

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 84400004.2

(51) Int. Cl.³: **H 05 B 6/06**

(22) Date de dépôt: 03.01.84

(30) Priorité: 07.01.83 FR 8300173

(43) Date de publication de la demande:
18.07.84 Bulletin 84/29

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE

(71) Demandeur: **SOCIETE D'APPLICATIONS DE LA
PHYSIQUE MODERNE ET DE L'ELECTRONIQUE
SAPHYMO-STEL**
29, avenue Carnot
F-91301 Massy(FR)

(72) Inventeur: **Thouvenin, Jean-Marie**
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

(74) Mandataire: **Schmolka, Robert et al,**
THOMSON-CSF SCPI 173, Bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08(FR)

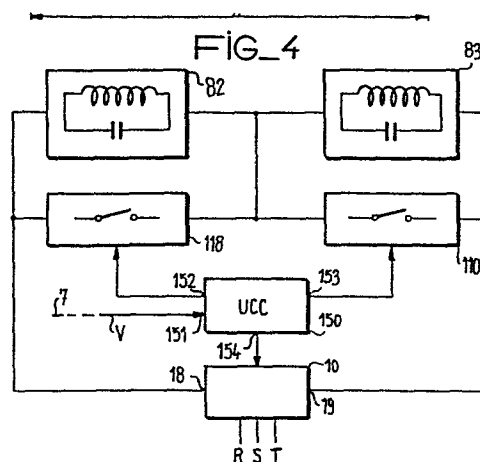
(54) Appareil de chauffage par induction à plusieurs charges oscillantes alimentées par un même onduleur à source de courant.

(57) Appareil de chauffage ou chauffeuse par induction dans lequel plusieurs charges oscillantes sont alimentées par un onduleur à source de courant unique.

Chacune des charges oscillantes (82, 83) comprend un inducteur de chauffage faisant partie d'un circuit résonnant parallèle. Ces charges (82, 83) sont reliées en série entre les bornes de sortie (18, 19) d'un onduleur (10). Elles sont respectivement connectées en parallèle avec des interrupteurs électroniques de puissance (118, 110) qui permettent de réguler par les variations des rapports cycliques d'alimentation respectifs de ces charges (82, 83), la puissance fournie par l'onduleur (10) à chacune d'elles (82, 83), de façon sensiblement indépendante.

Dans des chauffeuses de forge (pour lopins ou billettes) par induction, l'invention permet de réguler la puissance de chauffage en fonction de la vitesse de défilement ou de la température de sortie des pièces.

Dans des chauffeuses de fils ou de câbles, elle permet, en outre, le rattrapage des "bouts morts" au démarrage ou au redémarrage de l'installation après un arrêt.



APPAREIL DE CHAUFFAGE PAR INDUCTION
A PLUSIEURS CHARGES OSCILLANTES
ALIMENTEES PAR UN MEME ONDULEUR
A SOURCE DE COURANT

L'invention concerne des appareils de chauffage ou chauffeuses par induction de produits métalliques en défilement permanent, comprenant plusieurs charges oscillantes dont les inducteurs respectifs sont disposés sur la trajectoire de ces produits et
5 qui sont alimentées par un même onduleur du type à source de courant.

Elle se rapporte, plus particulièrement, à des dispositifs de régulation de la puissance délivrée par un tel onduleur aux charges oscillantes qu'il alimente, constituées chacune par des circuits
10 résonnants parallèles, notamment en fonction d'un paramètre d'exploitation, tel que la température de sortie ou la vitesse de défilement du produit.

Ces produits métalliques peuvent être des fils, des câbles, des barres, des billettes ou des lopins, par exemple. Une telle chauffeuse
15 par induction en défilé peut être destinée à des opérations de traitement thermique, telles que la trempe superficielle ou le recuit, ou de préchauffage pour usinage, telles que le forgeage, l'extrusion, le laminage ou le formage, par exemple, des produits susmentionnés en métaux ou alliages ferreux (acier) ou non-ferreux.
20 Il est parfois nécessaire de disposer plusieurs inducteurs sur la trajectoire du produit, chacun d'eux étant selon l'état de la technique alimenté par son onduleur respectif. On comprendra dans ce qui suit par onduleur à source de courant, un convertisseur continu-alternatif comprenant des thyristors ou redresseurs commandés à conduction unidirectionnelle, connectés, de préférence, en pont (ou demi-pont) dont la diagonale d'entrée est réunie aux pôles de la source de courant continu par l'intermédiaire d'au moins une
25 inductance dite de lissage. La diagonale de sortie de l'onduleur est,

de préférence, réunie ici aux bornes d'au moins un circuit résonnant parallèle, d'où également l'appellation d'onduleur parallèle. Des onduleurs de ce type général sont décrits, par exemple, dans les publications FR-A-1.311.479, 1.482.472, 1.502.490, 1.602.456, 2.001.919 ou 2.228.318, et nécessitent généralement l'emploi de divers circuits et/ou de procédés de démarrage connus en soi, permettant d'atteindre leur fonctionnement normal à la puissance désirée.

Il est connu de connecter plusieurs inducteurs de chauffage en série ou en parallèle dans une charge résonnante alimentée par un onduleur (voir dans la publication FR-A-2.179.697), éventuellement de manière sélective, au moyen d'interrupteurs (voir dans les publications FR-A-2.206.644 ou 2.275.105).

Dans la publication FR-A-2 494 953, on a décrit une installation de chauffage par induction de produits métalliques qui avancent de manière intermittente ou continue, dans le champ magnétique alternatif produit par un inducteur composé de plusieurs bobines solénoïdales reliées en série et disposées en alignement coaxial sur la trajectoire des pièces à chauffer. Le montage série de bobines constituant l'inducteur y est monté en parallèle avec un condensateur pour former un circuit résonnant parallèle unique dont les bornes sont reliées à celles d'un générateur de courant alternatif de moyenne fréquence. L'introduction et l'avancement des pièces dans le champ de l'inducteur y sont assurés au moyen d'un vérin-poussoir fonctionnant en va-et-vient et situé en amont de l'inducteur. Une première bobine de l'inducteur, adjacente au vérin, est normalement destinée à assurer la montée en température des pièces en acier ferritique qui la traversent, de la température ambiante jusqu'au point de Curie (zone magnétique), les bobines suivantes (zone amagnétique) servant à les chauffer jusqu'à la température de forgeage. Cette première bobine est ici shuntée par interrupteur qui permet de la mettre hors circuit sans interrompre la fourniture de courant aux autres bobines de l'inducteur. En aval de la sortie du champ de l'inducteur, la chauffeuse comprend d'une

part, un détecteur de présence d'une pièce chauffée disponible, qui permet d'indiquer l'arrivée et l'enlèvement d'une pièce chauffée et d'autre part, une lunette pyrométrique qui mesure la température de la pièce sortant du four. Lors d'un arrêt de l'avance des pièces dans l'inducteur pouvant être provoqué par le détecteur signalant la présence prolongée de l'une d'elles en sortie, un microprocesseur respectivement couplé au détecteur, à la lunette, au générateur, au dispositif de commande du vérin et à l'interrupteur, peut commander la fermeture de ce dernier pour court-circuiter la première bobine.

Le microprocesseur y est, en outre, considéré capable de permettre la modification du rythme d'alimentation en pièces du four en fonction de celui de leur enlèvement, indiqué par le détecteur, le maintien d'une température de sortie constante à l'aide des indications fournies par la lunette et en agissant sur le générateur, et le pilotage du préchauffage consécutif à chaque redémarrage après arrêt, du fait qu'il lui est possible de stocker en mémoire la puissance fournie par le générateur avant et pendant l'arrêt, la durée de celui-ci et d'effectuer des calculs de l'énergie d'apport nécessaire à l'obtention de la température de forgeage en sortie.

L'interrupteur court-circuitant la première bobine, dont le genre n'a pas été spécifié, y est prévu uniquement pour se fermer au cours d'un arrêt et pour rester ouvert pendant toute la durée de fonctionnement normal de la chauffeuse. Par conséquent, cet interrupteur est susceptible d'être soumis à des contraintes importantes. Par ailleurs, le court-circuit d'une ou de plusieurs bobines d'un montage série de celles-ci, a pour effet de changer l'inductance globale de l'inducteur et, par conséquent, la fréquence de résonance du circuit oscillant dont il fait partie, de façon notable. Ceci impose l'utilisation d'un générateur piloté par la charge qui en détermine la fréquence et lorsque cette dernière est proche de sa valeur limite supérieure (déterminée, par exemple, par le temps de récupération des thyristors), le fonctionnement du générateur à une fréquence plus élevée peut devenir malaisé (réduction de la puissance), sinon impossible. L'énergie de chauffage fournie par l'inducteur tout

entier ou par les bobines restant en circuit après la fermeture de l'inducteur n'est déterminée que par celle fournie par le générateur.

