



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
12.11.2003 Bulletin 2003/46

(51) Int Cl.7: **H05B 6/04, H05B 6/06**

(21) Numéro de dépôt: **03291077.0**

(22) Date de dépôt: **05.05.2003**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK

(30) Priorité: **07.05.2002 FR 0205698
02.05.2003 FR 0305408**

(71) Demandeurs:
• **Elka**
28000 Chartres (FR)
• **Agtech**
69130 Ecully (FR)

(72) Inventeurs:
• **Montloup Didier**
69600 Oullins (FR)
• **Forest François**
34980 St Clement de Rivière (FR)
• **Gaspard Jean-Yves**
69400 Gleize (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet HERRBURGER**
115, Boulevard Haussmann
75008 Paris (FR)

(54) **Module de cuisson électrique à induction et procédé de commande du module**

(57) Module de cuisson électrique à induction comprenant deux inducteurs alimentés chacun par un générateur (onduleur) recevant la tension redressée du réseau électrique.

Chaque inducteur (I1, I2) est formé de deux bobinages indépendants (IND1, IND1' ; IND2, IND2'). Chaque générateur est formé de deux bras (B1, B2). Le point de jonction (Ai) des deux interrupteurs électroniques est un point de branchement relié à un bobinage (IND1) et (IND2) de chacun des deux inducteurs (I1, I2).

A chaque bobinage (INDi) est associé un condensateur de résonance (Ci) formant un ensemble dont l'une des deux bornes est connectée à l'un des bras (Bi) et l'autre borne est connectée à un moyen de commutation (Rli) pour être reliée directement à l'une des bornes de l'alimentation (état direct) ou à la borne homologue de l'autre ensemble du même inducteur (état pont). Les moyens de commutation (Rli) des deux inducteurs (I1, I2) sont couplés pour ne pas prendre le même état en même temps.

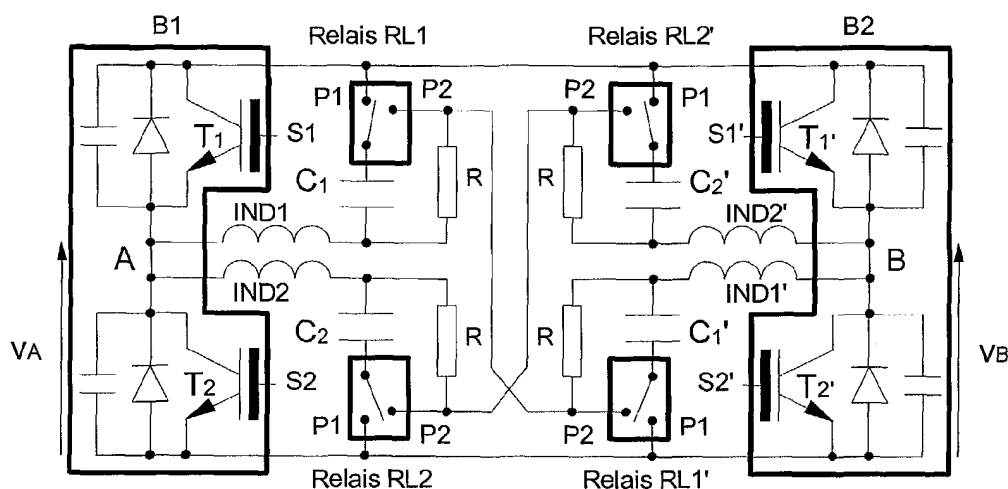


FIG. 7

Description

[0001] La présente invention concerne un module de cuisson électrique à induction comprenant deux inducteurs alimentés chacun par un générateur (onduleur) recevant la tension redressée du réseau électrique.

[0002] L'invention concerne également un procédé de commande d'un tel module.

Etat de l'art - Solutions actuelles

[0003] Les systèmes de cuisson par induction à plusieurs foyers (2 ou 4) présents sur le marché grand public utilisent, pour la plupart, l'architecture de la figure 1A.

[0004] Le module élémentaire est constitué de deux inducteurs I1, I2 et de deux générateurs G1, G2, chacun de ces générateurs alimentant un inducteur et un seul. Pour une plaque de cuisson à 4 foyers, on utilise deux modules. Sur les réseaux monophasés dont les tensions sont supérieures à 200 V (Europe), le générateur électronique indéniablement le plus approprié à l'application est l'onduleur à résonance G de la figure 1B. La résonance est introduite en associant à l'inducteur, de caractère naturellement inductif, des condensateurs, C1 et C2, classiquement de quelques centaines de nF, pour aboutir à une fréquence de fonctionnement nominale d'une vingtaine de kHz, avec les technologies d'inducteurs actuelles dites « pancake ». Le réglage de la puissance fournie à l'inducteur s'opère par variation de la fréquence de commande de l'onduleur.

