un rapport cyclique de puissance maximale et un rapport cyclique maximal, le rapport cyclique de puissance maximale étant égal à 50%.

[0028] Ainsi, à chaque fréquence du signal de commande périodique, correspond une puissance induite maximale dans le récipient lorsque le rapport cyclique choisi est égal à 50 %. L'ajustement de ce rapport cyclique dans un intervalle au-dessus ou en-dessous de cette valeur de 50 % permet de faire varier la puissance induite dans le récipient et d'atteindre ainsi une puissance de consigne demandée.

[0029] Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, l'ensemble comprend une suite ordonnée croissante de N valeurs de fréquences prédéfinies, et, à tout couple de fréquences prédéfinies adjacentes dudit ensemble correspond un couple de valeurs de puissance induite dans le récipient lorsque le dispositif d'alimentation à onduleur est commandé par un signal de commande périodique à une desdites fréquences prédéfinies dudit couple et un rapport cyclique de 50%, la puissance induite dans le récipient lorsque le dispositif d'alimentation à onduleur est commandé par un signal de commande périodique à la fréquence la plus élevée dudit couple de fréquences et un rapport cyclique de 50 % étant supérieure à la puissance induite dans le récipient lorsque le dispositif d'alimentation à onduleur est commandé par un signal de commande périodique à la fréquence la plus basse dudit couple de fréquences et un rapport cyclique égal au rapport cyclique minimal ou au rapport cyclique

maximal.

[0030] L'ensemble de N valeurs de fréquences prédéfinies est ainsi déterminé de manière à pouvoir balayer l'ensemble des puissances comprises entre une puissance maximale et une puissance minimale induite dans un récipient.

[0031] Dans un mode de réalisation pratique, les valeurs de fréquences prédéfinies dudit ensemble sont comprises entre 20 et 150 KHz.

[0032] A titre d'exemple de réalisation, le nombre N de valeurs de fréquences prédéfinies est compris entre 2 et 10, et de préférence entre 4 et 8 et préférentiellement égal à 6.

[0033] Selon un autre mode de réalisation, au moins deux inducteurs sont alimentés en courant alternatif respectivement par un dispositif d'alimentation onduleur commandé par un signal de commande périodique, la fréquence du signal de commande périodique de chaque dispositif d'alimentation à onduleur étant choisie parmi un même ensemble de N valeurs de fréquences prédéfinies.

[0034] Grâce à un choix judicieux des valeurs de fréquences prédéfinies, il est possible de faire fonctionner simultanément plusieurs inducteurs sans générer de perturbations électromagnétiques.

[0035] Selon une caractéristique avantageuse, ledit même ensemble comprend une suite ordonnée croissante de N valeurs de fréquences prédéfinies, l'écart entre deux valeurs d'un couple de fréquences prédéfinies adjacentes dudit même ensemble étant inférieur à une fréquence seuil minimale et supérieur à une fréquence seuil maximale, les fréquences comprises entre la fréquence seuil minimale et la fréquence seuil maximale correspondant à des fréquences audibles pour l'oreille humaine.

[0036] Ainsi, les inducteurs peuvent être alimentés simultanément en courant par un dispositif d'alimentation à onduleur commandé par un signal de commande périodique de fréquences différentes dès lors que cette fréquence est choisie dans le même ensemble de valeurs de fréquences prédéfinies, sans générer l'apparition de bruits parasites et de sifflements dans les récipients recouvrant chaque inducteur.

[0037] En pratique, la fréquence seuil minimale est égale à 2kHz et la fréquence seuil maximale est égale à 14 kHz.

[0038] Selon un second aspect, la présente invention concerne un appareil de cuisson à induction comportant au moins un inducteur alimenté en courant alternatif par un dispositif d'alimentation à onduleur commandé par un signal de commande périodique.

[0039] Selon l'invention, l'appareil de cuisson comprend des moyens de commande du dispositif d'alimentation à onduleur adaptés à mettre en œuvre le procédé de commande en puissance conforme à l'invention.

[0040] Cet appareil de cuisson présente des caractéristiques et avantages analogues à ceux décrits précédemment en relation avec le procédé de commande en

puissance selon l'invention.

[0041] La présente invention trouve notamment son application lorsque le dispositif d'alimentation à onduleur comprend deux interrupteurs de puissance du type IGBT montés en demi-pont.

[0042] D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après.

[0043] Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs :

[Fig. 1A] la figure 1A représente schématiquement un appareil de cuisson à induction conforme à un mode de réalisation de l'invention ;

[Fig. 1B] la figure 1B représente schématiquement un appareil de cuisson à induction conforme à un autre mode de réalisation de l'invention ;

[Fig. 2] la figure 2 est un schéma illustrant le montage de deux éléments de puissance en demi-pont dans un appareil de cuisson à induction selon un mode de réalisation de l'invention ;

[Fig. 3] la figure 3 est un schéma bloc illustrant un dispositif de commande des deux éléments de puissance de la figure 2, selon un mode de réalisation de l'invention ;

[Fig. 4A] la figure 4A illustre schématiquement des signaux de pilotage d'une topologie demi-pont à partir d'un signal de commande périodique, le rapport cyclique du signal de commande périodique étant égal à 50% ;

[Fig. 4B] la figure 4B illustre schématiquement des signaux de pilotage d'une topologie demi-pont à partir d'un signal de commande périodique, le rapport cyclique du signal de commande périodique étant égal à 30%.

[Fig. 5] la figure 5 illustre schématiquement la variation d'un rapport cyclique du signal de commande périodique de la figure 4 ;

[Fig. 6] la figure 6 illustre schématiquement la variation de puissance restituée dans un récipient en fonction de la variation du rapport cyclique du signal de commande périodique à une fréquence donnée ; [Fig. 7] la figure 7 illustre schématiquement la variation de puissance restituée dans un récipient en fonction de la fréquence du signal de commande périodique ; et

[Fig. 8] la figure 8 illustre schématiquement la variation continue de la puissance restituée dans un récipient recouvrant un inducteur commandé selon le procédé de commande en puissance conforme à un mode de réalisation de l'invention.

[0044] On va décrire tout d'abord en référence à la figure 1A un appareil de cuisson selon un mode de réalisation de l'invention.

[0045] Dans cet exemple, l'appareil de cuisson électrique est une table de cuisson à induction 10 comprenant quatre foyers de cuisson F1, F2, F3, F4.

[0046] Chaque foyer de cuisson F1, F2, F3, F4 com-

porte un inducteur formé d'une ou plusieurs bobines dans lesquelles circule un courant électrique.

[0047] La table de cuisson 10 est alimentée électriquement par une alimentation secteur 11, par exemple en 230V et 32 Ampères.

[0048] Une carte de contrôle et de commande de puissance 12 est adaptée à supporter l'ensemble des moyens électroniques et informatiques nécessaires au contrôle de la table de cuisson 10.

[0049] En pratique, des liaisons électriques 13 sont prévues entre la carte de contrôle et de commande 12 et chaque inducteur des foyers de cuisson F1, F2, F3, F4.

