

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 83401728.7

(51) Int. Cl.³: **H 05 B 1/02**
H 05 B 3/00

(22) Date de dépôt: 31.08.83

(30) Priorité: 24.09.82 FR 8216108

(43) Date de publication de la demande:
18.04.84 Bulletin 84/16

(84) Etats contractants désignés:
BE DE GB IT

(71) Demandeur: **SELAS S.A.**
79, rue Anatole France
F-92300 Levallois-Perret(FR)

(72) Inventeur: **Morice, Jean-Louis**
9, rue Louise-Michel
F-95150 Taverny(FR)

(72) Inventeur: **Pernelle, Robert**
Rue de la Tuilerie
F-78540 Vernouillet(FR)

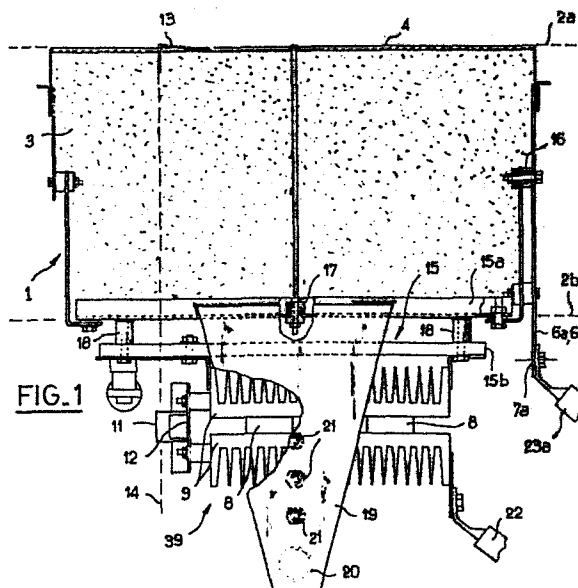
(74) Mandataire: **Bouju, André**
38 Avenue de la Grande Armée
F-75017 Paris(FR)

(54) **Dispositif de chauffage électrique industriel à commande électronique et procédé s'y rapportant.**

(57) Le dispositif de chauffage électrique industriel comprend au moins un panneau radiant (1) portant au moins une résistance de chauffage (4). Il est connecté à une unité à semi-conducteur de puissance (30) commandant l'alimentation de la résistance (4), cette unité étant pilotée par des moyens électroniques de régulation de la température.

Chaque unité à semi-conducteur de puissance est directement placée sur le panneau radiant et elle est connectée à un même dispositif électronique central de pilotage (31) distant des panneaux radiants (1).

Utilisation notamment pour le chauffage des fours de traitement thermiques ou des installations de séchage de peinture.



"Dispositif de chauffage électrique industriel à commande électronique
et procédé s'y rapportant"

La présente invention concerne un dispositif de chauffage électrique industriel, notamment pour four et autre enceinte de traitement thermique ou installation de séchage, du genre comportant des panneaux radiants, chauffés eux-mêmes par des résistances électriques, ces dernières étant alimentées par l'intermédiaire d'éléments à semi-conducteurs, tels que des thyristors.

L'invention concerne également un procédé pour la mise en oeuvre du dispositif précité.

On sait que les dispositifs modernes de chauffage électrique industriels tels que fours de traitement thermique, fours de recuit, installations de séchage de peinture ..., sont constitués de panneaux radiants élémentaires composés chacun le plus souvent d'un bloc réfractaire sur lequel sont montés les éléments chauffants constitués le plus souvent par des résistances électriques. L'assemblage de ces panneaux au moyen d'une armature métallique constitue le mur chauffant ou l'enceinte dans laquelle les pièces à chauffer seront placées ou défileront.

L'installation comporte n zones de chauffage, n étant au plus égal au nombre de panneaux radiants.

Ces installations peuvent comporter pour la commande du courant dans les résistances de chauffage de chaque panneau radiant une unité à semi-conducteur de puissance constituée en général par des thyristors de puissance pilotés par une chaîne de régulation en fonction par exemple de l'écart de température existant entre une valeur de consigne et la valeur effectivement mesurée dans l'enceinte chauffante par des capteurs de température.

Ces thyristors et leur dispositif électronique de commande sont généralement mis en place dans des coffrets spécifiques le plus souvent rassemblés en

tableaux de distribution dans un local spécialisé et reliés aux résistances correspondantes par l'intermédiaire de câbles électriques de puissance. Compte tenu de l'environnement souvent difficile de ce type d'installations dans lesquelles on manipule des objets lourds ou des pièces nombreuses, ces câbles sont souvent enterrés dans des caniveaux de distribution réalisés spécialement à cet effet. Il résulte de ces dispositions que les longueurs de câbles de puissance mises en oeuvre sont en général importantes et que le coût de telles installations est élevé.

Pour d'autres applications, par exemple pour des installations de recuit de soudure dans la construction de plates-formes off-shore, ou dans l'assemblage sur place des gazoducs, de telles installations de chauffage doivent être mises en place sur le terrain. Cette demande de l'industrie a conduit à la réalisation de véhicules importants et complexes puisqu'ils contiennent l'ensemble des moyens de commande du courant, ceci entraînant l'inconvénient précédemment mentionné de prévoir des longueurs très importantes pour les câbles de puissance reliant le véhicule aux panneaux radiants.