[0005] Un problème important apparaît lorsque l'on veut réaliser le module comportant deux inducteurs et deux générateurs. Les puissances délivrées par les deux foyers doivent pouvoir être réglées indépendamment. Si l'on applique simultanément des fréquences de commande distinctes aux deux parties de ce module, on fait apparaître, du fait du couplage électrique des deux onduleurs par une ligne d'alimentation continue unique, des phénomènes de battement en fréquence extrêmement gênant pour l'utilisateur et qui doivent être éliminés.

[0006] Deux techniques d'association et de commande sont principalement mises en oeuvre aujourd'hui :

- la première consiste à découpler électriquement les deux générateurs (onduleurs) à l'aide de filtres passifs (inductances et condensateurs),
- la seconde est une option de commande qui conduit à faire fonctionner en alternance les deux générateurs à des fréquences de quelques Hz (figure 2) en synchronisme avec la tension secteur redressée qui alimente classiquement les générateurs. Il existe donc deux fréquences dans le système, la fréquence de fonctionnement propre des onduleurs (>20kHz) et la fréquence à laquelle on autorise cycliquement ce fonctionnement.

[0007] La figure 2 montre dans la ligne du haut la tension appliquée au générateur G1 et dans la ligne du bas la tension appliquée au générateur G2.

[0008] Si l'on envisage l'exemple typique d'un module à deux foyers connecté sur une prise normalisée 230V-16A, on peut théoriquement disposer d'une puissance totale de 3,7kW. Parallèlement, pour bénéficier de performances de cuisson élevées, la tendance est de permettre l'attribution quasi complète de cette puissance à un seul foyer (3kW). Les techniques précédentes nécessitent alors l'utilisation de deux onduleurs de 3kW, soit une électronique installée d'une puissance globale de 6kW, à comparer à la puissance maximale de 3,7kW gérable par le module.

Exposé de l'invention

[0009] La présente invention a pour but de développer un module de cuisson électrique à induction du type correspondant ci-dessus, permettant de mieux utiliser l'électronique et surtout de pouvoir disposer au choix sur l'un ou l'autre des deux foyers dans le cas d'un module à deux foyers, la puissance maximale disponible.

[0010] A cet effet l'invention concerne un module de cuisson par induction du type défini ci-dessus caractérisé en ce que

- chaque inducteur est formé de deux bobinages indépendants,
- chaque générateur est formé de deux bras,
 - * formés chacun de deux interrupteurs électroniques montés en série entre les deux bornes d'alimentation du réseau et le point de jonction des deux interrupteurs électroniques est un point de branchement relié à un bobinage de chacun des deux inducteurs,
 - * à chaque bobinage est associé un condensateur de résonance placé en série formant un ensemble dont
 - l'une des deux bornes est connectée à l'un des bras et
 - l'autre borne est connectée à un moyen de commutation pour être reliée directement à l'une des bornes de l'alimentation (état direct) ou à la borne homologue de l'autre ensemble du même inducteur (état pont),
 - les moyens de commutation des deux inducteurs sont couplés pour ne pas prendre le même état en même temps.

[0011] Le montage du module de cuisson selon l'invention est parfaitement symétrique à un double titre d'abord au niveau de chaque foyer et entre les deux foyers. Cela permet d'une part de réaliser des circuits totalement identiques et interchangeables et d'autre part cela réduit la puissance des deux interrupteurs

électroniques associé à chaque bras d'onduleur. Sur le plan industriel cela se traduit par une économie considérable tant par le coût des composants que pour la fabrication et le stockage. Malgré cela tout foyer peut fonctionner à la puissance maximale.

[0012] Suivant une autre caractéristique intéressante ? les moyens de commutation des deux bobinages d'un même inducteur sont commandés de la même manière, les bobinages (et leur condensateurs de résonance) d'un foyer étant reliés directement à l'une des bornes de l'alimentation et les bobinages (et leur condensateurs de résonance) de l'autre foyer étant montés en pont entre les deux bras d'un même générateur.

[0013] Suivant une autre caractéristique intéressante les deux bras d'un même générateur sont commandée en phase ou en opposition de phase.

[0014] Suivant une autre caractéristique intéressante, le moyen de commutation est muni d'une résistance de passage.

[0015] Dans ce montage, chaque interrupteur électronique est muni d'une diode anti-parallèle et d'un condensateur d'aide à la commutation.