[0050] Chaque inducteur des foyers de cuisson F1, F2, F3, F4 est alimenté en courant alternatif, via les liaisons électriques 13, par un dispositif d'alimentation à onduleur prévu sur la carte de contrôle et de commande 12.

[0051] De manière classique, les inducteurs et la carte de contrôle et de commande 12 sont placés sous une surface plane de cuisson, formée généralement à partir d'une plaque en vitrocéramique.

[0052] Les foyers de cuisson F1, F2, F3, F4 peuvent être identifiés par une sérigraphie sur la plaque en vitrocéramique en vis-à-vis des inducteurs placés sous la surface de cuisson.

[0053] Finalement, la table de cuisson à induction 10 comprend 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 de cuisson F1, F2, F3, F4.

[0054] La structure d'une telle table de cuisson et le montage des inducteurs n'ont pas besoin d'être décrits plus en détails ici.

[0055] Bien entendu, cet exemple d'appareil de cuisson n'est pas limitatif. En particulier, le procédé de commande en puissance qui va être décrit ci-après peut s'appliquer à tout type d'appareil de cuisson à induction, et à toute configuration de table de cuisson à induction, quels que soient le nombre de foyers, le nombre d'inducteurs, le nombre de bobines par foyer et la disposition des foyers de cuisson.

[0056] En particulier, le procédé de commande en puissance décrit ci-après est particulièrement avantageux pour une table de cuisson dite matricielle.

[0057] Un exemple de réalisation d'une telle table de cuisson est illustré à la figure 1B.

[0058] La table de cuisson 15 comporte un plan de cuisson 16 destiné à recevoir des récipients sur la table de cuisson 15.

[0059] Cette table de cuisson 15 comprend des moyens de chauffage constitués d'inducteurs 17 répartis dans le plan de cuisson 16.

[0060] Ces inducteurs 17 sont répartis suivant une trame bidimensionnelle sous le plan de cuisson 16 de la table de cuisson 15.

[0061] Ils sont disposés côte à côte de manière à couvrir l'ensemble de la surface du plan de cuisson 16.

[0062] Dans cet exemple, les inducteurs 17 sont disposés en quinconce.

[0063] Dans d'autres modes de réalisation, les inducteurs peuvent être disposés selon une répartition en lignes et colonnes, c'est-à-dire selon une disposition en matrice.

[0064] Lorsqu'un récipient est placé sur le plan de cuisson 16, une zone de chauffe Z est formée à partir de la détection des inducteurs 17 recouverts par le récipient.

[0065] Chaque inducteur 17 de la table de cuisson 15 peut ainsi être commandé indépendamment et mis en fonctionnement uniquement lorsqu'un récipient recouvre au moins une partie de cette inducteur.

[0066] La table de cuisson 15 comporte de manière connue, comme à l'exemple de réalisation de la figure 1A, à la fois une carte de contrôle et de commande de puissance adaptée à supporter l'ensemble des moyens électroniques et informatiques nécessaires au contrôle de la table de cuisson 15, et des moyens de commande et d'interface avec l'utilisateur, permettant notamment à l'utilisateur de commander en puissance et en durée le fonctionnement de chaque zone de cuisson Z.

[0067] La structure d'une telle table de cuisson et le montage des inducteurs n'ont pas besoin d'être décrits plus en détail ici.

[0068] On va décrire ci-après en référence à la figure 2 un exemple de réalisation d'un dispositif d'alimentation à onduleur 20, chaque inducteur des foyers de cuisson F1, F2, F3, F4 de la table de cuisson 10 illustrée à la figure 1A ou des zones de chauffe Z de la table de cuisson 15 illustrée à la figure 1B étant alimenté en courant électrique par un dispositif d'alimentation à onduleur 20 identique.

[0069] Dans ce mode de réalisation, le dispositif d'alimentation à onduleur 20 comprend deux éléments de puissance, et par exemple deux transistors commandés en tension du type IGBT (acronyme du terme anglais *Insulated Gate Bipolar Transistor*).

[0070] Dans cet exemple de réalisation, les deux interrupteurs de puissance T1, T2 du type IGBT sont montés en demi-pont.

[0071] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à cette topologie en demi-pont mais peut aussi s'appliquer à une topologie en pont complet de quatre interrupteurs de puissance.

[0072] Dans l'exemple illustré à la figure 2, un inducteur L représente schématiquement la zone de cuisson par induction et peut correspondre à un ou plusieurs bobinages d'inducteur montés en série, constituant ainsi un foyer de cuisson F1, F2, F3, F4 de la table de cuisson 10 illustrée à la figure 1A ou à un des inducteurs 17 de la zone de chauffe Z de la table de cuisson 15 illustrée à la figure 1B.

[0073] Les deux interrupteurs de puissance T1, T2 montés en demi-pont sont pilotés pour générer un courant électrique alternatif dans l'inducteur L, appelé dans la suite courant inducteur I.

[0074] Le dispositif d'alimentation à onduleur 20 avec montage en demi-pont des deux interrupteurs de puissance T1, T2 est classique et est présenté succinctement

ci-après.

[0075] Chaque interrupteur de puissance T1, T2 est monté en parallèle entre son collecteur C et son émetteur E à une diode de roue libre D1, D2 et un condensateur d'aide à la commutation C1, C2.

[0076] Des condensateurs de résonance, C3, C4 sont montés pour constituer un circuit résonnant avec l'inducteur L auquel est associé une résistance R représentant la résistance d'un récipient placé sur un foyer de cuisson, au-dessus de l'inducteur L.

[0077] De manière connue, le pilotage des deux interrupteurs de puissance T1, T2 par un signal de commande à une fréquence donnée F, permet de positionner alternativement les deux interrupteurs de puissance T1, T2 dans un état passant et dans un état bloqué, et de générer ainsi un courant alternatif circulant dans l'inducteur L.

[0078] On génère ainsi un courant induit dans le récipient qui s'échauffe par effet Joule du fait de sa résistance R.

[0079] Le pilotage des interrupteurs de puissance T1, T2 est réalisé à partir de moyens de commande 30 tels qu'illustrés en détail à la figure 3.

[0080] Ainsi, des signaux de commande Com1, Com2 respectivement adressés aux interrupteurs de puissance T1, T2 sont générés par les moyens de commande 30.

[0081] Les moyens de commande 30 comportent dans ce mode de réalisation un contrôleur 31 (également appelé en terminologie anglo-saxonne "Driver"), lui-même commandé par un microprocesseur 32.

[0082] Le microprocesseur 32 commande le contrôleur 31 par un signal de commande périodique ayant une fréquence F.

[0083] Le signal de commande périodique est un signal alternatif entre un état haut et un état bas.

[0084] Dans ce mode de réalisation, le signal de commande périodique est un signal carré de fréquence F tel qu'illustré aux figures 4A et 4B.

[0085] On a illustré ainsi aux figures 4A et 4B, sur le temps t, le fonctionnement alterné des interrupteurs de puissance T1, T2 placés respectivement dans un état passant ON et un état bloqué OFF en fonction du signal de commande périodique à une fréquence F donnée.