Dans la publication FR-A-2.284.245, on a décrit un appareil de chauffage par induction dans lequel un onduleur à source de tension et à thyristors connectés en demi-pont alimente plusieurs charges constituées par des circuits résonnants série, connectées en parallèle par l'intermédiaire respectif d'interrupteurs électroniques bidirectionnels, composés chacun de deux thyristors connectés tête-bêche (en antiparallèle) ou d'un triac, par exemple. La puissance fournie à chaque charge est réglable par le rapport cyclique de sa connection aux bornes de sortie de l'onduleur, les interrupteurs bidirectionnels étant respectivement commandés à l'aide de signaux rectangulaires de durée variable. Il y est toutefois nécessaire d'arrêter périodiquement l'onduleur pour permettre le blocage simultané de tous les interrupteurs électroniques respectivement en série avec les charges résonnantes, leur enclenchement respectif pouvant être commandé à des instants différents, décalés dans le temps pour permettre d'obtenir des rapports cycliques différents. Comme il n'est pas possible de faire fonctionner un onduleur en pont ou en demi-pont (dont l'un des éléments peut être un diviseur capacitif) sans charge résonnante, l'un des modes de réalisation de l'appareil préconise l'utilisation du signal rectangulaire de durée maximale commandant l'un des interrupteurs pour déterminer la période de fonctionnement de l'onduleur, par l'intermédiaire d'une porte logique "OU" recevant tous les signaux rectangulaires de commande des interrupteurs.

Un tel fonctionnement intermittent n'est pas aisément applicable à des onduleurs du type à source de courant qui présentent des problèmes au démarrage susmentionnés et qui sont avantageusement utilisés avec des charges oscillantes à résonance parallèle que l'on ne peut pas réunir en parallèle sans altérer leur fréquence de résonance. Il est, en outre, impossible de régler indépendamment la puissance fournie à chaque inducteur, lorsque ceux-ci sont connectés en série et shuntés par un condensateur unique pour former un circuit oscillant.

L'appareil de chauffage par induction à plusieurs charges résonnantes parallèles, alimentées par un même onduleur à source de courant, objet de l'invention, permet de faire varier de manière indépendante la puissance fournie par celui-ci à chacun des inducteurs de chauffage.

L'invention a pour objet un appareil de chauffage par induction de produits métalliques en défilement, dans lequel plusieurs charges oscillantes comprenant chacune un inducteur de chauffage connecté en parallèle avec un condensateur, sont alimentées par un onduleur unique du type à source de courant.

Suivant l'invention, ces charges connectées en série entre les bornes de sortie de l'onduleur, sont respectivement connectées, en outre, éventuellement à l'exception de l'une d'elles, en parallèle avec des interrupteurs électroniques à conduction bidirectionnelle, qui peuvent être périodiquement commandés pour être alternativement ouverts et fermés, de telle sorte que la puissance moyenne de chauffage des inducteurs de chaque charge soit déterminée de manière sensiblement indépendante, par le rapport cyclique de son alimentation en courant alternatif par l'onduleur à source de courant en fonctionnement permanent.

L'invention sera mieux comprise et d'autres de ses objets, caractéristiques et avantages ressortiront de la description qui suit et des dessins annexés s'y rapportant, donnés à titre d'exemple, sur lesquels :

- la figure 1 représente le schéma synoptique simplifié d'un appareil de chauffage par induction ayant un onduleur à source de courant de l'état de la technique avec une charge oscillante (LC parallèle) unique ;

- la figure 2 illustre de manière synoptique un appareil dans lequel un onduleur de la figure 1 alimente plusieurs charges oscillantes dont la seconde est régulée en puissance indépendamment de la première, suivant l'invention ;

- les figures 3A à 3D représentent respectivement des diagrammes des formes d'onde de trois courants et d'une tension en divers points du circuit de la figure 2 ;

- la figure 4 illustre un mode de réalisation de l'appareil de chauffage par induction où les deux charges oscillantes qu'alimente l'onduleur sont alimentées périodiquement de manière indépendante ;

5 - les figures 5A et 5B montrent des diagrammes des puissances respectivement consommées par les deux charges oscillantes d'une chauffeuse de forge, en fonction de la vitesse de défilement des billettes ou lopins ;

10 - les figures 6A et 6B montrent des diagrammes analogues dans une chauffeuse de fils ou câbles (recuit) avec rattrapage du bout mort, en fonction de la vitesse de défilement ; et

 - les figures 7A et 7B montrent des diagrammes de l'impédance des interrupteurs de régulation de puissance en fonction du temps, pendant la régulation des deux charges oscillantes en série.

15 La figure 1 est un schéma synoptique d'un appareil de chauffage ou chauffeuse de l'état de la technique, comprenant un onduleur 1 alimenté par l'intermédiaire d'un redresseur 2 à partir du réseau alternatif triphasé.

20 La tension du réseau alternatif triphasé, amené à l'entrée du redresseur 2 par des câbles R, S, T, y est généralement redressée à double alternance à l'aide de diodes ou de redresseurs commandés du type thyristor, de façon à fournir une tension continue fluctuante sur sa sortie. L'une des méthodes de réglage de la tension moyenne de sortie du redresseur 2 bien connue, est constituée, par exemple,
25 par la variation du retard de phase de l'amorçage de thyristors par rapport aux passages par zéro de chaque alternance de la tension-alternative dans chaque phase (appelée "A.C. PHASE CONTROL" dans la littérature anglo-américaine et décrite, par exemple, aux pages 231 à 282 de la 5^{ème} édition de l'ouvrage
30 américain intitulé "SCR MANUAL", édité et publié par la GENERAL ELECTRIC COMPANY en 1977, ou aux pages 88 à 102 de l'ouvrage américain de PEARMAN intitulé "POWER ELECTRONICS", publié en 1980 par RESTON PUBLISHING COMPANY).

Le redresseur à commande de phase peut avantageusement être constitué par un montage à thyristors en "double pont". Les deux ponts d'un tel montage peuvent alors être commandés avec un décalage de phase de 30 degrés électriques, l'un par rapport à l'autre, de façon à réduire les contraintes imposées au réseau d'alimentation. Il peut également comprendre plusieurs ponts associés à chacune des phases, qui sont alors respectivement commandées avec des décalages de phase appropriés.

Cette tension moyenne d'alimentation de l'onduleur 1 détermine par la suite la puissance alternative délivrée par celui-ci à la charge. La commande du déphasage ou du retard de phase (inférieur à π) est effectuée au moyen d'un circuit 3, soit en fonction d'une grandeur de commande affichée à son entrée 30, soit en fonction d'une grandeur électrique T obtenue à l'aide d'un senseur du type transducteur thermo-électrique 4 mesurant la température des pièces 5 qui sortent du champ de l'inducteur de chauffage 6, par exemple, en détectant l'intensité du rayonnement infrarouge qu'ils émettent, ou encore en fonction de la vitesse de défilement des pièces 5 dans le champ de l'inducteur 6 qui peut être donnée sous la forme d'un signal analogique ou numérique V par le dispositif de transfert ou de convoyage des pièces à chauffer 7 alimentant l'appareil.

Pour que la pièce 5 sortante atteigne une température donnée, on peut faire varier soit la vitesse de défilement des pièces 5 dans le champ de l'inducteur 6, soit la puissance que l'on fournit à ce dernier. La vitesse de défilement déterminant le temps de chauffage de la pièce 5, il est évident que lorsque celui-ci varie, la puissance fournie à l'inducteur doit varier en sens inverse de ce temps, c'est-à-dire proportionnellement à la vitesse.

Outre l'inducteur 6, la charge oscillante 8 comprend un condensateur 9 connecté en parallèle avec celui-ci. L'inducteur 6 est représenté ici en série avec une résistance 60 qui symbolise la puissance transférée par induction dans les pièces 5 et les pertes ohmiques propres du circuit oscillant parallèle 6-9 intervenant dans

l'amortissement de celui-ci et concourant à la détermination de son coefficient de surtension Q effectif.