[0016] Dans le module de cuisson, les moyens de commutation sont commandés de la même manière, les deux bobinages associés à leur condensateur de résonance d'un foyer étant chacun relié directement à l'une des deux bornes de l'alimentation et les deux bobinages associés à leur condensateur de résonance de l'autre foyer étant montés en série entre les deux bras (état pont).

[0017] D'une manière particulièrement avantageuse, les deux bras d'un même générateur sont commandés à la même fréquence en phase ou en opposition de phase.

[0018] Suivant une autre caractéristique, le réglage de la puissance du foyer dans l'état direct est effectué par le réglage de la fréquence de découpage et le réglage du foyer dans l'état pont est effectué par le réglage des durées respectives des commandes en phase ou en opposition de phase.

[0019] Pour le fonctionnement, l'état totalement inactif d'un foyer, l'autre étant en fonctionnement, est réalisé en le plaçant dans l'état pont et en maintenant en permanence la commande en phase.

[0020] Enfin de façon générale, les inducteurs d'un foyer peuvent être constitués par 2n bobinages.

Dessins

[0021] La présente invention sera décrite ci-après à l'aide d'un exemple de réalisation représenté dans les dessins annexés ainsi que des schémas expliquant l'art antérieur.

- La figure 1A est un schéma d'un module de cuisson par induction à deux foyers selon l'art antérieur,
- la figure 1B est un schéma d'un générateur élémentaire associé à l'un des inducteurs des foyers de la

figure 1,

- la figure 2 est un diagramme montrant l'alternance de la commande des deux générateurs du module de cuisson de la figure 1 selon l'art antérieur,
- la figure 3 montre le schéma d'un bras d'onduleur associé à un inducteur,
- la figure 4 montre l'état de branchement direct d'un bobinage et de son condensateur de résonance,
- la figure 5 montre l'état de branchement en pont de deux bobinages d'un même inducteur et de leur condensateur de résonance,
- la figure 6 représente la commande des bras en phase et en opposition de phase,
- la figure 7 est un schéma d'un module de cuisson à deux foyers selon un exemple de réalisation de l'invention,
- la figure 8 représente l'une des configurations du schéma de réalisation de la figure 7 dans laquelle l'inducteur I1 est dans l'état direct et l'inducteur I2 est dans l'état pont.

Description des modes de réalisation

[0022] Selon la figure 3, l'inducteur (I1, I2) du module de cuisson est divisé en deux bobinages indépendants dont l'un IND1 est représenté. Ce bobinage IND1 est relié par une borne aux interrupteurs électroniques T1 et T2 d'un des deux bras qui reçoivent les signaux de commande S1 et S2. Ces interrupteurs électroniques comportent en parallèle un condensateur et une diode non référencés. L'autre borne du bobinage est reliée en série au condensateur de résonance C1. En aval du condensateur C1, le montage comporte un commutateur RL1 qui, en position P1 relie directement l'ensemble constitué du bobinage IND1 et du condensateur de résonance C1 à l'une des bornes de l'alimentation ; en position P2 il relie ce même ensemble à la sortie P2 homologue du commutateur de l'autre bobinage associé au même foyer. Il s'agit alors d'un montage en pont et le fonctionnement de ce montage dépend de la différence des tensions délivrées par chacun des deux bras du générateur.

[0023] De façon générale, en utilisant une écriture avec l'indice i, chaque inducteur (Ii) est formé de deux bobinages indépendants (INDi, INDi') et chaque générateur est formé de deux bras (Bi, Bi+1).

[0024] Les bras Bi sont formés chacun de deux interrupteurs électroniques (T1i, T2i) montés en série entre les deux bornes d'alimentation (L1, L2) du réseau et le point de jonction (Ai) des deux interrupteurs électroniques est un point de branchement relié à un bobinage (IND1) et (IND2) (respectivement IND1' et IND2') de chacun des deux inducteurs (I1, I2).

[0025] A chaque bobinage (INDi) est associé un condensateur de résonance (Ci) placé en série formant un ensemble dont

- l'une des deux bornes est connectée à l'un des bras

(Bi) et

- l'autre borne est connectée à un moyen de commutation (R1i) pour être reliée directement à l'une des bornes de l'alimentation (état direct) ou à la borne homologue de l'autre ensemble du même inducteur (état pont).

[0026] Enfin, les moyens de commutation (R1i) des deux inducteurs (I1, I2) sont couplés pour ne pas prendre le même état en même temps.

[0027] La figure 4 montre le premier cas de branchement direct du bobinage IND1 qui peut alors recevoir toute la puissance disponible.