[0086] Ainsi, lorsque le signal de commande Com1 du premier interrupteur de puissance T1 adresse un état passant ON au premier interrupteur de puissance T1, le signal de commande Com2 du second interrupteur de puissance T2 adresse un état bloqué OFF au second interrupteur de puissance T2, et vice versa.

[0087] Lorsque le signal de commande périodique de fréquence F bascule d'un état haut à un état bas, les signaux de commande Com1, Com2 sont alternés afin de basculer chaque interrupteur de puissance d'un état passant ON à un état bloqué OFF, et vice versa.

[0088] Le dispositif d'alimentation à onduleur 20 est ainsi commandé par un signal de commande périodique de fréquence donnée F.

[0089] On a illustré à titre d'exemple aux figures 4A et 4B un signal de commande périodique de même fréquen-

ce F mais de rapport cyclique Δ différent : à la figure 4A, le rapport cyclique Δ est égal à 50%, les deux interrupteurs de puissance T1, T2 étant alimentés symétriquement en courant électrique.

[0090] En revanche, à la figure 4B, le rapport cyclique Δ est égal à 30%, le second interrupteur de puissance T2 étant dans ce mode de réalisation maintenu dans un état passant ON pendant 70% de la période du signal de commande périodique de fréquence F et le premier interrupteur de puissance T1 étant maintenu dans un état passant ON pendant 30% de la période du signal de commande périodique de fréquence F.

[0091] En fonction du courant alternatif ainsi généré dans l'inducteur L, une puissance de chauffe est fournie au récipient.

[0092] Comme illustré aux figures 5 et 6, il est possible de faire varier la puissance P délivrée au récipient en modifiant le rapport cyclique du signal de commande périodique de fréquence donnée F_x .

[0093] La variation du rapport cyclique Δ du signal de commande périodique de fréquence donnée F_x est illustrée à la figure 5, entre un rapport cyclique minimal Δ_{min} et un rapport cyclique maximal Δ_{max} .

[0094] A titre d'exemple non limitatif, le rapport cyclique minimal Δ_{min} est compris entre 15 et 25 % et le rapport cyclique maximal Δ_{max} est compris entre 75 et 85 %.

[0095] Pour une fréquence donnée F_x , la puissance P fournie au récipient lorsque le rapport cyclique est différent de 50% est inférieure à la puissance P_x , obtenue pour un rapport cyclique égal à 50%.

[0096] On va décrire à présent le procédé de commande en puissance mis en œuvre dans les moyens de commande 30 du dispositif d'alimentation à onduleur 20.

[0097] Le procédé de commande en puissance comprend tout d'abord une étape de choix d'une fréquence F_x pour le signal de commande périodique parmi un ensemble S de N valeurs de fréquences prédefinies, N étant égal ou supérieur à deux.

[0098] De manière non limitative, les valeurs de fréquences prédefinies de l'ensemble S sont comprises entre 20 et 150 kHz.

[0099] On a illustré à la figure 7 un exemple d'un tel ensemble S de fréquences prédefinies, F_i avec i appartient à $\{1, 2, \dots, 6\}$.

[0100] Les valeurs des fréquences prédefinies F_i sont sélectionnées et mémorisées dans une mémoire associée au microprocesseur 32 de manière à ne pas engendrer de perturbations électromagnétiques sur le réseau général d'alimentation électrique de l'appareil de cuisson à induction.

[0101] A chaque fréquence F_i correspond une puissance de chauffe P_i induite dans un récipient donné.

[0102] De manière connue, plus la valeur de la fréquence F_i est élevée, plus la puissance de chauffe P_i induite dans le récipient est faible, et vice et versa.

[0103] Dans cet exemple, le nombre N de fréquences prédefinies F_i est égal à 6.

[0104] Bien entendu, ce nombre N de fréquences prédefinies peut varier et est typiquement compris entre 2 et 10, et de préférence entre 4 et 8.

[0105] Il est déterminé de manière à couvrir une plage de puissances induites P_i suffisante pour couvrir les puissances de consigne qui peuvent être choisies par l'utilisateur de l'appareil de cuisson à induction.

[0106] L'écart ΔF entre les valeurs de fréquences prédefinies F_i de l'ensemble S est ici supérieur ou égal à 17 kHz.

[0107] L'écart ΔF entre deux valeurs de fréquences adjacentes F_i , F_{i+1} , illustré à la figure 7 par les intervalles ΔF_{12} , ΔF_{23} , ΔF_{34} , ΔF_{45} , ΔF_{56} , peut être identique ou différent.

[0108] L'ensemble S comprend ainsi une suite ordonnée croissante de N valeurs de fréquences prédefinies F_i .

[0109] A tout couple de fréquences prédefinies adjacentes F_i , F_{i+1} de cet ensemble S correspond un couple de valeurs de puissance induite P_i , P_{i+1} dans le récipient lorsque le dispositif d'alimentation à onduleur 20 est commandé par un signal de commande périodique à une de ces deux fréquences prédefinies F_i , F_{i+1} et un rapport cyclique Δ de 50%

[0110] Les fréquences prédefinies F_i sont en outre sélectionnées de manière à ce que pour tout couple de fréquences prédefinies adjacentes F_i , F_{i+1} , il est possible de balayer l'ensemble des valeurs de puissance induite comprises entre les valeurs de puissance induite P_i et P_{i+1} , et ceci en faisant varier uniquement le rapport cyclique Δ du signal de commande périodique à l'une des deux fréquences F_i , F_{i+1} .

[0111] Ainsi, le procédé de commande en puissance comprend une étape d'ajustement d'un rapport cyclique Δ du signal de commande périodique à la fréquence choisie F_x pour obtenir une puissance induite dans le récipient.

[0112] On a illustré à la figure 8 la possibilité de balayer l'ensemble des puissances comprises entre P_1 et P_6 dans cet exemple de réalisation.

[0113] Pour ce faire, pour chaque couple de fréquences prédefinies adjacentes F_i , F_{i+1} , la puissance induite P_{i+1} dans le récipient lorsque le dispositif d'alimentation à onduleur 20 est commandé par un signal de commande périodique à la fréquence la plus élevée F_{i+1} du couple de fréquences et un rapport cyclique de 50 % est supérieure à la puissance induite P_i dans le récipient lorsque le dispositif d'alimentation à onduleur 20 est commandé par un signal de commande périodique à la fréquence la plus basse F_i du couple de fréquences et un rapport cyclique égal à un rapport cyclique minimal Δ_{min} .

[0114] En effet, on notera que les puissances :

$$P_6 (F_6 ; 50\%) \geq P_5 \min (F_5 ; \Delta_{min})$$

$$P_5 (F_5 ; 50\%) \geq P_4 \min (F_4 ; \Delta_{min})$$

$$P_4 (F_4 ; 50\%) \geq P_3 \min (F_3 ; \Delta_{min})$$

$$P_3 (F_3 ; 50\%) \geq P_2 \min (F_2 ; \Delta_{min})$$

$$P_2 (F_2 ; 50\%) \geq P_1 \min (F_1 ; \Delta_{min})$$

[0115] Dans ce mode de réalisation, lors de l'étape d'ajustement, le rapport cyclique Δ est choisi dans un intervalle compris entre un rapport cyclique minimal Δ_{min} et le rapport cyclique de puissance maximale égal à 50%.