Les pôles (+, -) de sortie du redresseur 2 sont respectivement reliés aux bornes d'entrée 11, 12 de l'onduleur 1 qui comporte quatre
5 thyristors 13, 14, 15 et 16 connectés en pont. La jonction des anodes des thyristors 13 et 14 est reliée à la borne d'entrée positive 11 au moyen d'une inductance de lissage 17 de forte valeur, qui a pour effet de rendre l'onduleur 1 du type à source de courant. Les cathodes des thyristors 15 et 16 sont reliées ensemble à la borne
10 d'entrée négative 12, soit directement, soit au moyen d'une autre inductance de lissage (non représentée).

La jonction de la cathode du thyristor 14 avec l'anode du thyristor 16 est reliée à la borne de sortie 18 de l'onduleur 1 et celle de la cathode du thyristor 13 avec l'anode du thyristor 15, à la borne
15 de sortie 19 de l'onduleur 1.

Les bornes 18 et 19 sont respectivement reliées à celles 80 et 81 de la charge oscillante 8 qui réunit ainsi la diagonale de sortie alternative du pont de thyristors 13, 14, 15, 16.

Afin de réunir la charge 8 aux pôles du redresseur 2, on
20 amorce d'abord simultanément les thyristors 14 et 15, lorsque le courant stocké dans l'inductance de lissage 16 et la tension aux bornes du condensateur d'accord 9 sont suffisants pour assurer à l'onduleur 1 un fonctionnement normal (après le processus de démarrage classique). La charge oscillante 8 commence alors une
25 demi-période d'oscillation durant laquelle la tension aux bornes du condensateur 9 passe par un maximum pour ensuite redescendre à zéro. Quelques dizaines de microsecondes avant le passage par zéro de cette tension, les thyristors 13 et 16 sont amorcés et les thyristors 14 et 15 se bloquent, permettant ainsi la continuation de
30 l'oscillation du circuit de charge oscillante. L'amorçage alterné des deux paires de thyristors 14-15 et 13-16 est respectivement commandé par deux circuits de déclenchement 145 et 136 de deux gâchettes chacun. Ce déclenchement alterné et périodique doit être piloté par la charge oscillante 8 suivant sa fréquence de résonance

propre. A cette fin un circuit de commande 100 de l'onduleur 1 est relié aux bornes de sortie 18, 19, de manière à permettre la détection des passages par zéro de la tension aux bornes du condensateur 9.

5 Il est à noter que l'inducteur 6 peut être composé de plusieurs inducteurs reliés en série ou en parallèle. La répartition entre eux de la puissance fournie par l'onduleur qui dépendra alors des valeurs de l'inductance effective et des coefficients de surtension respectifs de ceux-ci (qui dépendent à leur tour du couplage et des propriétés
10 magnétiques des pièces situées dans les champs des divers inducteurs), n'est pas réglable de manière indépendante.

La figure 2 est le schéma synoptique d'un appareil de chauffage par induction dans lequel deux charges oscillantes 8 et 83 sont connectées en série entre les bornes de sortie 18, 19 d'un onduleur
15 du type à source de courant 1 de la figure 1 et où la puissance fournie à la seconde charge 83 peut être réglée suivant l'invention, de manière indépendante de celle fournie à la première 8.

Les figures 3A, 3B, et 3D sont des diagrammes des formes d'onde des courants en divers points du circuit de la figure 2, tandis que la figure 3C montre la forme d'onde de la tension aux
20 bornes de la seconde charge 83.

Dans l'appareil de la figure 2, la première charge 8 analogue à celle de la figure 1, est alimentée en permanence pendant le fonctionnement de l'onduleur 1. La puissance qu'elle en reçoit est
25 réglée au moyen du dispositif de commande de la phase 32 de l'amorçage des thyristors du redresseur 2, de préférence, en fonction de la vitesse de défilement du produit à chauffer. Toutefois, comme elle est reliée en série avec une seconde charge 83, il peut s'avérer nécessaire de contrôler cette puissance au moyen de la tension
30 alternative présente entre les bornes de son condensateur d'accord 9 à l'aide d'un dispositif de mesure de tension 130 fournissant un signal analogique ou numérique correspondant, qui peut être comparé à une grandeur de consigne choisie notamment en fonction de la vitesse de défilement V (ou de la température T de sortie du produit). Cette

comparaison permet d'engendrer un signal d'erreur au moyen duquel, lorsqu'il est appliqué à l'entrée 33 du dispositif de commande de la phase d'amorçage 32, on peut faire varier la valeur moyenne de la tension continue de sortie du redresseur 2, appliquée aux entrées 11, 12 de l'onduleur 1, en vue d'annuler le signal d'erreur. Dans le cas
5 présent la comparaison est effectuée dans une unité centrale de calcul et de commande 140 qui a ici d'autres fonctions qui sont expliquées plus loin.

La seconde charge oscillante 83 qui comprend un inducteur de chauffage 61 avec sa résistance série 62, connecté en parallèle avec
10 un condensateur 90, est shuntée ici par un interrupteur bidirectionnel commandé 110 comprenant des thyristors 111, 112 connectés tête-bêche, qui a pour effet, lorsqu'il est ouvert, de brancher les deux charges oscillantes 8 et 83 en série entre les bornes de sortie
15 18, 19 de l'onduleur 1 et, lorsqu'il est fermé, de court-circuiter la seconde charge 83 de telle sorte que la seconde borne 81 de la première charge 8 est sensiblement directement réunie à celle 19 de l'onduleur 1. Les deux charges oscillantes 8 et 83 ont de préférence, sensiblement la même fréquence de résonance, afin que l'onde de
20 tension alternative entre les bornes de sortie 18, 19 de l'onduleur 1, qui est utilisée pour son autopilotage, soit sensiblement sinusoïdale. Il est toutefois possible d'admettre une certaine différence entre les fréquences de résonance respectives de ces charges 8 et 83, mais elle doit être limitée à quelques dizaines de pour cent, par exemple,
25 de celle de la charge 8, de telle sorte que le contenu d'harmoniques de l'onde de tension résultante entre les bornes 18 et 19 soit suffisamment réduite, afin qu'entre le début et la fin de chaque période d'oscillation, elle ne comporte qu'un seul passage par zéro intermédiaire.

30 Le courant i_0 fourni par l'onduleur 1 est représenté par la figure 3A. Il a une forme rectangulaire ou trapézoïdale.

Il est en outre nécessaire de synchroniser l'amorçage des thyristors 111, 112 effectuant la fermeture de l'interrupteur 110, avec un passage par zéro de la tension alternative U_{90} représentée

par le diagramme de la figure 3C, prélevée aux bornes du condensateur d'accord 90 de la seconde charge 83, qui est en parallèle avec le second inducteur de chauffage 61. A cette fin, les bornes 84, 85 du condensateur 90 sont reliées à un détecteur de passage par zéro
5 115 qui fournit des impulsions de déclenchement permettant de synchroniser le début des périodes de fermeture de l'interrupteur 110, à l'entrée de commande 116 d'un circuit de commande 114 de l'interrupteur 110. Les sorties de ce circuit 114 fournissent des signaux rectangulaires appliqués entre gâchette et cathode de
10 chaque thyristor 111 et 112, afin de les commander de telle sorte qu'ils soient rendus en même temps alternativement conducteurs et bloqués. Les courants de gâchette i_G qu'ils provoquent sont représentés par le diagramme de la figure 3B.

En général, un tel circuit de commande 114 comporte un
15 générateur d'impulsions périodiques de durée variable en fonction d'une grandeur électrique de commande qui dépend notamment de la vitesse de défilement du produit à chauffer. Un tel générateur peut comprendre en cascade une horloge synchronisée avec l'un des passages par zéro de la tension U_{90} entre les bornes 84 et 85, représentée par le diagramme de la figure 3C (voir à l'instant t_2) et
20 un modulateur de largeur d'impulsion classique, déclenché par cette horloge et commandé, en ce qui concerne la durée des impulsions, à l'aide d'une tension, par exemple, qui correspond à la puissance moyenne désirée. La fréquence de récurrence des impulsions
25 d'horloge est, de préférence, généralement inférieure à la fréquence du réseau, afin de réduire les interférences dues à la commutation, mais la durée d'une période T_F (voir figures 3A à 3D) du fonctionnement alterné de l'interrupteur 110 comprenant un intervalle d'ouverture T_O et un intervalle de fermeture T_S consécutifs, doit
30 être notablement inférieure au temps de séjour d'une section du produit à chauffer dans le champ de l'inducteur 61. Pour des charges oscillantes à fréquence de résonance relativement peu élevée (inférieure à 3 kHz), la fréquence de fonctionnement ($1/T_F$) pourra être choisie inférieure ou égale à 15 Hz. Pour des charges oscil-

lantes à fréquence de résonance plus élevée (de l'ordre de 10 kHz ou plus), la fréquence de fonctionnement pourra être choisie égale ou supérieure à 70 Hz. Le temps de séjour du produit dans le four à induction sera obtenu par le rapport de la longueur de l'inducteur 61 à la vitesse de défilement V du produit.