[0028] La figure 5 montre le cas du branchement en pont de deux bras d'onduleur B1 et B2, associés aux deux bobinages IND1, IND1' du même inducteur I1 et à leur condensateur de résonance.

[0029] Le chronogramme de la figure 6 représente la commande des tensions VA, VB soit en phase soit en opposition de phase qui concerne surtout le fonctionnement de l'inducteur monté en pont. Pour une commande en phase les bornes de l'ensemble constitué des deux bobinages et des deux condensateurs de résonance connectés en pont reçoivent les mêmes tensions VA et VB de sorte que la différence de ces deux tensions appliquée à l'ensemble est nulle et qu'il n'est traversé par aucun courant. Les bobinages IND1, IND1' ne fournissent alors aucune énergie au récipient

[0030] Pour une commande en opposition de phase, la différence des deux tensions appliquée à l'ensemble est une tension alternative à la fréquence du signal de commande S (typiquement qqes 10kHz) et les bobinages IND1 et IND1' peuvent fournir de l'énergie au récipient

[0031] La combinaison d'un bras d'onduleur et d'un bobinage d'un foyer permet de réaliser un module de cuisson à deux foyers parfaitement symétriques ce qui est très intéressant pour la réalisation pratique car les interrupteurs électroniques du bras peuvent être dimensionnés pour la moitié de la puissance maximale d'un foyer puisque l'autre moitié de la puissance est fournie par l'autre bras du générateur associé à l'autre bobinage du même inducteur.

[0032] Le principe décrit ci-dessus peut se généraliser à la division de l'inducteur d'un foyer en 2n bobinages indépendants.

[0033] La figure 7 montre le circuit d'un module selon l'invention composé de deux inducteurs ayant chacun deux bobinages (IND1, IND1') et (IND2, IND2') et les bras d'onduleur B1 et B2 installés sur ce montage parfaitement symétrique permettent de fournir toute la puissance à un quelconque des inducteurs. Selon la figure 7, chaque inducteur d'un foyer est divisé en deux bobinages (IND1, IND1') et (IND2, IND2') et un bras d'onduleur qui leur est respectivement associé. Dans cet exemple les commutateurs sont des relais électromécaniques RL1, RL1', RL2, RL2'. En parallèle aux condensateurs de résonance, on a une résistance R pour

permettre d'initialiser correctement les tensions aux bornes du condensateur lors des changements d'état des relais. Le changement de mode de fonctionnement par les relais ne se fait que lorsque les onduleurs sont inactifs c'est-à-dire lorsque les signaux de commande S1, S1', S2, S2' des interrupteurs électroniques sont bloqués. Les deux positions de fonctionnement possible sont données ci-après :

- 10 - RL1, RL1' en position (P1), RL2, RL2' en position (P2) : chaque bobinage de l'inducteur 1 est alimenté indépendamment par chacun des bras à travers les condensateurs de résonance C1 et C1', tandis que les deux bobinages de l'inducteur 2, en série avec C2 et C2', sont alimentés simultanément par la structure en pont constituée des deux bras. La figure 8 fait apparaître plus précisément cette première configuration.
- 15 - RL2, RL2' en position (P1), RL1, RL1' en position (P2) : inversement, chaque bobinage de l'inducteur 2 est maintenant alimenté indépendamment par chacun des bras à travers les condensateurs de résonance C2 et C2', tandis que les deux bobinages de l'inducteur 1, en série avec C1 et C1' sont alimentés simultanément par la structure en pont constituée des deux bras.
- 20
- 25

[0034] A partir de ces configurations de l'étage de puissance, la commande permet ensuite d'obtenir les différents modes de fonctionnement désirés. Pour cela, on définit tout d'abord la notion de maître et d'esclave. L'ensemble inducteur-générateur maître est celui sur lequel l'utilisateur demande la puissance la plus élevée. Il est placé dans la configuration où les deux parties sont alimentées indépendamment (inducteur 1 sur la figure 7).

[0035] La commande des deux bras s'opère alors de la façon suivante : la fréquence des signaux de commande Si est la même (commande synchrone) pour les deux bras et elle est réglée en fonction de la puissance désirée sur l'inducteur maître. Par contre, les deux bras peuvent être commandés soit en phase soit en opposition de phase (figure 6), à l'échelle de la fréquence de découpage ($\geq 20\text{kHz}$).

[0036] A fréquence donnée, la puissance fournie à l'inducteur maître est indépendante du mode en phase ou en opposition de phase, chaque bobinage étant alimenté indépendamment par un bras (tensions VA et VB).