[0116] Il est ainsi possible d'obtenir une puissance induite dans le récipient en ajustant le rapport cyclique Δ .

[0117] La variation de la puissance et l'obtention d'une puissance de consigne pourrait également se faire en utilisant un rapport cyclique maximal différent du rapport cyclique de puissance maximale égal à 50%. Toutefois, comme indiqué précédemment en référence à la figure 6, la puissance de chauffe restituée dans le récipient à une fréquence donnée est maximale pour un rapport cyclique Δ égal à 50% et diminue lorsque le rapport cyclique Δ diminue ou augmente.

[0118] Il est ainsi avantageux de faire varier la puissance de chauffe dans le récipient en ajustant le rapport cyclique Δ autour de la valeur de 50%.

[0119] Bien entendu, une étape d'ajustement analogue pourrait être mise en oeuvre en choisissant le rapport cyclique Δ dans un intervalle compris entre le rapport cyclique de puissance maximale égal à 50% et un rapport cyclique maximal Δ_{max} .

[0120] Ainsi, avec ce procédé de commande en puissance, il est possible, en choisissant judicieusement un ensemble S de fréquences prédefinies F_i et en ajustant uniquement le rapport cyclique Δ de fonctionnement du dispositif d'alimentation à onduleur 20 de faire varier la puissance de la valeur P_6 à P_1 sans discontinuité.

[0121] Lorsque la limite de puissance de chauffe qui peut être restituée au récipient est atteinte pour une fréquence donnée du signal de commande périodique, le procédé de commande en puissance choisit une autre fréquence de l'ensemble S et ajuste le rapport cyclique Δ pour obtenir la puissance de consigne demandée pour le récipient.

[0122] Par ailleurs, lorsque les inducteurs de l'appareil de cuisson à induction sont alimentés simultanément en courant alternatif, chacun par un dispositif d'alimentation à onduleur 20 commandé par un signal de commande périodique, la fréquence pour le signal de commande périodique de chaque dispositif d'alimentation à onduleur 20 est choisie parmi le même ensemble S de N valeurs de fréquences prédefinies F_i .

[0123] Ainsi, chaque dispositif d'alimentation à onduleur est indépendant et peut fonctionner simultanément sans générer de perturbations électromagnétiques dès lors que les fréquences prédefinies F_i ont été choisies de manière à ne pas générer perturbations électromagnétiques.

[0124] Ainsi, l'écart ΔF entre deux valeurs d'un couple de fréquences prédefinies adjacentes F_i , F_{i+1} de l'ensemble S est inférieur à une fréquence seuil minimale F_{min} ou supérieur à une fréquence seuil maximale F_{max} , les fréquences comprises entre la fréquence seuil minimale F_{min} et la fréquence seuil maximale F_{max} correspondant à des fréquences audibles pour l'oreille humaine.

[0125] En pratique, la fréquence seuil minimale F_{min} est égale à 2kHz et la fréquence seuil maximale F_{max} est égale à 14 kHz.

[0126] L'ensemble S de fréquences prédefinies F_i est ainsi choisie afin d'éviter l'apparition de bruits audibles et de siflements lorsque des inducteurs de l'appareil de cuisson à induction 10 sont commandés simultanément respectivement par un dispositif d'alimentation à onduleur 20.

[0127] Dans le mode de réalisation décrit ci-dessus, dans lequel l'écart ΔF est égal à 17kHz, on s'affranchit des bruits parasites produits lorsque deux inducteurs fonctionnent simultanément dès lors que les fréquences des signaux de commande périodiques sont choisies dans l'ensemble S de fréquences prédefinies F_i .

[0128] Le procédé de commande de puissance de l'invention permet ainsi d'obtenir une commande simplifiée en puissance d'un ou plusieurs inducteurs en évitant toute perturbation électromagnétique et/ou tout bruit parasite entre des récipients dès lors qu'il est mis en œuvre à partir d'un nombre limité N de fréquences prédefinies, et en faisant varier uniquement le rapport cyclique Δ de ou des signaux de commande périodiques.

[0129] Il est en particulier bien adapté à commander simultanément des inducteurs d'une zone de chauffe dans une table de cuisson dite matricielle, sans foyer de cuisson prédefini dans le plan de cuisson.

30 Revendications

1. Procédé de commande en puissance d'au moins un inducteur (L) recouvert d'un récipient et alimenté en courant alternatif par un dispositif d'alimentation à onduleur (20) commandé par un signal de commande périodique, **caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :**

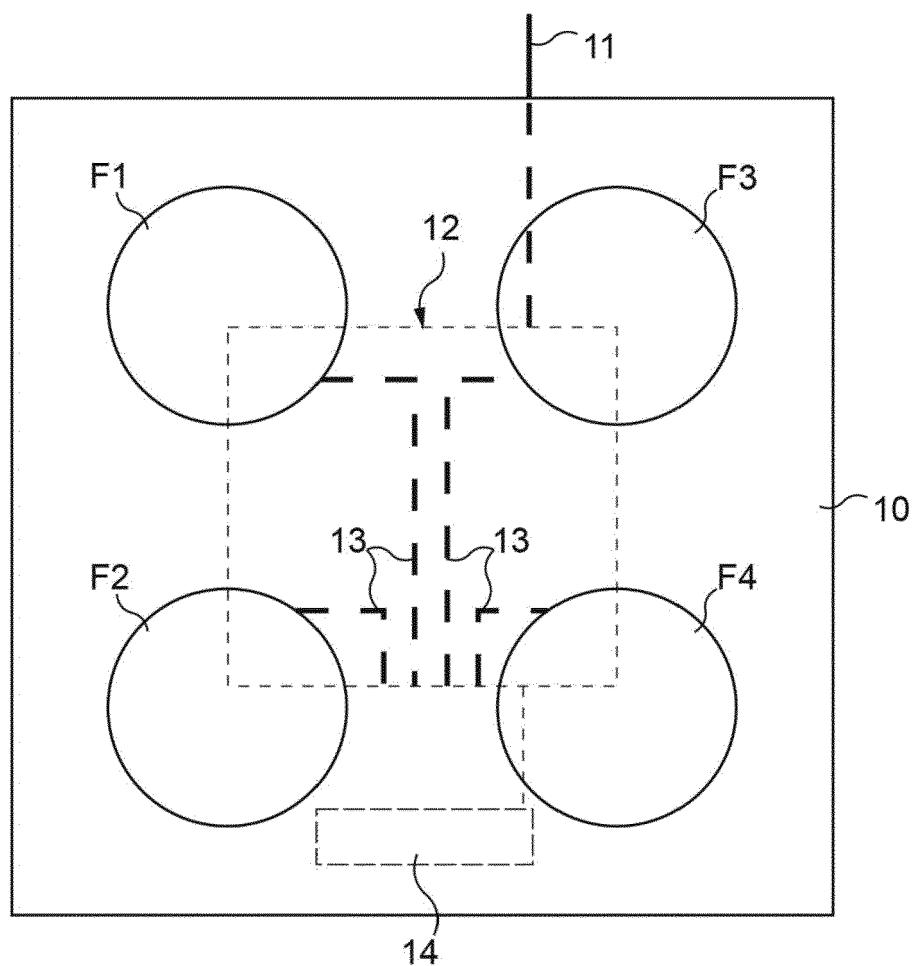
- choix d'une fréquence (F_x) pour le signal de commande périodique parmi un ensemble (S) de N valeurs de fréquences prédefinies (F_i), N étant égal ou supérieur à deux ; et
- ajustement d'un rapport cyclique (Δ) du signal de commande périodique à la fréquence choisie (F_x) pour obtenir une puissance induite (P_x) dans le récipient.