Il est à remarquer ici que l'ouverture de l'interrupteur 110 par le blocage respectif des thyristors 111 et 112 se produit automatiquement lors du premier passage par zéro du courant de sortie de l'onduleur i_o représenté sur la figure 3A, à l'instant t_1 , qui est immédiatement consécutif à l'instant t_o de l'annulation du courant de gâchette $i_{G111/112}$ (voir figure 3B), obtenue par l'application d'une tension gâchette-cathode négative ou nulle, c'est-à-dire à la fin de chaque signal rectangulaire positif.

On remarquera également que lorsque les signaux rectangulaires de commande des thyristors 111, 112 de l'interrupteur 110 sont transmis au moyen de transformateurs d'impulsion, il est nécessaire d'en découper chacun en un train d'impulsions de durées suffisamment brèves pour que la chute d'amplitude à leur fin ne soit pas notable et avec des intervalles de séparation entre deux impulsions successives du train suffisamment brefs pour éviter des désamorçages intempestifs de ces thyristors.

La puissance fournie à la seconde charge oscillante 83 est donc commandée par le rapport cyclique de son alimentation, c'est-à-dire le rapport T_o/T_F de la durée de la période d'ouverture T_o de l'interrupteur 110 à celle de la période de fonctionnement T_F . La puissance moyenne fournie à la seconde charge 83 est donc le produit de la puissance maximale qu'elle reçoit lors de l'ouverture permanente de l'interrupteur 110 avec ce rapport cyclique.

La puissance nécessaire pour chauffer un produit métallique en défilement dans le champ d'un inducteur dépend de nombreux paramètres, tels que la dimension transversale (section) par rapport à

celle de l'inducteur, qui détermine le couplage, la résistivité du métal ou de l'alliage, ses propriétés magnétiques (perméabilité) et leur variation avec la température (point de Curie) et des cadences de production désirées, c'est-à-dire de la vitesse de défilement.

5 Pour un produit de nature et de dimension transversale données, la puissance nécessaire pour atteindre à partir de la température ambiante, une température de sortie désirée est une fonction variant quasi-linéairement avec la vitesse de défilement. Il convient donc de faire varier le rapport cyclique d'ouverture de l'interrupteur

10 110 en fonction de cette vitesse. Il faut toutefois tenir compte des autres paramètres pour calculer le coefficient de proportionnalité. Ceci est effectué dans l'unité centrale de calcul et de commande 140 qui est avantageusement équipée d'un microprocesseur et de mémoires mortes interchangeables qui sont préalablement pro-

15 grammées en fonction du produit à chauffer et qui, en réponse à des mots d'adresse correspondant à la vitesse de défilement V qui est envoyée sous la forme d'une tension analogique à l'entrée 141, fournit une donnée correspondant à la puissance moyenne nécessaire pour atteindre la température désirée. Pour obtenir la valeur du

20 rapport cyclique d'ouverture de l'interrupteur 110, il faut diviser cette puissance moyenne par la puissance crête effectivement fournie pendant ces périodes d'ouverture T_o . A cette fin, la tension crête (ou efficace) entre les bornes 84 et 85 du condensateur 90 est mesurée pendant les périodes d'ouverture T_o de l'interrupteur au

25 moyen d'un autre dispositif de mesure de tension 120 qui fournit à l'entrée 143 de l'unité centrale de calcul et de commande 140 une grandeur analogique ou numérique permettant de calculer la puissance crête et, à partir de celle-ci (stockée pendant les périodes de fermeture de l'interrupteur 110), le rapport cyclique T_o/T_F néces-

30 saire à l'obtention de la température de sortie désirée en fonction de la vitesse de défilement V . La sortie 145 de l'unité centrale de calcul et de commande 140 fournira alors un signal de commande proportionnel au rapport cyclique calculé, à l'entrée de commande 117 du circuit 114 de façon à commander la durée des signaux

rectangulaires fournis par les sorties de commande des gâchettes des thyristors 111, 112. On obtient ainsi une commande indépendante de la puissance moyenne fournie par l'onduleur 1 à la seconde charge 83. Si la puissance de l'onduleur 1 varie pour une même
5 vitesse de défilement, l'unité centrale de calcul 140 fera varier le rapport cyclique en sens inverse.

Comme il a été mentionné précédemment, la puissance fournie par l'onduleur 1 à la première charge 8 qui est alimentée en permanence, peut être régulée en faisant varier la tension
10 d'alimentation moyenne de l'onduleur 1 par la variation de la phase d'amorçage des thyristors du redresseur triphasé 2 en fonction de la vitesse de défilement V. Ceci est également effectué ici par l'intermédiaire de l'unité centrale de calcul et de commande 140 dont l'entrée 142 est reliée à la sortie du voltmètre 130 et dont la
15 sortie 144 de commande de la puissance globale de l'onduleur 1 est reliée à l'entrée 33 du dispositif de commande 32 de la phase d'amorçage du redresseur 2.

Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, la seconde charge oscillante 83 comporte, en outre, une inductance supplémentaire 63, dite de protection, reliée en série avec le condensateur
20 d'accord 90 entre ses bornes 84 et 86. La valeur de cette inductance 63 est choisie, de préférence, inférieure au dixième de celle de l'inducteur de chauffage 61, pour n'influer que peu sur les autres paramètres de cette charge 83. Elle permet de protéger les thyris-
25 tors 111, 112 contre des taux d'accroissement excessifs de leurs courants anodiques (di/dt), lors de leur amorçage, ainsi que contre la vitesse de montée excessif de leur tension anode-cathode, lors de leur blocage.

Lors de l'amorçage des thyristors, cette inductance de protection 63 forme avec le condensateur 90 un circuit résonnant
30 parallèle dont la fréquence de résonance est notablement supérieure à celle de la charge 83. Pour amortir ce circuit oscillant 63-90 pendant la fermeture de l'interrupteur 110, celui-ci comprend en série avec les thyristors 111, 112 montés tête-bêche, une résistance

d'amortissement 113, de préférence, de faible valeur, afin de limiter la puissance dissipée en pure perte. L'amortissement du circuit oscillant 90-63-113 étant alors donné par la formule $0,5 R_{113} C_{90}/L_{63}$, il sera choisie pour être compris entre 0,25 et 0,60. Le courant i_{110} dans l'interrupteur 110 a été représenté par le diagramme de la figure 3D.

La figure 4 représente le schéma synoptique d'un mode de réalisation de l'appareil de chauffage à plusieurs charges oscillantes connectées en série entre les bornes de sortie d'un onduleur à source de courant, dont chacune est shuntée par un interrupteur commandé pour être alternativement ouvert et fermé, de manière indépendante.

Sur la figure 4, les deux charges oscillantes 82 et 83 (analogues à celle 83 de la figure 2) sont respectivement connectées en parallèle avec deux interrupteurs 118 et 110 (analogues à celui 110 de la figure 2), commandés chacun à partir d'une unité centrale de calcul et de commande 150 de manière semblable à celle décrite précédemment, par exemple, pour faire varier le rapport cyclique de la mise en circuit de chaque charge 82, 83 en fonction de la vitesse de défilement V du produit à chauffer. Les deux charges 82, 83 shuntées par leurs interrupteurs respectifs 118, 110 étant connectées en série entre les bornes de sortie 18, 19 de l'onduleur combiné avec le redresseur 10, il est indispensable que l'une des deux charges soit connectée à l'onduleur 10, lorsque l'autre est court-circuitée par son interrupteur associé. Autrement dit, pour obtenir un fonctionnement permanent de l'onduleur 10, il est interdit de fermer simultanément les deux interrupteurs 110, 118, ce qui mettrait les sorties 18, 19 de l'onduleur 10 en court-circuit. Il est toutefois possible, lorsque l'on désire délivrer une puissance maximale, de maintenir les deux interrupteurs 110, 118 ouverts en permanence. Lorsque l'un 118 des interrupteurs reste constamment ouvert et l'autre 110 est alternativement fermé et ouvert selon un rapport cyclique correspondant à la puissance moyenne désirée, on est ramené au cas de la figure 2 discuté auparavant.