50 **[0037]** Dans le cas de l'inducteur esclave, ses deux bobinages en série avec les condensateurs de résonance sont alimentés par le pont constitué des deux bras, donc par la tension VA - VB. En opposition de phase, cette tension sera un créneau d'amplitude égale à la tension d'alimentation continue des bras et de fréquence égale à la fréquence imposée par le maître. En phase, la tension VA - VB sera nulle. Il suffit alors d'alterner, sur quelques périodes du réseau alternatif, le mode en

phase et le mode en opposition de phase pour régler la puissance sur l'inducteur esclave. A la limite, si l'on veut totalement arrêter ce dernier, on maintient en permanence le mode en phase.

[0038] En résumé, la puissance sur l'inducteur maître est réglée par la fréquence de découpage des bras d'onduleur, la puissance sur l'inducteur esclave par le choix du nombre de périodes réseau sur lequel on autorise le mode en opposition de phase.

[0039] Cette technique présente deux avantages principaux :

- l'électronique (constituée des deux bras) est globalement dimensionnée pour la puissance totale susceptible d'être fournie aux deux inducteurs simultanément, soit 3,7kW,
- il existe une seule fréquence de commande du système, ce qui élimine tout risque de battement de fréquence.

Revendications

1. Module de cuisson électrique à induction comprenant deux inducteurs alimentés chacun par un générateur (onduleur) recevant la tension redressée du réseau électrique,

caractérisé en ce que

- chaque inducteur (I1, I2) est formé de deux bobinages indépendants (IND1, IND1') et (IND2, IND2'),
- chaque générateur est formé de deux bras (B1, B2),

- * formés chacun de deux interrupteurs électroniques (T1i, T2i) montés en série entre les deux bornes d'alimentation (L1, L2) du réseau et le point de jonction (Ai) des deux interrupteurs électroniques est un point de branchement relié à un bobinage (IND1) et (IND2) (respectivement IND1' et IND2') de chacun des deux inducteurs (I1, I2),

- * à chaque bobinage (INDi) est associé un condensateur de résonance (Ci) placé en série formant un ensemble dont

- l'une des deux bornes est connectée à l'un des bras (Bi) et
- l'autre borne est connectée à un moyen de commutation (R1i) pour être reliée directement à l'une des bornes de l'alimentation (état direct) ou à la borne homologue de l'autre ensemble du même inducteur (état pont),
- les moyens de commutation (R1i) des deux inducteurs (I1, I2) sont couplés pour ne pas prendre le même état en même

temps.

2. Module de cuisson électrique selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

le moyen de commutation (R1i) est muni d'une résistance de passage.

3. Module de cuisson électrique selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

chaque interrupteur électronique (T1i, T2i) est muni d'une diode anti-parallèle et d'un condensateur d'aide à la commutation.

4. Module de cuisson électrique selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

les moyens de commutation (RL1, RL1' respectivement RL2, RL2') sont commandés de la même manière, les deux bobinages associés à leur condensateur de résonance d'un foyer étant chacun relié directement à l'une des deux bornes de l'alimentation et les deux bobinages associés à leur condensateur de résonance de l'autre foyer étant montés en série entre les deux bras (état pont).

5. Module de cuisson électrique selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

les deux bras (Bi) d'un même générateur sont commandés à la même fréquence en phase ou en opposition de phase.

6. Module de cuisson électrique selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

le réglage de la puissance du foyer dans l'état direct est effectué par le réglage de la fréquence de découpage et le réglage du foyer dans l'état pont est effectué par le réglage des durées respectives des commandes en phase ou en opposition de phase.

7. Module de cuisson électrique selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

l'état totalement inactif d'un foyer, l'autre étant en fonctionnement, est réalisé en le plaçant dans l'état pont et en maintenant en permanence la commande en phase.

8. Module de cuisson électrique selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

les inducteurs du foyer sont constitués par 2n bobines.