Par ailleurs, la chaîne de régulation du dispositif central de pilotage comporte un certain nombre de circuits: correction de soudure froide, convertisseurs analogiques-numériques (A/D) destinés à convertir les signaux analogiques reçus des capteurs en signaux numériques pouvant être traités ensuite par un ordinateur ou un microprocesseur. L'ordinateur fait l'acquisition de ces mesures ainsi que celles des températures de consigne puis à partir de l'algorithme de calcul effectue le calcul d'une valeur de régulation R spécifique à chaque zone de chauffage.

A la sortie de l'unité de calcul ces valeurs de régulation R sont reconverties en signaux analogiques

par un convertisseur D/A, puis ces signaux sont appliqués à des circuits d'interface avant de commander l'allumage ou l'extinction des thyristors.

5 En multipliant ainsi le nombre des éléments dans les chaînes de régulation on augmente sensiblement leur coût, on augmente leur temps de réponse, on réduit éventuellement leur degré de précision mais surtout on augmente très sensiblement les risques de pannes et/ou d'erreur et on réduit d'autant la fiabilité des installations. D'autre part la longueur de la chaîne de régulation et le nombre des éléments qui interviennent entraînent une certaine rigidité dans le fonctionnement des installations, ce qui limite sérieusement leur aptitude à traiter des fabrications diverses par exemple
10 taille de pièces différentes, répartition et échelonnement des cycles de température... Les possibilités d'exploitation des utilisateurs sont donc limitées et il en résulte pour ceux-ci une très grande dépendance vis-à-vis des constructeurs de fours ou systèmes de chauffage.

20 Le but de la présente invention est de remédier aux inconvénients précités en présentant un dispositif de chauffage électrique par panneaux radiants et un procédé de mise en oeuvre qui rendent ces installations plus économiques, plus fiables et plus souples dans leur mise
25 en oeuvre par l'utilisateur.

Suivant l'invention, le dispositif de chauffage électrique industriel comprenant au moins un panneau radiant qui porte au moins une résistance de chauffage, ce panneau étant connecté à une unité à semi-conducteurs de puissance commandant l'alimentation de la résistance,
30 cette unité étant pilotée par des moyens électroniques de régulation de température est caractérisé en ce que chaque unité à semi-conducteur de puissance est directement placée sur le panneau radiant et en ce qu'elle
35 est connectée à un même dispositif électronique central de pilotage distant des panneaux radiants.

La mise en place des semi-conducteurs de puissance dans l'environnement immédiat de la résistance de chauffage, ce qui va à l'encontre de la pratique habituelle en ce domaine, permet le raccordement direct des panneaux radiants à un câble de puissance les
5 reliant successivement autorisant ainsi la suppression à la fois des tableaux de distribution, des câbles de liaison des semi-conducteurs de puissance aux panneaux radiants et éventuellement des infrastructures nécessaires telles que caniveaux.
10

Selon une version préférée de réalisation de l'invention, la résistance de chauffage est connectée directement aux bornes de l'unité de commande à semi-conducteurs mais placée du côté opposé à celle-ci par
15 rapport au panneau radiant.

L'utilisation des câbles de liaison telle qu'elle existait précédemment est ainsi totalement supprimée.

Selon un autre aspect de l'invention, l'unité
20 de commande à semi-conducteurs est avantageusement constituée par des thyristors montés tête-bêche auxquels sont associés sur le panneau radiant leurs relais statiques de commande.

De cette façon la partie commande de puissance
25 est totalement intégrée au panneau qui constitue un élément modulaire, complet et distinct du dispositif électronique central de pilotage.

Selon une autre particularité de l'invention, le dispositif électronique central de pilotage des
30 unités à semi-conducteur comprend une unité de calcul telle qu'un microprocesseur ou un ordinateur dont l'entrée est reliée à des moyens fournissant des signaux indicatifs de la température des diverses résistances de chauffage ou un signal arbitrairement choisi et dont la
35 sortie délivrant les signaux de commande est directement

connectée aux moyens de commande des semi-conducteurs de puissance des panneaux correspondants.

En supprimant ainsi les multiples interfaces entre la partie régulation et la partie puissance, les causes de pannes sont réduites et par suite la fiabilité accrue; le coût de l'installation est parallèlement réduit en même temps que les possibilités d'intervention de l'utilisateur sur la plage de fonctionnement de son installation et ses caractéristiques sont largement étendues.

Pour mettre en oeuvre le procédé de chauffage électrique selon l'invention on compare en permanence dans l'ordinateur -ou le microprocesseur- une valeur de régulation R attachée à chaque panneau à une valeur C variable cycliquement de zéro à une valeur maximale N, incrémentée à une fréquence F, la plage d'évolution de R étant dans tous les cas comprise entre 0 et N, un signal binaire 0 étant délivré lorsque R est inférieur à C et un signal binaire 1 lorsque R est supérieur à C, lesdits signaux binaires générant ensuite une tension nulle pour le signal binaire 0 et une tension positive -par exemple 15 volts- pour le signal binaire 1, ces tensions étant ensuite appliquées directement aux relais statiques de commande des thyristors pour la délivrance de trains d'ondes de courant à la résistance de chauffage.

Cette valeur R peut être soit calculée par l'unité de calcul à partir des signaux indicatifs de la température des résistances de chauffage, soit choisie arbitrairement.

D'autres particularités de l'invention résulteront encore de la description qui va suivre.

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

. la figure 1 est une vue de dessus d'un

panneau radiant avec arrachements partiels;

. la figure 2 est une vue de côté de ce même panneau;

5 . la figure 3 est un schéma électrique général d'une installation conforme à la présente invention;

. la figure 4 est le schéma électrique des unités de commande à thyristors munies de leurs relais statiques;

10 . la figure 5 représente schématiquement les séquences opératoires dans le cadre du procédé selon l'invention;

. les figures 6A, 6B et 6C illustrent les possibilités de réglage des trains d'ondes de courant par la variation de la valeur maximale N de C et de la fréquence F d'incrémentation;

. la figure 7 représente les trains d'ondes de courant appliqués à la résistance de chauffage en fonction des signaux délivrés par l'ordinateur.