Par conséquent, l'unité centrale de calcul et de commande 150 de la figure 4 doit être agencée de telle sorte qu'elle inhibe la fermeture simultanée des deux interrupteurs 110, 118, ce qui est réalisable au moyen de portes logiques (OU exclusif), par exemple.

5 D'autre part, lorsque la puissance appelée par l'une des charges oscillantes 82, 83 est nulle, la régulation de la puissance délivrée à l'autre charge en régime permanent devra être effectuée à l'aide d'un signal de commande de la phase d'amorçage des redresseurs commandés, délivré par la sortie 154 de cette unité centrale.

10 Il est bien entendu que, lorsque l'onduleur unique à source de courant doit alimenter un nombre n , entier et supérieur à deux, de charges oscillantes connectées en série, chacun des n ou $n - 1$ charges seront shuntées par un interrupteur de puissance à conduction bidirectionnelle, afin de permettre le réglage indépendant de la puissance suivant l'invention.

15 Les figures 5A et 5B sont des diagrammes de la puissance à fournir en fonction de la vitesse V à deux charges oscillantes connectées en série et disposées sur la trajectoire de billettes ou de lopins en acier, dans une chauffeuse de forge par induction, représentée sur la figure 2. Le déplacement des pièces 5 passant par les axes alignés 50 de deux inducteurs solénoïdaux 61, 6 disposés côte à côte, s'effectue de droite à gauche. L'inducteur 61 réalise le préchauffage (jusqu'au point de Curie) et la chauffe du produit jusqu'à la température de forgeage et l'inducteur 6 équipe la section

20 de maintien et d'homogénéisation de la température des billettes ou lopins défilant dans son champ.

25 On voit sur la figure 5A que la puissance P_{83} ou P_C de la section de préchauffage et de chauffe (l'inducteur 61) varie sensiblement linéairement avec la vitesse de défilement V jusqu'à la vitesse maximale $V_{\max}$. La régulation de la puissance P_{83} en fonction de la vitesse V se fait ici par la variation du rapport cyclique de commutation par l'interrupteur 110, c'est-à-dire par la commande du rapport cyclique d'alimentation de la charge 83.

30

Sur la figure 5B, on peut voir, par contre, que la puissance P_g (ou P_{82}) à fournir à la section de maintien (inducteur 6) varie relativement peu avec la vitesse V . Cette puissance varie en effet entre une valeur minimale $P_{M \min}$ pour une vitesse V nulle et une puissance de maintien maximale $P_{M \max}$ pour une vitesse maximale $V_{\max}$ de défilement. La pente de la variation de la puissance P en fonction de la vitesse V étant ici relativement faible, on peut choisir d'alimenter la section de maintien à puissance constante en gardant l'interrupteur (118 de la figure 4) ouvert en permanence ou en l'omettant entièrement (voir charge 8 de la figure 2). Dans ce dernier cas, la puissance alimentant la charge 8 (figure 2) peut être régulée par la variation de la phase d'amorçage au niveau du redresseur 2 (figure 2) en fonction de la vitesse V comme dans le cas d'une charge unique (figure 1). De toute façon à la vitesse maximale $V_{\max}$, l'onduleur 1 (10) peut délivrer aux deux charges 83, 8 (82) la puissance maximale (déphasage nul) et l'interrupteur unique 110 ou les deux interrupteurs 110 et 118 resteront ouverts en permanence. En général, la puissance maximale $P_{M \max}$ de la section de maintien (8, 82) sera de l'ordre du quart de la puissance maximale $P_{C \max}$ de la section de chauffe (83).

Les figures 6A et 6B montrent respectivement des diagrammes des variations de la puissance appliquée en fonction de la vitesse de défilement à deux sections (charges) d'un appareil de chauffage d'un fil métallique (ou d'un câble) en vue de son recuit, par exemple, agencé selon le schéma synoptique de la figure 4.

La figure 6A illustre l'évolution théorique de la puissance appliquée à la charge 82 (de la figure 4) qui sert uniquement au démarrage de l'appareil de recuit par induction pour le rattrapage des longueurs de câble ou de fil qui n'ont pas été chauffées par la section de chauffage constituée par la charge 83 (de la figure 4). Elle est généralement appelée section de rattrapage du "bout mort" et elle est située en aval de la section de chauffage dont la puissance varie selon le diagramme de la figure 6B.

La puissance maximale qui est fournie à la section de rattrapage (P_{Rmax}) est généralement inférieure ou égale au sixième de la puissance maximale fournie à la section de chauffage (P_{Cmax}).

5 Sur les diagrammes des figures 6A et 6B, on voit que la puissance P_R (P_{82}) appliquée à la section de rattrapage (82 de la figure 4) augmente linéairement avec la vitesse à partir d'une vitesse nulle jusqu'à une vitesse V_0 pour y atteindre sa valeur maximale P_{Rmax} , tandis que celle P_C de la section de chauffage (83 de figure 4) reste nulle entre $V = 0$ et $V = V_0$. La régulation de la
10 puissance de rattrapage P_R dans cette gamme de vitesses est effectuée uniquement par le déphasage de l'amorçage du redresseur (2, figure 2), l'interrupteur 118 (figure 4) restant ouvert en permanence afin que la sortie de l'onduleur 10 soit chargée par un circuit oscillant 82 et l'interrupteur 110 restant fermé pour court-circuiter
15 la section de chauffage (83).

A partir de la vitesse V_0 , la charge oscillante 83 de la section de chauffage reçoit une puissance linéairement croissante avec la vitesse V dont la croissance est déterminée par celle du rapport cyclique de l'interrupteur 110, tandis que la charge 82 de la section
20 de rattrapage qui reste alimentée en permanence reçoit une puissance linéairement décroissante avec la vitesse.

La puissance fournie à la charge de rattrapage 82 qui décroît linéairement est régulée par le déphasage de l'amorçage du redresseur (2, figure 2), jusqu'à une vitesse V_1 (supérieure à V_0).

25 A partir de la vitesse V_1 et jusqu'à une vitesse V_2 supérieure à V_1 , la régulation des puissances respectivement appliquées aux charges de rattrapage 82, qui décroît, et de chauffage 83, qui croît sensiblement linéairement avec la vitesse de défilement V jusqu'à une valeur P_{C2} à la vitesse V_2 , est effectuée par la variation du
30 rapport cyclique de leur alimentation respective en courant alternatif à partir de l'onduleur 10 fonctionnant en régime permanent.

Du fait qu'entre les vitesses V_0 et V_1 , la puissance de chauffage a été régulée par le rapport cyclique de l'alimentation de la charge 83, à l'aide de l'interrupteur 110 shuntant l'inducteur de

chauffage et la puissance de rattrapage a été réglée par la diminution de la tension moyenne d'alimentation de l'onduleur 10, c'est-à-dire l'augmentation du retard de phase de l'amorçage des thyristors-redresseurs, sans aucune fermeture de l'interrupteur 118
5 shuntant la charge de rattrapage 80, la durée de l'ouverture de l'interrupteur 110 a augmenté suffisamment (pour compenser la diminution de la tension d'alimentation de l'onduleur 10) pour qu'à partir de la vitesse V_1 , la somme des durées d'ouverture respectives des deux interrupteurs 110, 118 soit supérieure ou au moins égale à
10 leur période de fonctionnement commune (T_F , figures 3A à 3D). On peut obtenir ainsi, en synchronisant le début de chaque intervalle d'ouverture de l'interrupteur de rattrapage 118 avec la fin de celui de l'interrupteur de chauffage 110, que les bornes de sortie 17, 18 de l'onduleur 10 soient interconnectées en permanence par
15 l'intermédiaire d'au moins une charge oscillante (82 ou 83). La puissance de chauffage P_C ayant déjà été réglée antérieurement à l'instant où la vitesse V_1 a été atteinte, par un accroissement du rapport cyclique d'ouverture de l'interrupteur 110, une telle synchronisation implique un intervalle au cours duquel les deux charges
20 oscillantes 80 et 83 sont connectées en série. Cet intervalle sera appelé intervalle de recouvrement T_R et il est illustré sur les figures 7A et 7B représentant respectivement des diagrammes des impédances des deux interrupteurs Z_{110} et Z_{118} en fonction du temps.