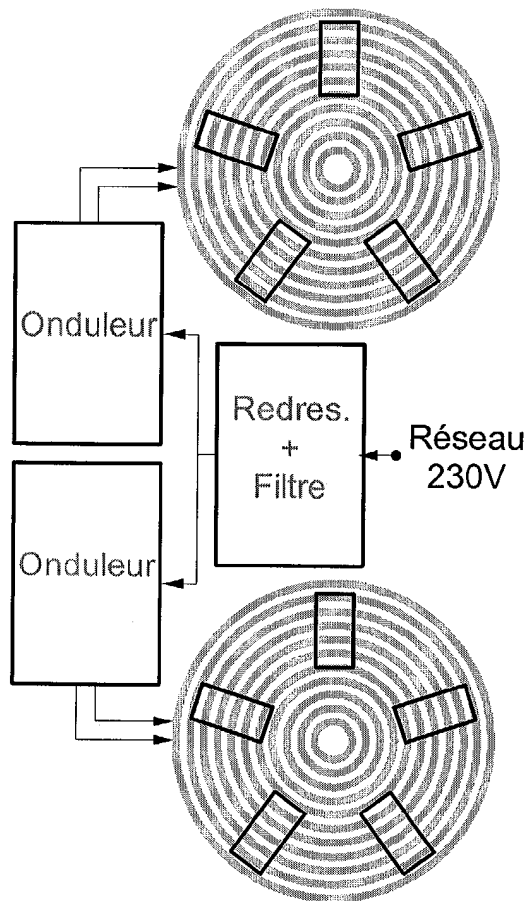


FIG. 1A

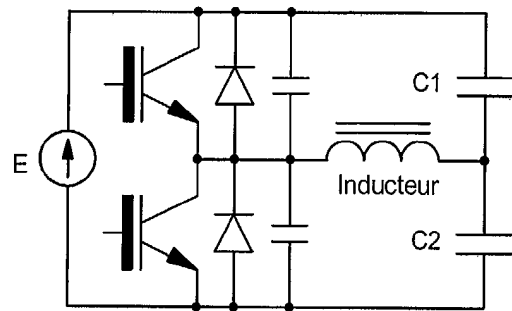


FIG. 1B

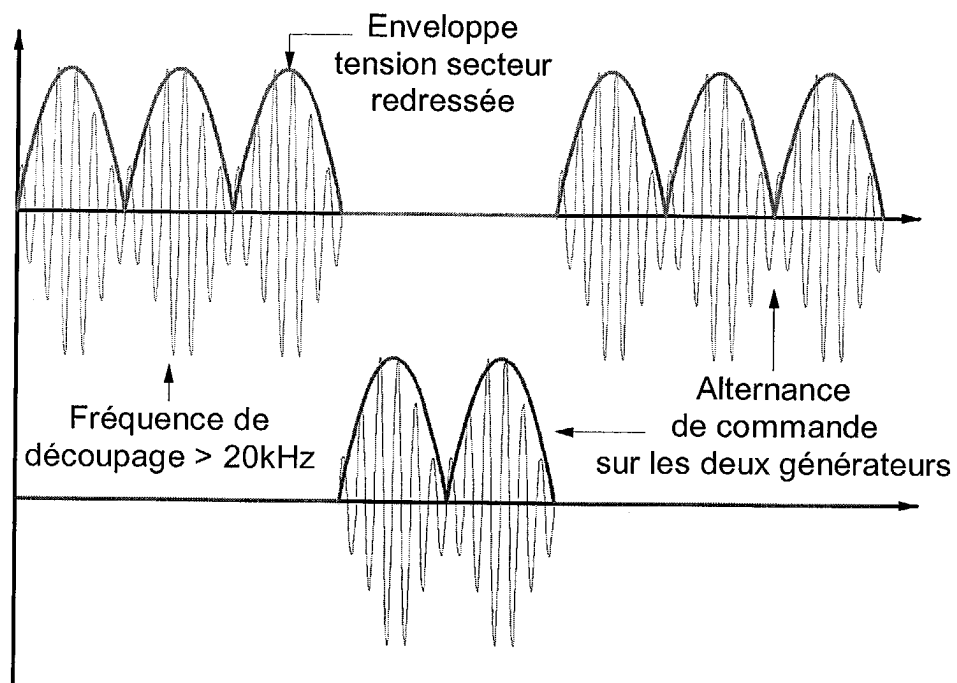


FIG. 2

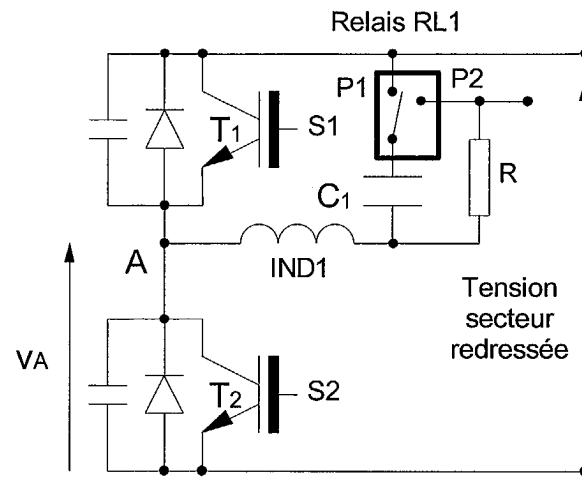


FIG. 3

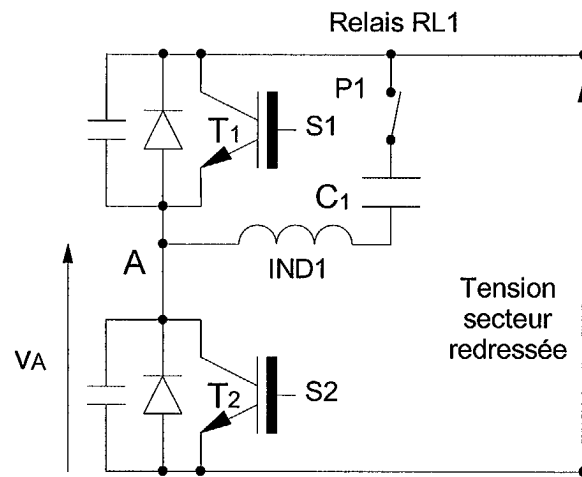


FIG. 4

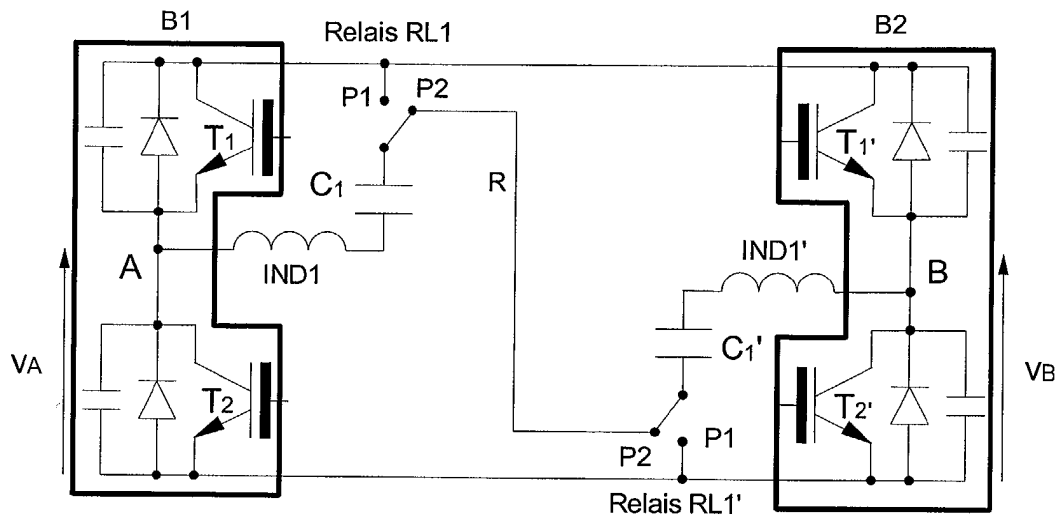


FIG. 5

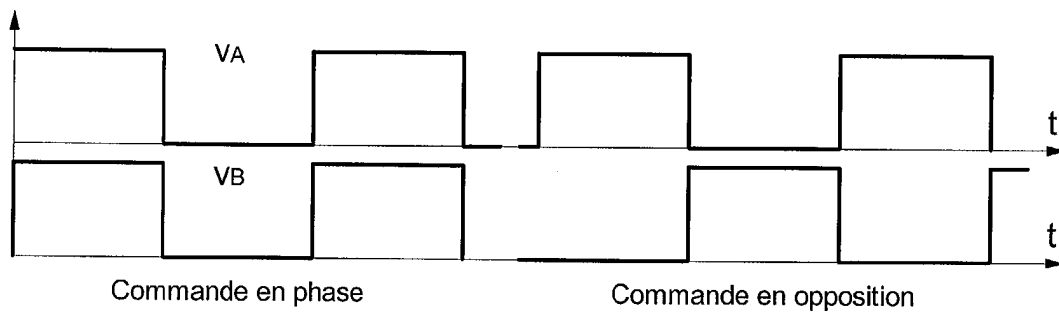


FIG. 6

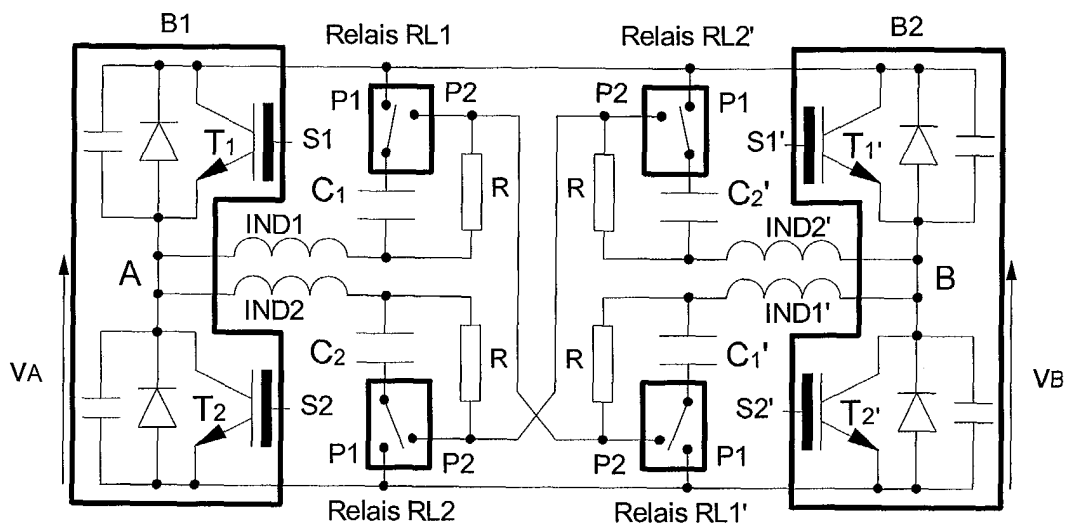


FIG. 7

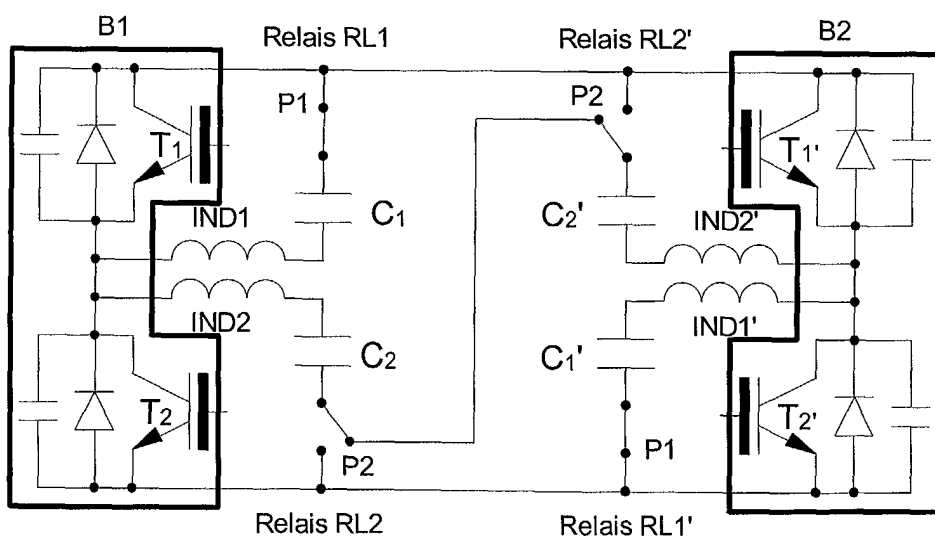


FIG. 8



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 03 29 1077

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