20 Dans la réalisation de la figure 1, le panneau radiant 1 constitue l'élément modulaire de base pour la réalisation de la paroi A de l'enceinte d'un four de traitement thermique ou d'une installation de séchage par exemple de peinture matérialisée par les pointillés 2a et 2b.

25 Dans la réalisation considérée, le panneau radiant 1 a la forme générale d'un bloc 3 parallélépipédique réalisé en matériau réfractaire de préférence fibreux qui constitue l'isolement thermique de l'installation.

30 Une résistance 4 découpée en bandes en zig-zag, est appliquée par sa face la plus large sur la face du bloc 3 formant la paroi 2a située vers l'enceinte chauffante A et a ses extrémités 5 repliées sur les faces latérales du bloc 3. Cette résistance comporte
35 deux pattes 6a, 6b, présentant des perçages 7a, 7b

pour sa connexion à des conducteurs d'alimentation 23.

Du côté opposé à l'enceinte A, la face extérieure du panneau 1 porte une carcasse métallique 15, constituée par deux plaques 15a, 15b séparées par des entretoises 18 et qui supporte l'unité à semi-conducteurs de puissance 39 et ses annexes, fixées sur la plaque 15b. Cette unité comprend essentiellement deux thyristors 8, montés tête-bêche et comprimés fortement, de manière connue, entre deux éléments de radiateur à ailettes 9 qui assurent leur refroidissement.

Afin de limiter leur échauffement, les deux thyristors sont surdimensionnés. A titre d'exemple on utilise des thyristors de calibre nominal 500 A pour un fonctionnement normal à 130 A. Les radiateurs 9 doivent de même avoir une surface de refroidissement suffisante pour que la température des thyristors 8 ne dépasse pas 110°C. La force d'appui des radiateurs 9 est par exemple de l'ordre de 1 tonne. Un montage mécanique avec des rondelles Belleville, non figuré, permet de maintenir la force d'appui constante, même en cas de variation de température de l'ensemble.

La partie électrique des panneaux 1 comporte encore un circuit écrêteur des surtensions 10 et un fusible de puissance 11. Le circuit de commande 12 des thyristors reçoivent les signaux de régulation de la température à partir d'un dispositif électronique central de pilotage 31 (figure 3) qui sera décrit plus loin.

Sur la face externe de la résistance 4, est soudé un capteur de température 13 tel qu'un thermocouple qui est connecté par une ligne 14 au dispositif central 31.

A la carcasse 15 sont encore soudés deux flasques 19 reliés entre eux par une entretoise tubulaire 20, destinée à faciliter la mise en place et le retrait des

panneaux radiants lors du montage mais également en cas de défaillance de l'unité à semi-conducteurs.

Les flasques 19 présentent des perçages 21 permettant leur liaison avec les flasques homologues de support des panneaux radiants 1 adjacents. On peut ainsi réaliser avec une armature métallique extérieure non représentée une paroi modulaire chauffante dont chaque panneau 1 est amovible et dont la paroi extérieure 2b, opposée à la paroi chauffante 2a est accessible pour le câblage des panneaux radiants.

L'isolement thermique entre les panneaux adjacents est complété en glissant simplement entre eux des feuilles d'isolant fibreux, d'épaisseur adéquate, repliées et formant joint.

L'alimentation en puissance du panneau radiant 1 est assurée par un câble de puissance unique 30 (figure 3) qui court le long de la paroi 2b de l'enceinte de chauffage et sur lequel sont branchés pour chaque panneau radiant 1 le conducteur 23a d'alimentation de la résistance 4, et le conducteur 22 d'alimentation de l'unité à semi-conducteurs formée par les thyristors 8, le conducteur 23b étant branché entre le fusible de protection 11 de ces derniers et l'autre borne de la résistance 4.

Le câble unique 30 qui assure l'alimentation en puissance est avantageusement du type triphasé et il dessert l'ensemble des panneaux radiants 1, constituant des zones de chauffage distinctes $Z_1 \dots Z_n$ réparties le long de l'enceinte A.

Les panneaux radiants 1 sont alternativement raccordés avec une rotation des phases (voir figure 3) sur le câble 30 pour des raisons d'équilibrage de charge bien connues.

A la figure 3 on a représenté le schéma général d'une installation conforme à la présente invention comportant ainsi n zones de chauffage correspondant aux n

panneaux radiants 1 mis en oeuvre dont seuls les panneaux extrêmes l_1 et l_n ont été représentés avec leurs unités de commande à thyristors 39 leurs résistances de chauffage 4 et leurs thermo-couples 13 reliés à des câbles 14.

Côté régulation, l'installation comporte un dispositif électronique central de pilotage, commun à tous les panneaux radiants l_1 à l_n et qui comprend essentiellement une unité de calcul, telle qu'un ordinateur ou un microprocesseur 31, représenté schématiquement avec son processeur et ses périphériques 32, le bus des données 33, le bus des adresses 34, les circuits d'acquisition de mesures 35 et le circuit de validation d'adresse 36 pour les n zones de chauffage. La liaison entre les panneaux radiants 1 des n zones z_1 à z_n et l'unité de calcul 31 est assurée à l'entrée par les conducteurs 14 branchés entre les capteurs de température 13 et le circuit d'acquisition de données 35 et d'autre part, à la sortie par les liaisons de commande 38 transmettant les signaux de sortie de l'unité de calcul 31 du circuit de validation d'adresse 36 aux unités de commande à thyristors 39.