2. Procédé de commande en puissance conforme à la revendication 1, **caractérisé en ce qu'à l'étape d'ajustement, le rapport cyclique (Δ) est choisi dans un intervalle compris entre un rapport cyclique minimal (Δ_{min}) et un rapport cyclique de puissance maximale, le rapport cyclique de puissance maximale étant égal à 50%.**

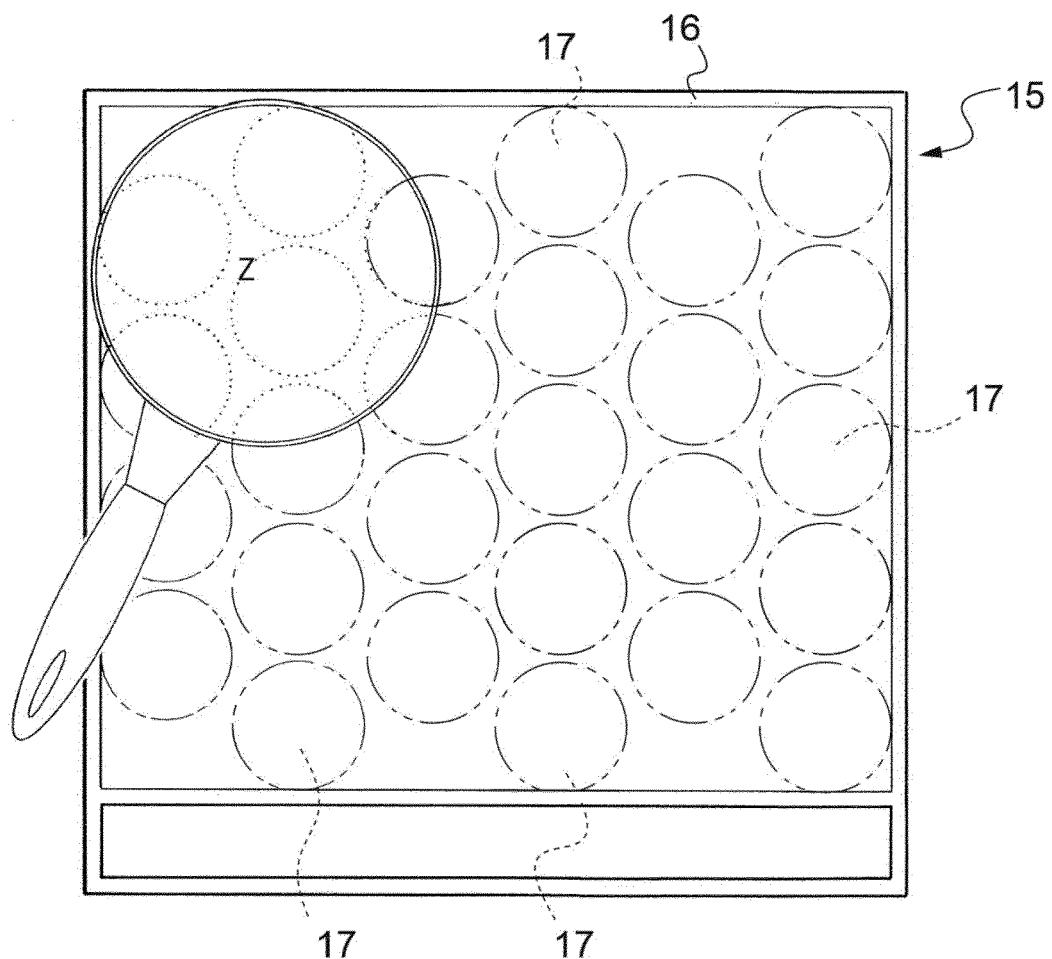
3. Procédé de commande en puissance conforme à la revendication 1, **caractérisé en ce qu'à l'étape d'ajustement, le rapport cyclique (Δ) est choisi dans**

- un intervalle compris entre un rapport cyclique de puissance maximale et un rapport cyclique maximal (Δ_{max}), le rapport cyclique de puissance maximale étant égal à 50%. 5
4. Procédé de commande en puissance conforme à l'une des revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce que** ledit ensemble (S) comprend une suite ordonnée croissante de N valeurs de fréquences prédefinies (Fi), et **en ce qu'à** tout couple de fréquences prédefinies adjacentes (Fi, Fi+1) dudit ensemble (S) correspond un couple de valeurs de puissance induite (Pi, Pi+1) dans le récipient lorsque le dispositif d'alimentation à onduleur (20) est commandé par un signal de commande périodique à une desdites fréquences prédefinies (Fi, Fi+1) dudit couple et un rapport cyclique de 50%, la puissance induite (Pi+1) dans le récipient lorsque le dispositif d'alimentation à onduleur (20) est commandé par un signal de commande périodique à la fréquence la plus élevée (Fi+1) dudit couple de fréquences et un rapport cyclique (Δ) de 50% étant supérieure à la puissance induite (Pi) dans le récipient lorsque le dispositif d'alimentation à onduleur (20) est commandé par un signal de commande périodique à la fréquence la plus basse (Fi) dudit couple de fréquences et un rapport cyclique (Δ) égal au rapport cyclique minimal (Δ_{min}) ou au rapport cyclique maximal (Δ_{max}). 10 15 20 25
5. Procédé de commande en puissance conforme à l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les valeurs de fréquences prédefinies (Fi) dudit ensemble (S) sont comprises entre 20 et 150 kHz. 30
6. Procédé de commande en puissance conforme à l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le nombre N de valeurs de fréquences prédefinies (Fi) est compris entre 2 et 10, et de préférence entre 4 et 8, et préférentiellement égal à 6. 35 40
7. Procédé de commande en puissance conforme à l'une des revendications précédentes, au moins deux inducteurs (L) étant alimentés en courant alternatif respectivement par un dispositif d'alimentation à onduleur (20) commandé par un signal de commande périodique, **caractérisé en ce que** la fréquence (Fx) pour le signal de commande périodique de chaque dispositif d'alimentation à onduleur (20) est choisie parmi un même ensemble (S) de N valeurs de fréquences prédefinies (Fi). 45 50
8. Procédé de commande en puissance conforme à la revendication 7, **caractérisé en ce que** ledit même ensemble (S) comprend une suite ordonnée croissante de N valeurs de fréquences prédefinies (Fi), l'écart (ΔF) entre deux valeurs d'un couple de fréquences prédefinies adjacentes (Fi, Fi+1) dudit même ensemble (S) étant inférieur à une fréquence 55
- seuil minimale (Fmin) ou supérieur à une fréquence seuil maximale (Fmax), les fréquences comprises entre ladite fréquence seuil minimale (Fmin) et ladite fréquence seuil maximale (Fmax) correspondant à des fréquences audibles pour l'oreille humaine.
9. Procédé de commande en puissance conforme à la revendication 8, **caractérisé en ce que** la fréquence seuil minimale (Fmin) est égale à 2kHz et la fréquence seuil maximale (Fmax) est égale à 14 kHz. 10
10. Appareil de cuisson à induction comportant au moins un inducteur (L) alimenté en courant alternatif par un dispositif d'alimentation à onduleur (20) commandé par un signal de commande périodique, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens de commande (30) du dispositif d'alimentation à onduleur (20) adaptés à mettre en œuvre le procédé de commande en puissance conforme à l'une des revendications précédentes. 15 20
11. Appareil de cuisson à induction conforme à la revendication 10, **caractérisé en ce que** le dispositif d'alimentation à onduleur (20) comprend deux interrupteurs de puissance (T1, T2) du type IGBT montés en demi-pont. 25