A	GB 2 348 750 A (JAEGER REGULATION) 11 octobre 2000 (2000-10-11) * abrégé * * page 5, ligne 11-28 * * revendications 1-3 * * figures 1-3 *	1-8	H05B6/04 H05B6/06
A	US 4 749 836 A (MATSUO KATSU HARU ET AL) 7 juin 1988 (1988-06-07) * abrégé * * colonne 1, ligne 1-35 * * revendication 1 * * figure 1 *	1-8	
A	DE 197 08 335 A (THOMANN ELECTRONICS AG) 30 octobre 1997 (1997-10-30) * abrégé * * colonne 3, ligne 27-49 * * figures 1,2 *	1-8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7)
			H05B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 15 juillet 2003	Examineur D/L TASSA LAFOR., J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C02)

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

EP 03 29 1077

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.

15-07-2003

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2348750 A	11-10-2000	FR 2792157 A1	13-10-2000
		BE 1013306 A5	06-11-2001
		DE 10017176 A1	18-01-2001
		ES 2173021 A1	01-10-2002
		IT MI20000770 A1	10-10-2001
		NL 1014888 C2	16-10-2000
		US 6528770 B1	04-03-2003
US 4749836 A	07-06-1988	JP 1886999 C	22-11-1994
		JP 6012699 B	16-02-1994
		JP 62126584 A	08-06-1987
		GB 2183941 A , B	10-06-1987
		KR 9002389 B1	13-04-1990
DE 19708335 A	30-10-1997	CH 690891 A5	15-02-2001
		DE 19708335 A1	30-10-1997

EPO FORM P460

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