Chaque unité de commande à thyristors 39 telle que représentée à la figure 4 comporte un étage de puissance et un étage de contrôle monté sur circuit imprimé.

L'étage de puissance comprend essentiellement les deux thyristors 8 montés tête-bêche protégés par le fusible commun 11 placé dans le circuit d'alimentation 22. Les thyristors 8 comportent une gâchette 44 reliée par chacun d'eux à un relais statique 45 par l'intermédiaire d'une résistance de limitation de courant 46. Ces relais statiques 45 sont tels qu'ils peuvent être commandés par un signal de bas niveau, tel que celui délivré par un ordinateur et ils comprennent une diode électro-

luminescente 47 qui commande un photo-transistor 48 par un couplage opto-électronique réalisant ainsi une coupure galvanique totale entre les circuits de l'unité de calcul 31 et les circuits puissance.

5 Le circuit d'alimentation des diodes électroluminescentes 47 comporte une masse 49 qui est reliée à la masse de l'unité de calcul 31, la liaison avec l'étage central de pilotage étant ainsi effectuée par un seul conducteur 38.

10 On va maintenant décrire le procédé pour piloter les semi-conducteurs de puissance selon l'invention en référence à la figure 5 qui représente schématiquement les séquences opératoires en vue de l'explication du procédé.

15 Les signaux analogiques représentant les températures des n zones de chauffage $Z_1 \dots Z_n$ émis par les capteurs 51 (51a, 51b, ..., 51n) -tels que les thermocouples 13- sont transmis à des circuits d'isolement, de linéarisation et de compensation de soudure froide 52
20 avant d'être transformés en signaux numériques par les convertisseurs analogiques/numériques 53.

 L'ensemble de ces circuits forme principalement les circuits d'acquisition de données 35 (voir figure 3).

 Les valeurs ainsi établies sont entrées et
25 stockées dans des registres 54 et sont rafraîchies à chaque scrutation des capteurs de mesure.

 Des valeurs correspondant aux températures de consigne, c'est-à-dire aux températures que l'on veut obtenir sur les résistances de chacune des zones
30 sont entrées à l'aide du clavier de l'unité de calcul 31 dans le registre 55. Ces températures peuvent être différentes ou identiques pour tout ou partie des n zones du four ou du tunnel de séchage.

 Les paramètres K de l'algorithme de calcul
35 sont entrés dans le registre 56. Cet algorithme est

de la forme générale :

$$R_t = \left[R_{t-1} + (K_1 e + K_2 \int e dt + K_3 \frac{d(PV)}{dt} + \dots) \right] K_E$$

R_t représentant une valeur de régulation à un instant t de scrutation du dispositif de mesure pour une zone donnée, e la différence entre la valeur de consigne et la valeur de la température mesurée au temps t , PV la différence entre les mesures de la température aux temps t et $(t-1)$. K_1 , K_2 , K_3 , ... constituent les paramètres de l'algorithme et K_E est un coefficient d'échelle dont l'intérêt sera exposé plus loin.

Les instants de scrutation sont définis par une horloge interne au dispositif 62, de fréquence réglable qui pilote dans le temps l'ensemble des opérations.

Les signaux des registres 54, 55, 56 sont ensuite transmis à chaque scrutation à l'unité de traitement 57 qui délivre la valeur R de régulation. Cette valeur est entrée et stockée dans un registre 59.

Dans un autre mode de fonctionnement du dispositif, un registre 58 permet d'entrer des valeurs de R arbitrairement choisies, c'est-à-dire sans référence avec la température des résistances de chauffage 4. Ces valeurs sont directement entrées dans le registre 58 à l'aide du clavier de l'ordinateur. Dans ce mode de fonctionnement, le dispositif de chauffage délivre une puissance fixe, fraction ou totalité de sa puissance maximale, uniquement fonction de la valeur R appliquée. Quel que soit le mode d'établissement de R , calculé ou choisi, les étapes ultérieures du procédé sont ensuite identiques.

Le procédé met ensuite en oeuvre un ensemble de compteurs de zone 60 pilotés par l'horloge interne 62 de fréquence F réglable, dont la plage d'évolution de 0 à une valeur N est réglable. (Lorsque le compteur atteint la valeur N préfixée, il est remis à 0, puis recommence son cycle).

Les valeurs de N choisies sont entrées à l'aide du clavier de l'ordinateur et mémorisées dans un registre 61 pour être transmises au compteur 60.

Un comparateur 59 va ensuite effectuer à chaque pas d'incrémentation du compteur 60 qui correspond à une scrutation des températures des résistances de chauffage du dispositif, une comparaison entre la valeur de R
5 calculée ou choisie pour chaque zone et la valeur C du compteur de zone (variable entre 0 et N) pour délivrer un signal binaire S.

Le coefficient d'échelle K_E précédemment mentionné a pour objet, dans le cadre d'une régulation de
10 température donnée, de ramener la valeur calculée de R dans la plage 0, N d'évolution du compteur 60 lui correspondant.

Un signal binaire 0 est délivré lorsque R est inférieur à C et un signal 1 lorsque R est supérieur à C.
15 Ce signal 1 ou 0 est ensuite appliqué à un ensemble de circuits bascule mémoire générateur de tension 63, comportant également un circuit par zone. Ces circuits délivrent une tension réglable T, par exemple 15 volts.