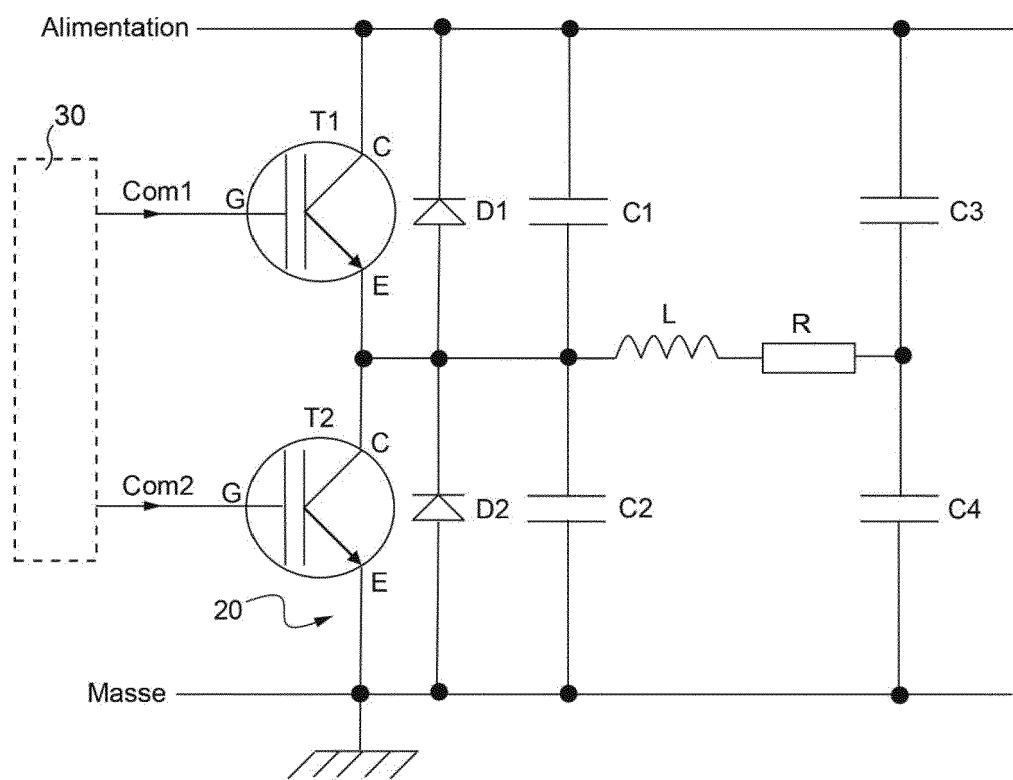
[Fig. 1A]



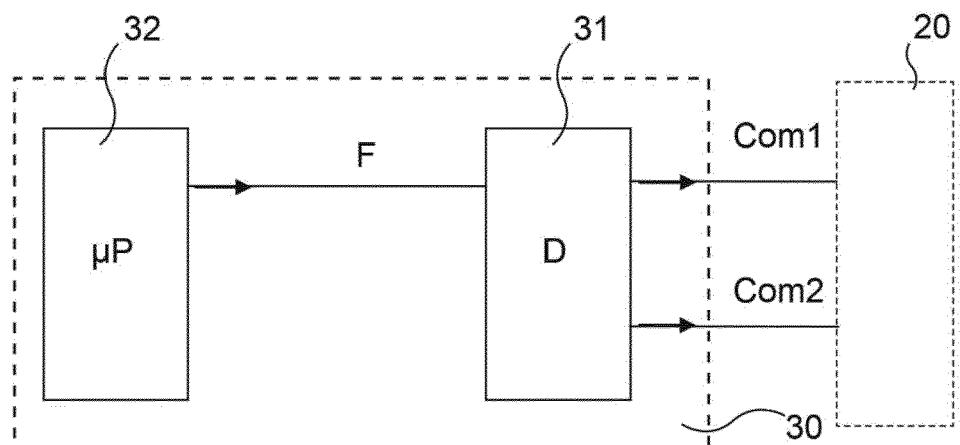
[Fig. 1B]



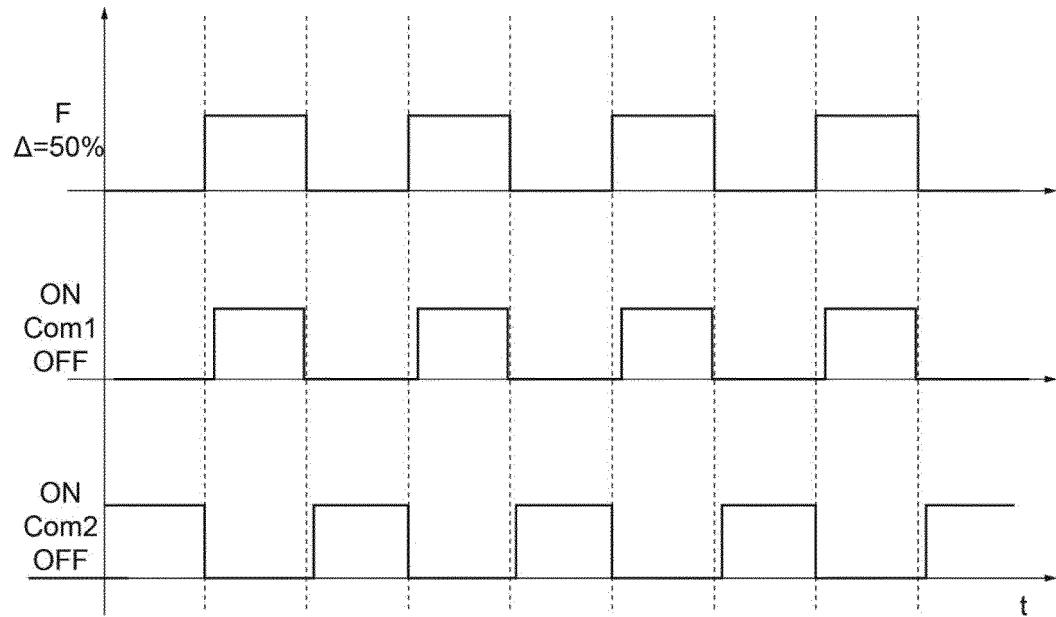
[Fig. 2]