25 On voit sur la figure 7A, qu'à l'instant t_1 de la fin de l'intervalle d'ouverture de l'interrupteur 110 son impédance Z_{110} devient nulle. Du fait de la synchronisation susmentionnée, à ce même instant, l'interrupteur 118 s'ouvre et son impédance Z_{118} , représentée sur la figure 7B, prend une valeur très élevée par rapport à celle de la charge 82 qu'il shunte. A l'instant t_2 ,
30 l'interrupteur 110 est réouvert, tandis que l'interrupteur 118 reste ouvert jusqu'à l'instant t_3 , indiquant qu'au cours de l'intervalle de recouvrement T_R compris entre t_2 et t_3 , les deux charges 82 et 83 sont alimentées en série. A l'instant t_3 , l'interrupteur 118 se

referme en court-circuitant la charge de rattrapage 82 et il reste fermé jusqu'à l'instant t_4 de fermeture de l'interrupteur 110.

Comme représenté sur les figures 6A et 6B, entre les vitesses de défilement V_1 et V_2 , la durée de l'ouverture de l'interrupteur 110
5 augmente linéairement avec l'augmentation de la vitesse V , tandis que celle de l'interrupteur 118 diminue. Lorsque la vitesse V_2 est atteinte, la durée d'ouverture T_{o110} de l'interrupteur 110 devient égale à la période de fonctionnement T_F , tandis que celle T_{o118} de l'interrupteur 118 devient nulle. Autrement dit, la charge
10 de chauffage 83 est dès lors alimenté en permanence, tandis que la charge de rattrapage 82 reste court-circuitée.

A partir de la vitesse V_2 (puissance P_{C2}) et jusqu'à la vitesse maximale V_{max} , la régulation de la puissance de chauffage P_C fournie à la charge oscillante 83 est effectuée avec une pente plus
15 raide, uniquement par la diminution progressive du retard d'amorçage des thyristors du redresseur triphasé jusqu'à un déphasage nul qui correspond à une tension moyenne d'alimentation maximale de l'onduleur et, par conséquent, à une puissance de chauffage maximale P_{Cmax} , représentée sur la figure 6B.

Toute la gestion de ces différents modes de régulation et les passages de l'un à l'autre en fonction de la vitesse de défilement du fil ou du câble à recuire par induction, est effectuée au moyen de
20 l'unité centrale de calcul et de commande 150 (figure 4) qui peut être réalisée avantageusement à l'aide d'un microprocesseur ou d'un automate programmable.

Le principal avantage de l'invention est de permettre d'adapter aisément le chauffage aux cadences de production désirées, ainsi qu'à des produits de matériaux et de dimensions différentes.

L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et d'exploitation décrits et illustrés, donnés à titre d'exemple illustratif, mais s'applique à d'autres appareils de chauffage par induction à onduleur du type source de courant devant alimenter plusieurs
30 charges oscillantes dont chacune doit fournir une puissance de chauffage variable de manière indépendante.

REVENDICATIONS

1. Appareil de chauffage par induction de produits métalliques en défilement, dans lequel plusieurs charges oscillantes (8, 83, 82) comprenant chacune un inducteur de chauffage (6, 61) connecté en parallèle avec un condensateur (9, 90), sont alimentées par un

5. onduleur unique (1, 10) du type à source de courant, caractérisé en ce que ces charges (8, 83, 82) connectées en série entre les bornes de sortie (17, 18) de l'onduleur (1, 10), sont respectivement connectées, en outre, éventuellement à l'exception de l'une (8) d'elles, en parallèle avec des interrupteurs électroniques à conduction

10 bidirectionnelle (110, 118), qui peuvent être périodiquement commandées pour être alternativement ouverts et fermés, de telle sorte que la puissance moyenne de chauffage des inducteurs (6, 61) de chaque charge (8, 83, 82) soit déterminée de manière sensiblement indépendante, par le rapport cyclique de son alimentation en courant

15 alternatif par l'onduleur (1, 10) à source de courant en fonctionnement permanent.

2. Appareil de chauffage par induction suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le rapport cyclique déterminant la puissance de chauffage moyenne de l'inducteur (61) de chaque charge

20 (83, 82) shuntée par un interrupteur (110, 118), est élaboré en fonction de la vitesse de défilement ou de la température de sortie du produit, à l'aide d'une unité centrale de calcul et de commande (140, 150).

3. Appareil de chauffage par induction suivant la revendication 2, caractérisé en ce que la puissance de chauffage de celle (8) des charges (8, 80, 83) dont l'interrupteur (110, 118) parallèle est ouvert en permanence ou qui en est dépourvue, est réglée en fonction de la vitesse ou de la température précitées, par le retard de phase de l'amorçage des redresseurs commandés par rapport aux passages par

25 zéro des alternances de la tension du réseau, à partir de l'unité central de calcul et de commande (140, 150), de façon à faire varier la tension d'alimentation moyenne de l'onduleur (1, 10).

30

4. Appareil de chauffage par induction suivant la revendication 3, caractérisé en ce que les deux modes de régulation des puissances délivrées par la variation du rapport cyclique d'alimentation des charges (82, 83) au moyen des interrupteurs parallèles (110, 118) et par la variation de la tension moyenne d'alimentation de l'onduleur (1, 10) sont respectivement commandés par l'unité centrale de calcul et de commande (140, 150) et utilisés de manière combinée.

5. Appareil de chauffage par induction suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque interrupteur électronique commandé à conduction bidirectionnelle (110, 118) comprend deux thyristors (111, 112) connectés en anti-parallèle en ce qui concerne leurs trajets anode-cathode respectifs (tête-bêche).

6. Appareil de chauffage par induction suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chacune des charges oscillantes (83, 82) connectées en parallèle avec un interrupteur (110, 118) comprend, en outre, une inductance de protection (63) de celui-ci, formant avec le condensateur d'accord (90) un montage série (90, 63) qui est connecté en parallèle avec l'inducteur de chauffage (61) de la charge (83) et qui forme, avec ce condensateur (90), lors de la fermeture de l'interrupteur (110, 118), un circuit oscillant.

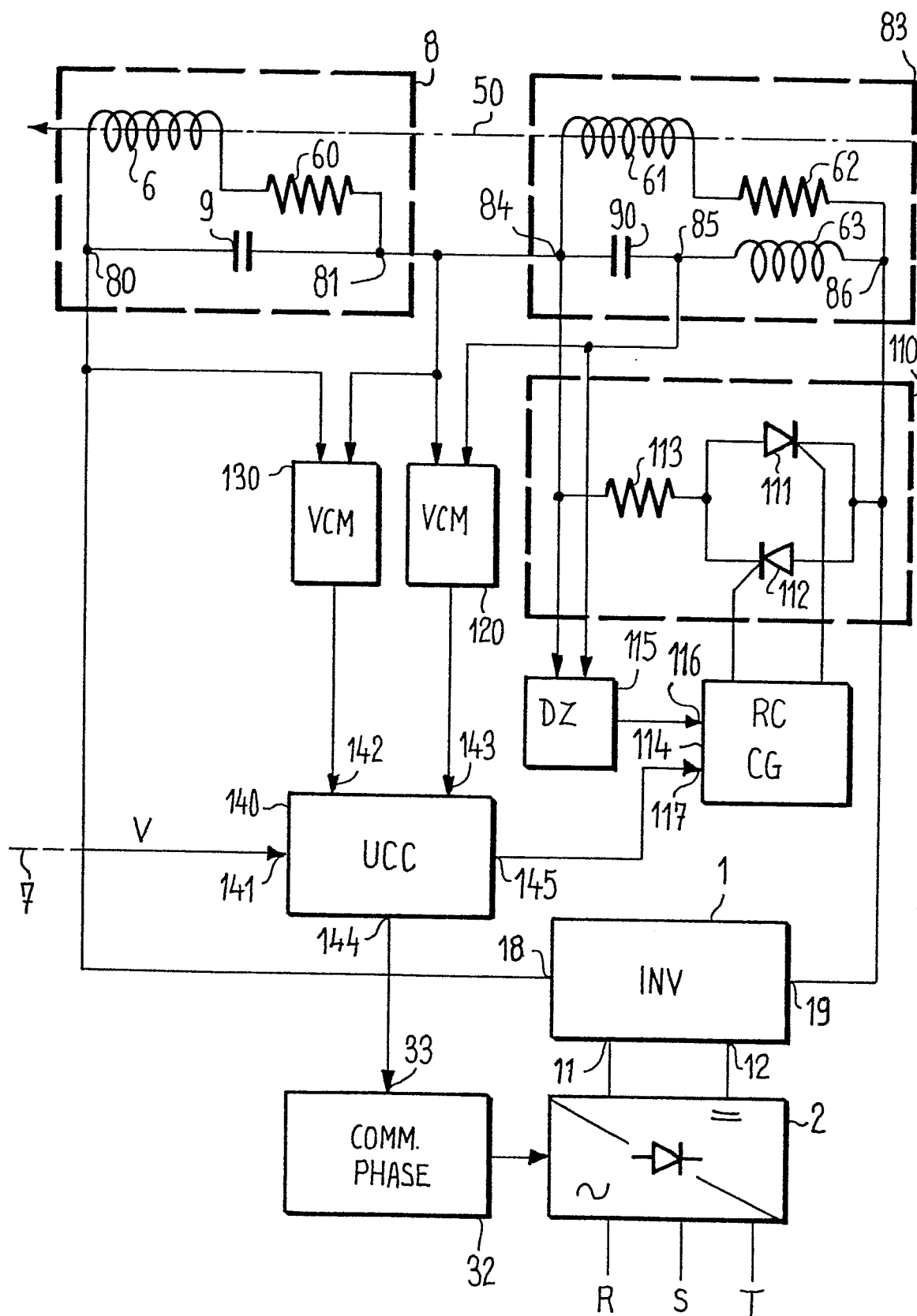
7. Appareil de chauffage par induction suivant la revendication 6, caractérisé en ce que l'inductance de protection (63) présente une valeur inférieure ou égale au dixième de celle de l'inducteur de chauffage (61) auquel elle est associée.