Cette tension T délivrée sur les sorties
20 de l'ordinateur ou du microprocesseur est ensuite transmise par le câble blindé 38 pour être appliquée aux diodes électroluminescentes 47 des relais statiques 45 de commande des gâchettes des thyristors de puissance 8.

L'unité de calcul 31 dispose d'une masse
25 reliée à la masse 49 des relais statiques 45.

Le fonctionnement du comparateur 59 est exposé ci-après en relation avec les possibilités de réglage des compteurs 60 dans le cas du chauffage d'un four.
(voir figures 6A, 6B, 6C et 7).

30 La valeur de régulation R d'une zone varie dans le temps en fonction de divers paramètres tels que taille et forme des pièces à chauffer, pertes du four, date d'introduction de la ou des pièces, introduction de nouvelles pièces, éventuellement vitesse de défilement

des pièces, positions à l'intérieur du cycle de chauffage...

Sur chacune des trois figures 6, on a représenté:

5 . d'une part une courbe d'évolution indentique de R dans le temps;

. d'autre part, à titre d'exemple, les cycles successifs d'évolution du compteur 60 correspondant à 3 réglages différents des valeurs maximales de N et de la fréquence F.

10 a) N_1, F_1 (figure 6A)

b) $N_2 (N_2 > N_1), F_2 = F_1$ (figure 6B)

c) $N_3 (N_3 = N_1), F_3 = (F_3 > F_1, F_2)$ (figure 6C)

15 Les valeurs correspondantes des signaux binaires S, 1 et 0 délivrés par le comparateur 59 sont représentées en dessous de chacun des diagrammes (R, C).

La comparaison des diagrammes des figures 6A et 6B pour lesquels la durée des incréments F_1, F_2 est la même mais les durées de cycle différentes ($N_2 > N_1$) montrent bien que les temps $t_1, t'_1, \dots$ pendant lesquels un signal binaire 1 est délivré et les temps $t_0, t'_0, \dots$ pendant lesquels un signal binaire 0 est délivré sont différents.

25 En comparant les diagrammes des figures 6B et 6C pour lesquels, la durée des incréments F_2, F_3 est différente de même que les durées de cycle ($N_3 < N_2$) on constate de la même manière que les temps t_1 et t_0 sont différents. Comme cela a été exposé ci-dessus, ce sont ces signaux S de valeur binaire 1 et 0 de durée t_1 et t_0 appliqués à la suite aux circuits mémoires générateurs de tension qui pilotent les temps d'allumage et de coupure des thyristors donc les trains d'ondes de courant qui seront envoyés dans les résistances de chauffage 4.

35 On voit ainsi que par le réglage de N et de F, la durée de ces trains d'ondes et leur interruption

pourra être déterminée avec la plus grande souplesse par l'utilisateur.

La figure 7 illustre le fonctionnement des thyristors 8 sous l'influence des signaux de tension T délivrés par l'ordinateur 31. Lorsqu'un signal de tension T - par exemple 15 volts - est délivré par les circuits bascules mémoires générateurs de tension 63 aux relais statiques 45, ceux-ci appliquent la tension d'amorçage aux thyristors 8. Toutefois, de manière connue, ceux-ci ne s'amorceront que lors du passage à 0 de la tension qui est appliquée à leurs bornes 22.

De même, leur extinction ne se produira qu'à ce même passage à 0 de la tension même si la tension d'amorçage a disparu dans le cours de la demi-alternance précédente.

Pendant leur allumage, chacun des thyristors 8 concourt ainsi au passage de demi-alternances de courant consécutives qui forment les trains d'onde 70 de courant appliqués à la résistance 4.

Certains avantages du dispositif de chauffage selon l'invention ressortent clairement de la description qui précède. En effet ainsi que cela a été déjà mentionné, les réalisations connues comportent à la sortie du calculateur des circuits d'interface y compris des convertisseurs numériques/analogiques dont la multiplicité réduit de manière sensible la fiabilité de l'installation. Dans le dispositif selon l'invention, la liaison entre l'ordinateur et les unités à semi-conducteurs est réalisée sans aucun circuit intermédiaire réduisant sensiblement ces risques de pannes.

Par ailleurs, la principale qualité d'une régulation étant sa finesse on a vu en référence aux diagrammes de la figure 6 et à la figure 7 que le double réglage des variables N et F du compteur permettait d'envoyer sur les résistances des trains d'onde 70 composés à

volonté, c'est-à-dire par exemple quelques alternances de courant, suivis de quelques alternances de coupure.

Cette possibilité de réglage de la puissance délivrée par le réglage de la durée maximale N du cycle

5 offre une autre possibilité de fonctionnement du four tout à fait impossible à réaliser avec autant de simplicité et de souplesse dans les dispositifs existants.

Il arrive en effet que pour le chauffage de recuit de grosses pièces telles que des pièces de chaudronnerie nucléaire ou des cylindres de laminoirs en fonte à forte inertie thermique donc très sensibles aux chocs thermiques, il faille commencer le chauffage à allure réduite par exemple à 20% de la puissance du four, puis accroître cette puissance progressivement dans le temps.