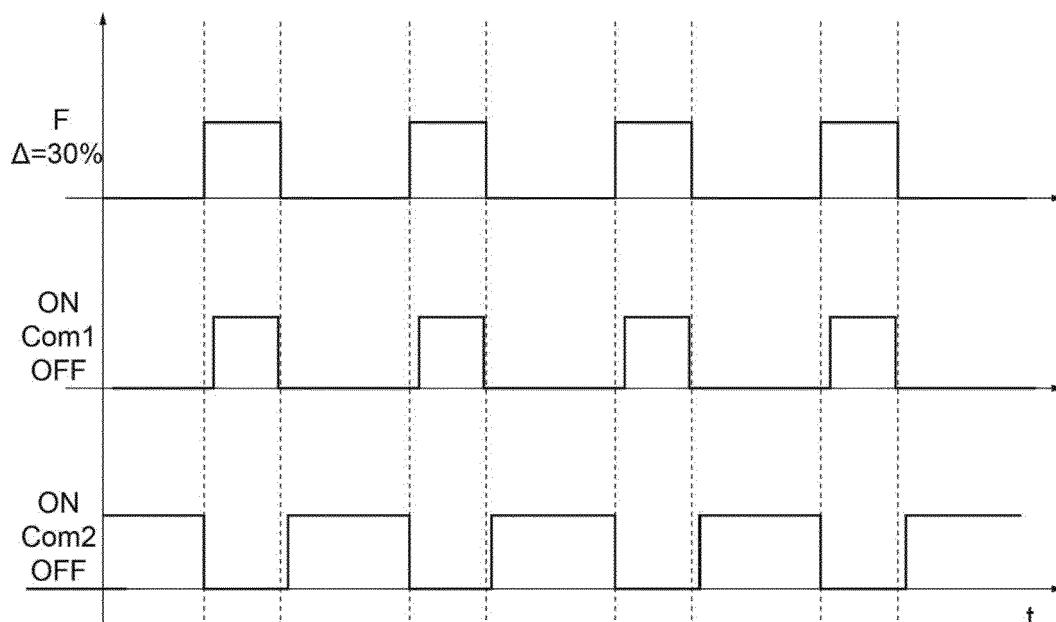
[Fig. 3]



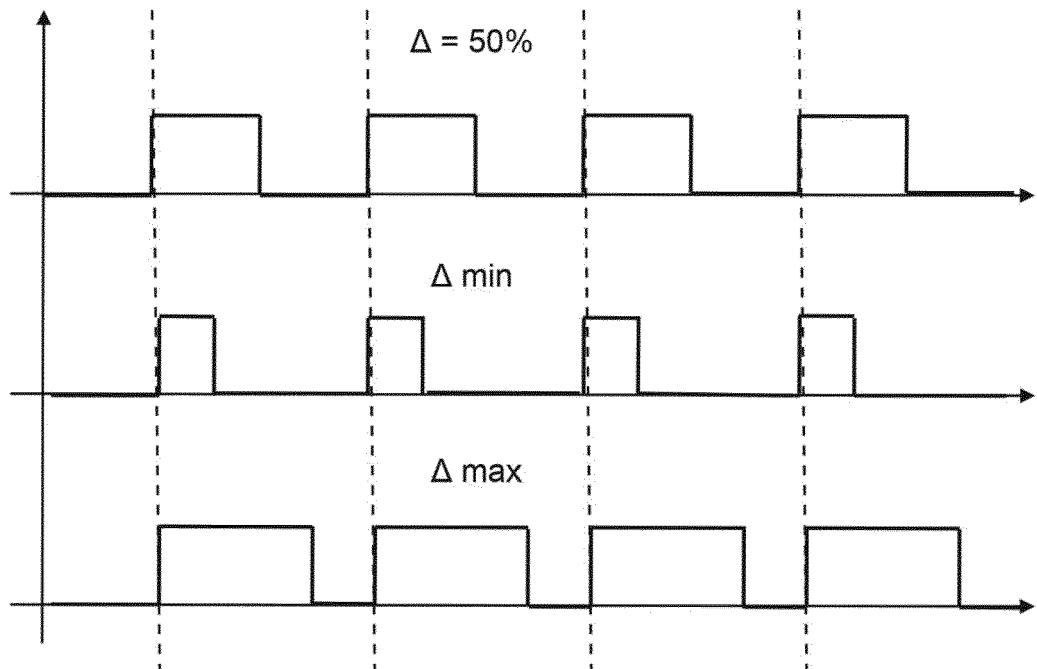
[Fig. 4A]



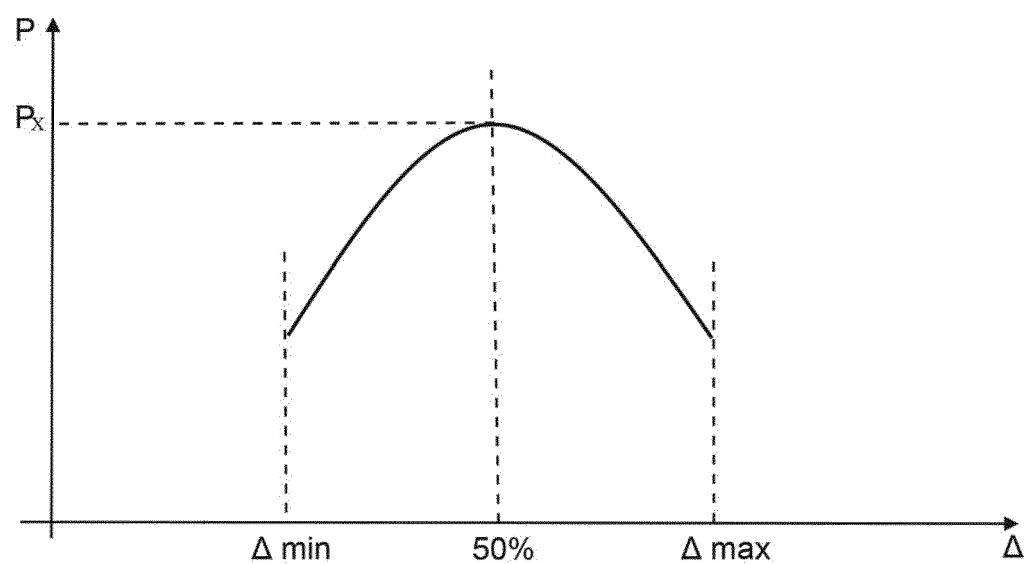
[Fig. 4B]