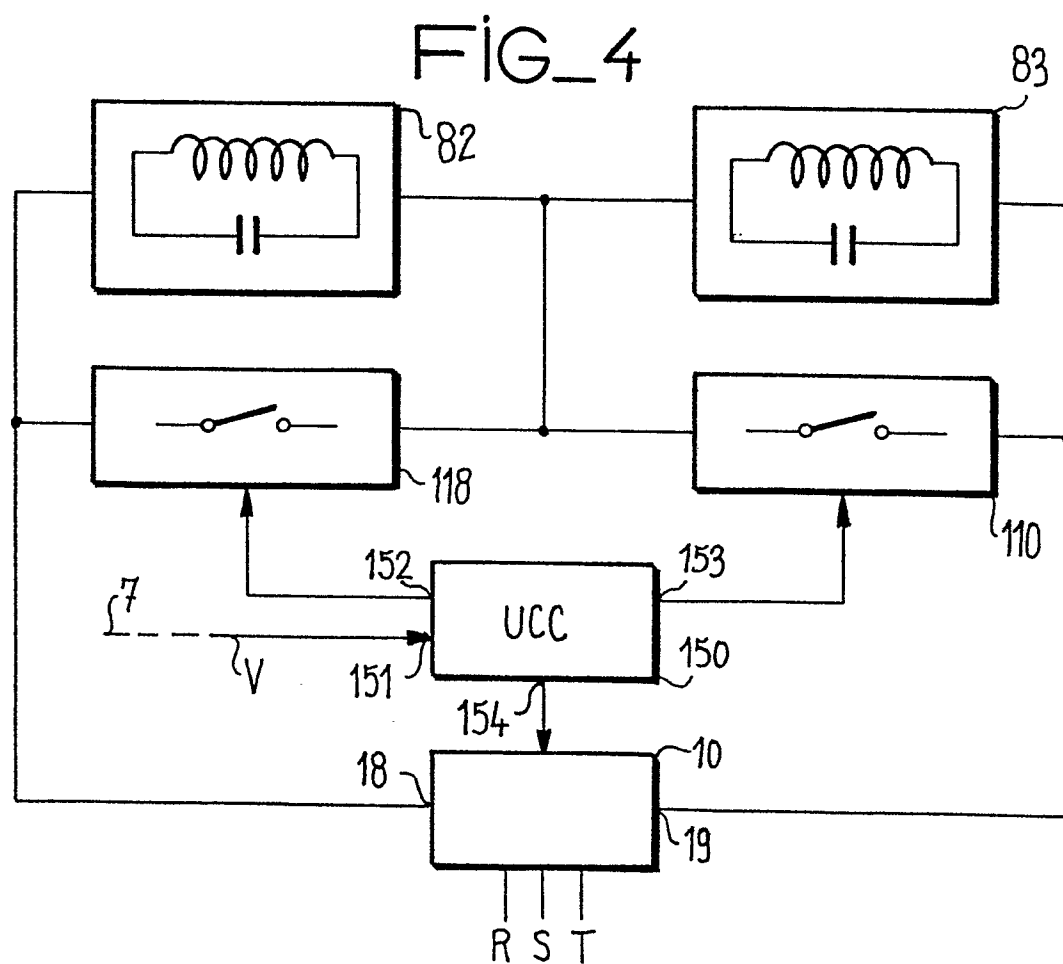
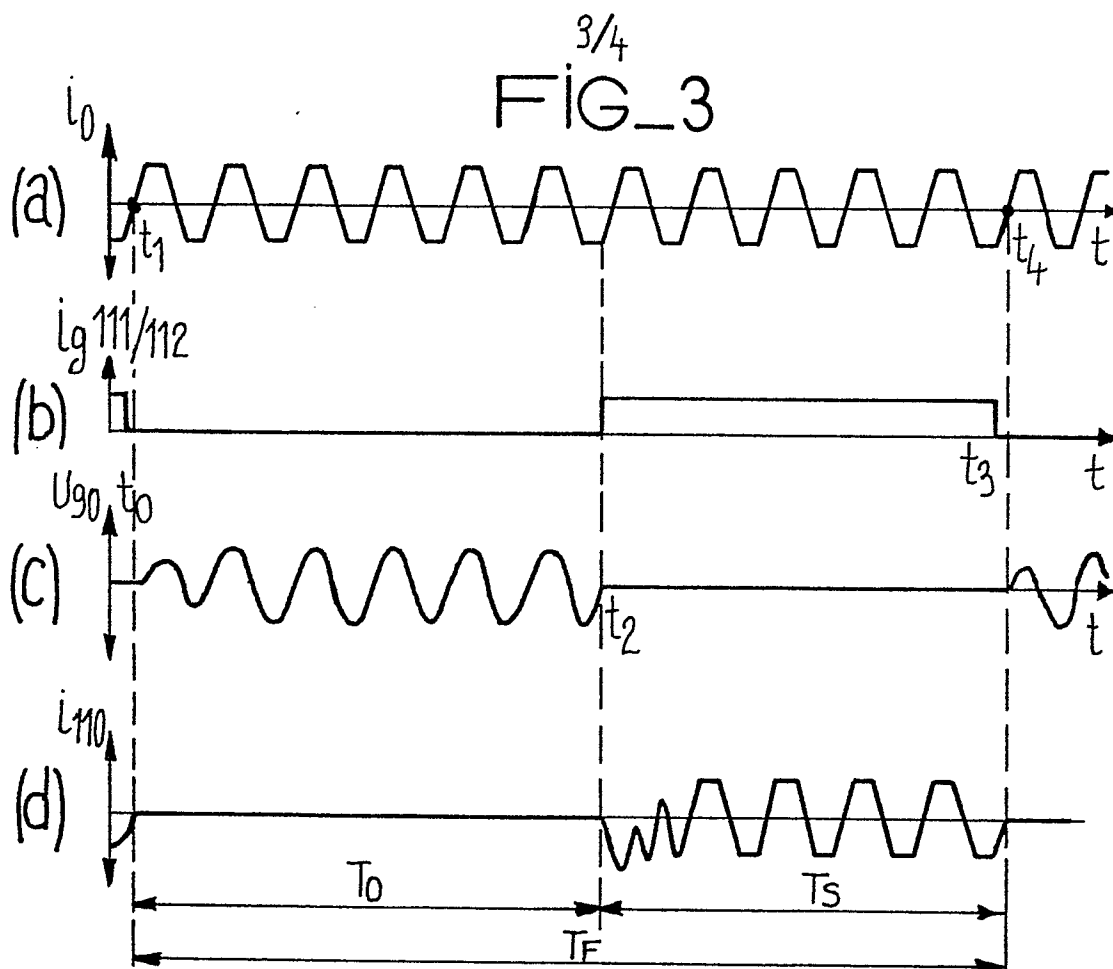
8. Appareil de chauffage par induction suivant l'une des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que l'interrupteur (110, 118) est connecté en série avec une résistance d'amortissement (113) entre les bornes (84, 86) de sa charge oscillante (83) associée.