15 Le dispositif de l'invention permet d'obtenir ce résultat simplement en choisissant une valeur de N très supérieure à la valeur de régulation R . On aura dans ce cas un temps de passage du courant t_1 court suivi d'un temps de coupure t_0 long (voir figure 6) qui correspondra bien à l'application d'un pourcentage faible de la puissance maximale de l'installation. On voit aisément qu'en abaissant ensuite progressivement N , t_1 va rester constant mais t_0 va diminuer jusqu'à l'application de la pleine puissance à la pièce à chauffer. La régulation fine interviendra ensuite avec la variation de la valeur de régulation R . Dans ce cas le dispositif fonctionne en limiteur de puissance ce qui ne peut être obtenu avec les dispositifs connus qu'en agissant de manière beaucoup plus complexe et coûteuse sur les paramètres de l'algorithme de la régulation.

25 On notera aussi que les réglages des valeurs N et F , de même qu'éventuellement la modification des paramètres K de l'algorithme s'opèrent au clavier de l'ordinateur et qu'ils sont donc aisément accessibles à l'utilisateur lui autorisant ainsi une large gamme de

conduites de four.

A l'inverse, les dispositifs actuels de commande de four sont pour les raisons déjà indiquées beaucoup plus figés et lorsque des conduites de four sortant
5 des objectifs premiers d'une installation sont à mettre en oeuvre, l'utilisateur est obligé d'en référer au constructeur voire à mettre en oeuvre un matériel spécial.

On notera enfin que les moyens prévus par l'invention permettent d'assurer la commande des résis-
10 tances 4 aussi bien avec un ordinateur performant qu'avec un mini-ordinateur à 8 bits. Seule la vitesse d'exécution sera changée. A titre d'exemple, le temps mis pour réguler la température d'une zone avec un mini-ordinateur 16 bits est de 1 milliseconde.

15 Bien entendu l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits ci-dessus et on peut y apporter des variantes d'exécution. Ainsi les résistances de chauffage en bandes 4 pourraient être remplacées par des résistances hélicoïdales ou en ondes. De même les
20 relais statiques à diodes électroluminescentes et phototransistors pourraient être remplacés par des relais miniatures classiques à très faible consommation de courant.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de chauffage électrique industriel comprenant au moins un panneau radiant (1) qui porte au moins une résistance de chauffage (4), ce panneau étant connecté à une unité à semi-conducteur de puissance (39) commandant l'alimentation de la résistance, cette unité étant pilotée par des moyens électroniques de régulation de la température, caractérisé en ce que chaque unité à semi-conducteurs de puissance est directement placée sur le panneau radiant (1) et en ce qu'elle est connectée à un même dispositif électronique central de pilotage (31), distant des panneaux radiants.

2. Dispositif de chauffage selon la revendication 1, caractérisé en ce que la résistance de chauffage (4) est connectée directement aux bornes de l'unité de commande à semi-conducteur (39) mais placée du côté opposé à celle-ci par rapport au panneau radiant (1).

3. Dispositif de chauffage conforme à l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'unité à semi-conducteurs (39) comprend des thyristors (8) montés tête-bêche, et associés sur le panneau radiant à des moyens de commande (45) de leur gâchette.

4. Dispositif de chauffage conforme à la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens de commande de gâchette sont constitués par des relais statiques (45), assurant l'isolement galvanique entre les circuits à courants faibles et les circuits de puissance.

5. Dispositif de chauffage conforme à l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le dispositif électronique central de pilotage des unités à semi-conducteurs de puissance comprend une unité de calcul telle que microprocesseur ou ordinateur (31) dont l'entrée est reliée à des moyens fournissant des signaux indicatifs de la température des diverses résistances de chauffage ou à un signal arbitrairement choisi et dont la

sortie délivrant les signaux de commande est directement connectée aux moyens (45) de commande des semi-conducteurs de puissance (8) des panneaux correspondants.

5 6. Dispositif conforme à la revendication 5, caractérisé en ce que la résistance de chauffage (4) est munie d'au moins un capteur de température (13) relié à un convertisseur analogique/numérique connecté à l'unité de calcul (31).

10 7. Dispositif conforme à la revendication 6, caractérisé en ce que le capteur de température (13) est constitué par un thermo-couple soudé sur la résistance (4).