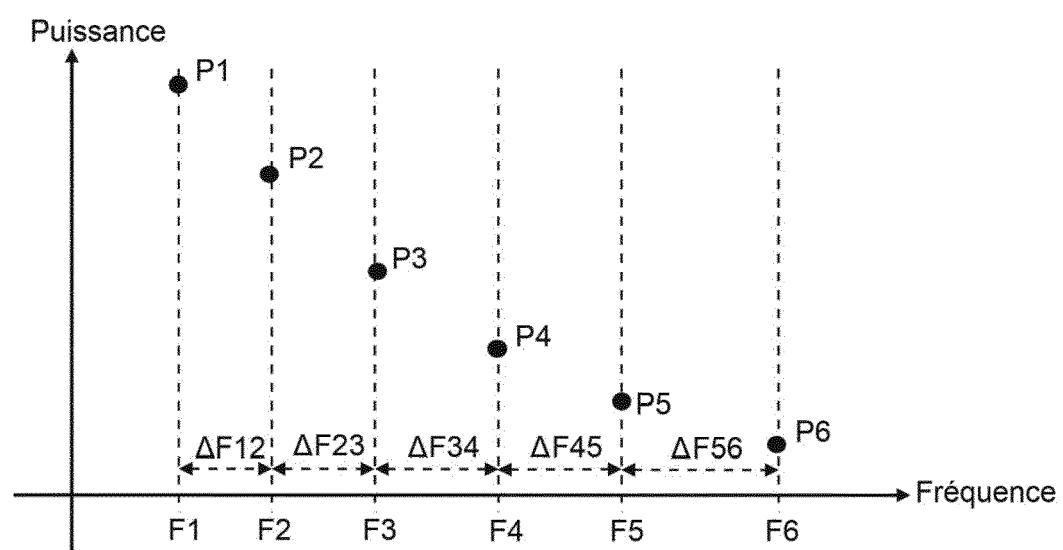
[Fig. 5]



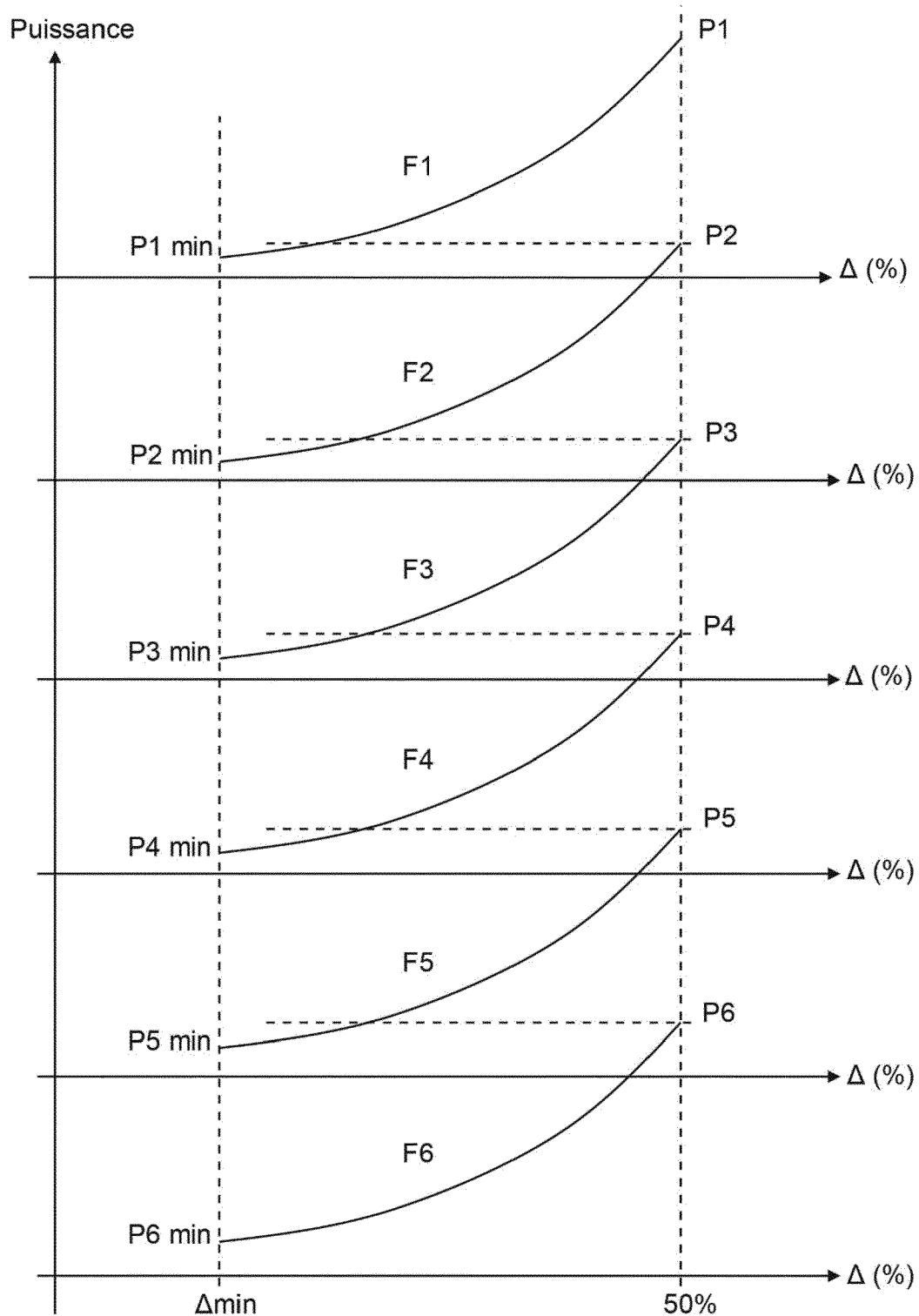
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 20 20 1666

5

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
10	X WO 2015/159353 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; MITSUBISHI ELECTRIC HOME APPL [JP]) 22 octobre 2015 (2015-10-22) * alinéa [0001] * * alinéa [0036] * * alinéa [0043]; figure 7 * * alinéa [0019] - alinéa [0031]; figure 2 * -----	1-11	INV. H05B6/06
15	X JP 3 888132 B2 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 28 février 2007 (2007-02-28) * alinéa [0001] * * alinéa [0007] - alinéa [0008] * * alinéa [0014] - alinéa [0015]; figure 1 * * alinéa [0004]; figure 8 *	1-11	
20	X US 2012/018426 A1 (BROSnan DANIEL [US] ET AL) 26 janvier 2012 (2012-01-26) * alinéa [0001] * * alinéa [0031]; figures 6,8 * * alinéa [0034]; figure 5 * -----	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
25			H05B
30			
35			
40			
45			
50	1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications		
55	Lieu de la recherche Munich	Date d'achèvement de la recherche 25 février 2021	Examinateur Barzic, Florent
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 20 20 1666

5 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.

25-02-2021

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
15	WO 2015159353 A1	22-10-2015	JP 6211175 B2 JP W02015159353 A1 WO 2015159353 A1	11-10-2017 13-04-2017 22-10-2015
20	JP 3888132 B2	28-02-2007	JP 3888132 B2 JP 2003151748 A	28-02-2007 23-05-2003
25	US 2012018426 A1	26-01-2012	AUCUN	
30				
35				
40				
45				
50				
55				

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

- EP 2200398 A [0019]