9. Appareil de chauffage par induction suivant la revendication 8, caractérisé en ce que la valeur de la résistance d'amortissement (113) est choisie de telle sorte que l'amortissement du circuit oscillant (90-63), réalisé lors de la fermeture de l'interrupteur (110), soit comprise entre 0,25 et 0,6.

10. Appareil de chauffage par induction suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le circuit commandant (114, 115) périodiquement l'ouverture et la fermeture alternées de l'interrupteur (111), qui comprend un détecteur de passages par zéro (115) dont les entrées sont réunies aux bornes (84, 85) du condensateur (90) d'accord de la charge oscillante associée (83), est agencé de manière à synchroniser chacune des fermetures de l'interrupteur avec un passage par zéro de la tension aux bornes de ce condensateur (90).

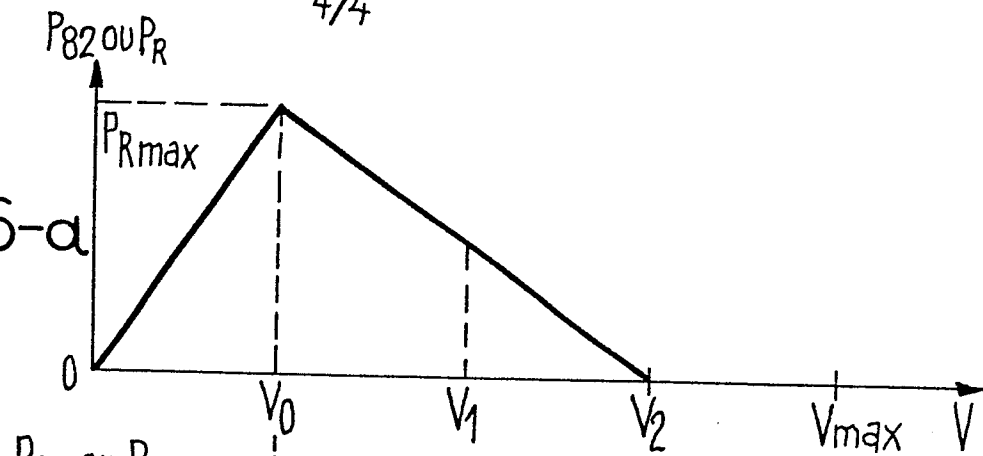
FIG_2



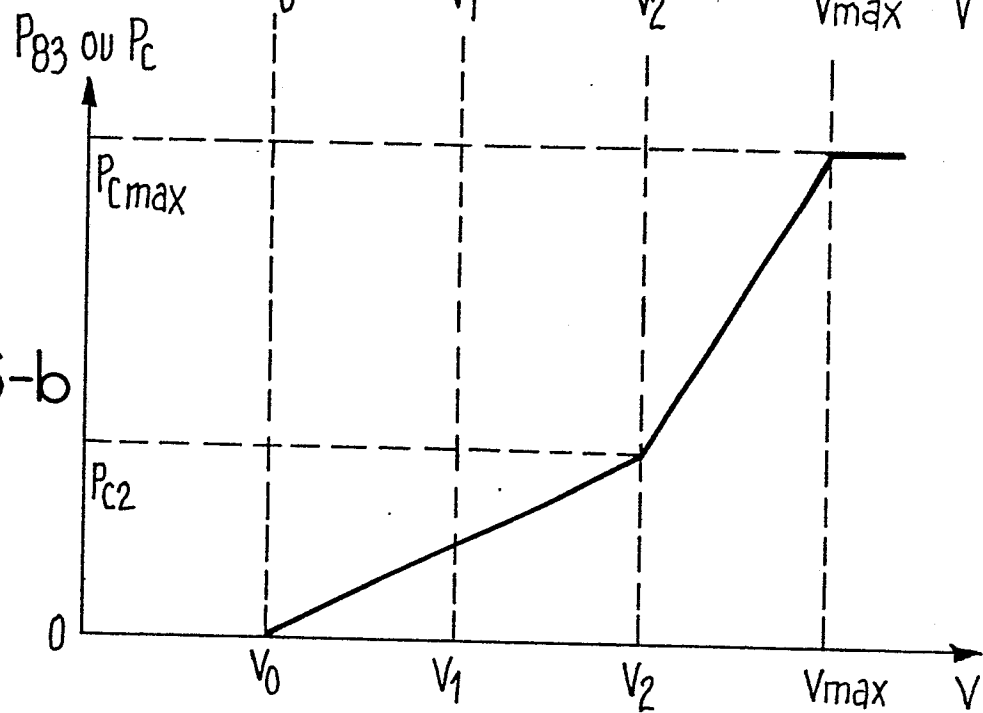


4/4

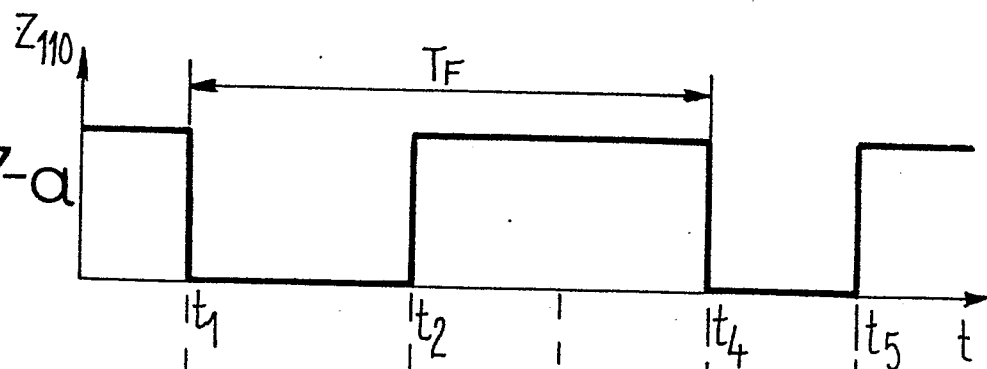
FIG_6-a



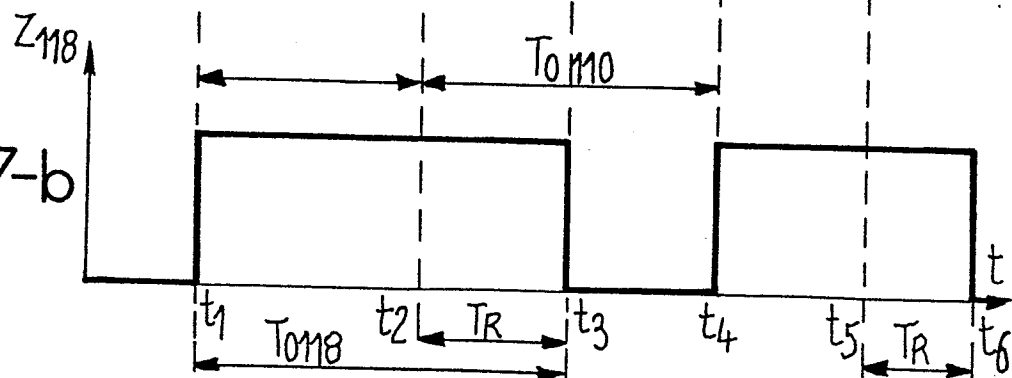
FIG_6-b



FIG_7-a



FIG_7-b





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0113704
Numéro de la demande

EP 84 40 0004

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
D, A	FR-A-2 494 953 (CELES) * Page 3, ligne 11 - page 4 *	1, 2	H 05 B 6/06
D, A	FR-A-2 284 245 (PARTRIDGE) * Page 10, lignes 9-27 *	1, 5	
D, A	FR-A-2 179 697 (MATSUSHITA)		
D, A	FR-A-2 206 644 (MATSUSHITA)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
			H 05 B H 02 M
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 08-03-1984	Examineur KERN H.
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	