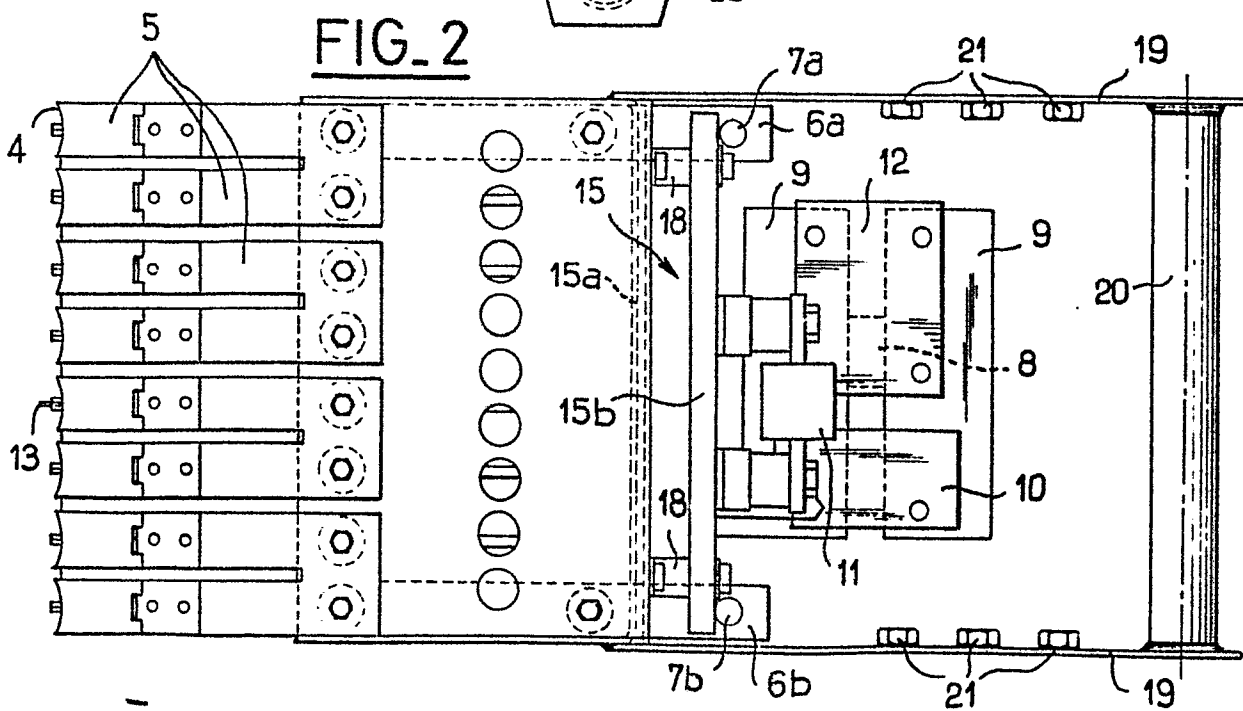
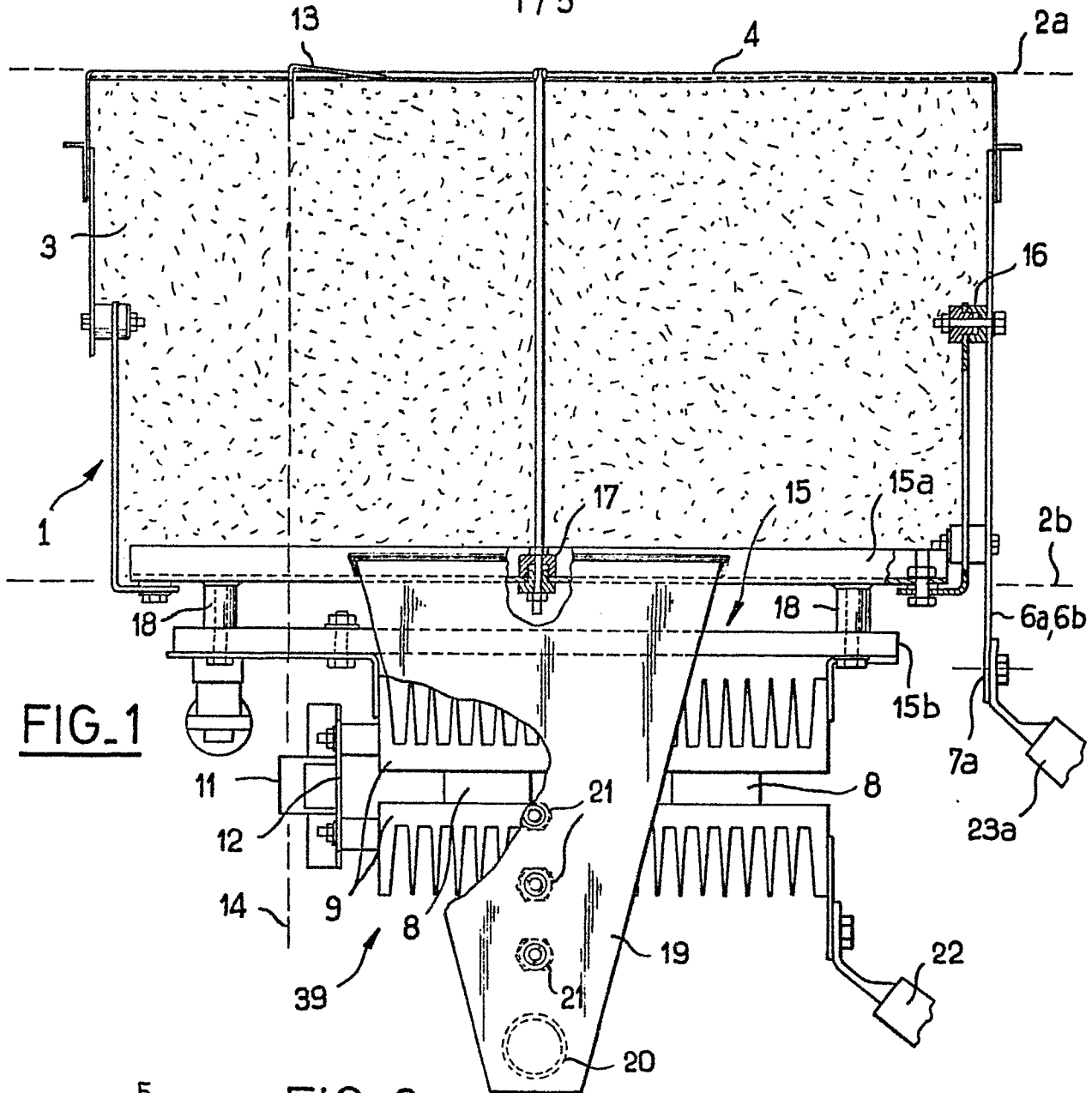
15 8. Procédé pour la régulation de l'alimentation de chaque résistance de chauffage (4) dans un dispositif conforme à l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'on compare en permanence une valeur de régulation R attachée à une zone de chauffage correspondant au moins à un panneau radiant, à une valeur C variable cycliquement de 0 à une valeur maximale N, 20 incrémentée à une fréquence F, la plage d'évolution de R étant dans tous les cas comprise entre 0 et N, un signal binaire 0 étant délivré lorsque R est inférieur à C et un signal binaire 1 lorsque R est supérieur à C, lesdits signaux binaires générant ensuite une tension 25 nulle pour le signal binaire 0 et une tension positive -par exemple 15 volts- pour le signal binaire 1, lesdites tensions étant ensuite appliquées directement pour la commande des relais statiques (45) déclenchant ou interrompant l'allumage des thyristors (8) et la délivrance de trains 30 d'ondes de courant (70) à la résistance électrique de chauffage (14).

9. Procédé de chauffage électrique selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'on règle la valeur maximale N du nombre C des incréments, de même que la 35 fréquence F d'incrémentation en fonction de la composition

des trains d'onde de courant 70 que l'on veut obtenir dans la résistance de chauffage (4).

10. Procédé de chauffage électrique selon l'une ou l'autre des revendications 8 ou 9, dans lequel la
- 5 valeur de régulation R de chaque zone de chauffage est calculée à l'aide d'un algorithme dans lequel entrent au moins une variable dépendant du signal analogique délivré par le capteur de température et une seconde
- 10 variable représentant la température de consigne de la zone considérée, caractérisé en ce qu'on règle les coefficients K encore appelés paramètres de l'algorithme appliqués aux différents termes de celui-ci en
- fonction de la conduite du four souhaitée et un coefficient K_E -coefficient d'échelle- appliqué à la valeur
- 15 calculée de l'algorithme afin de ramener la valeur de régulation R dans une plage 0 à N choisie par ailleurs.

1 / 5



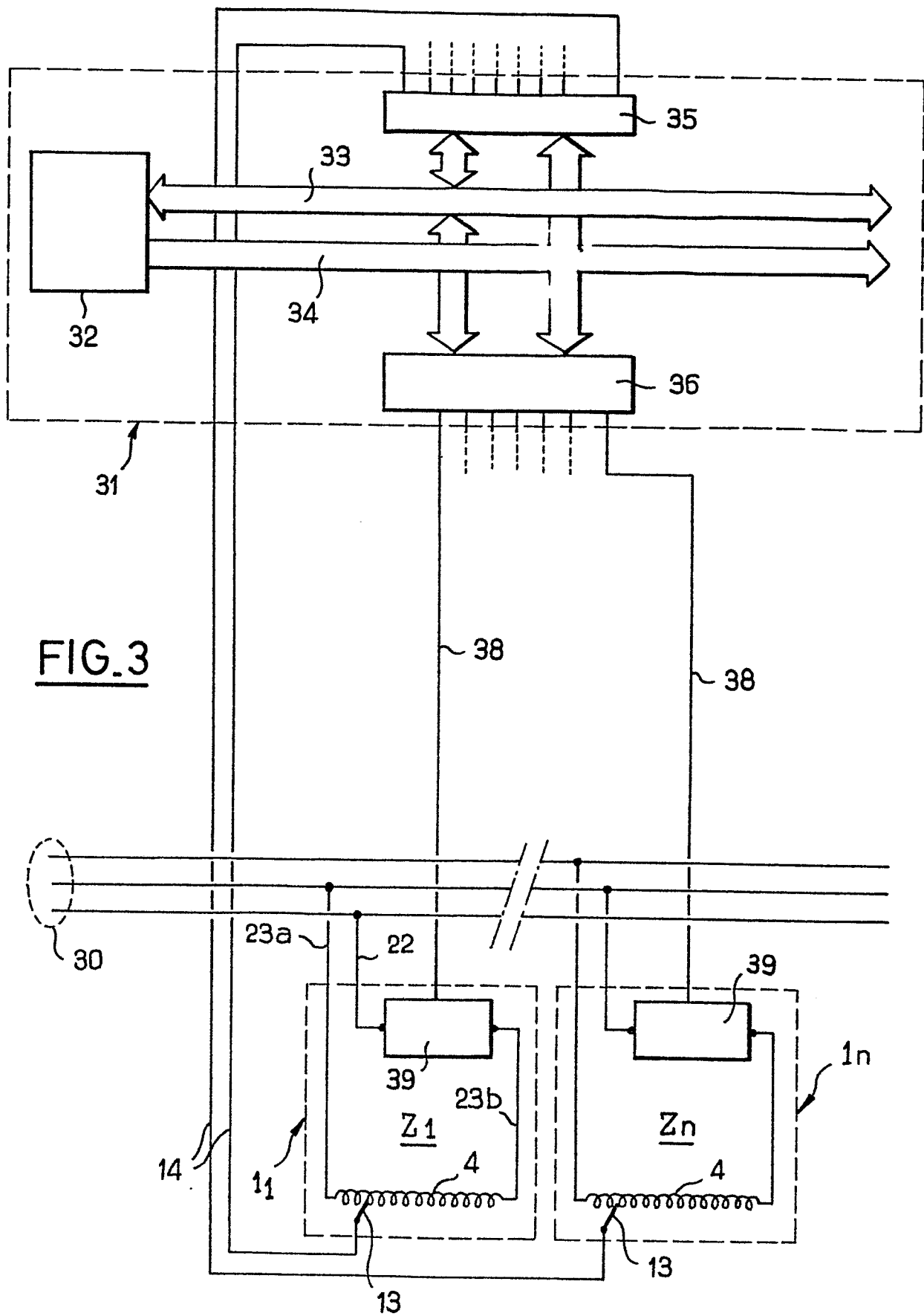
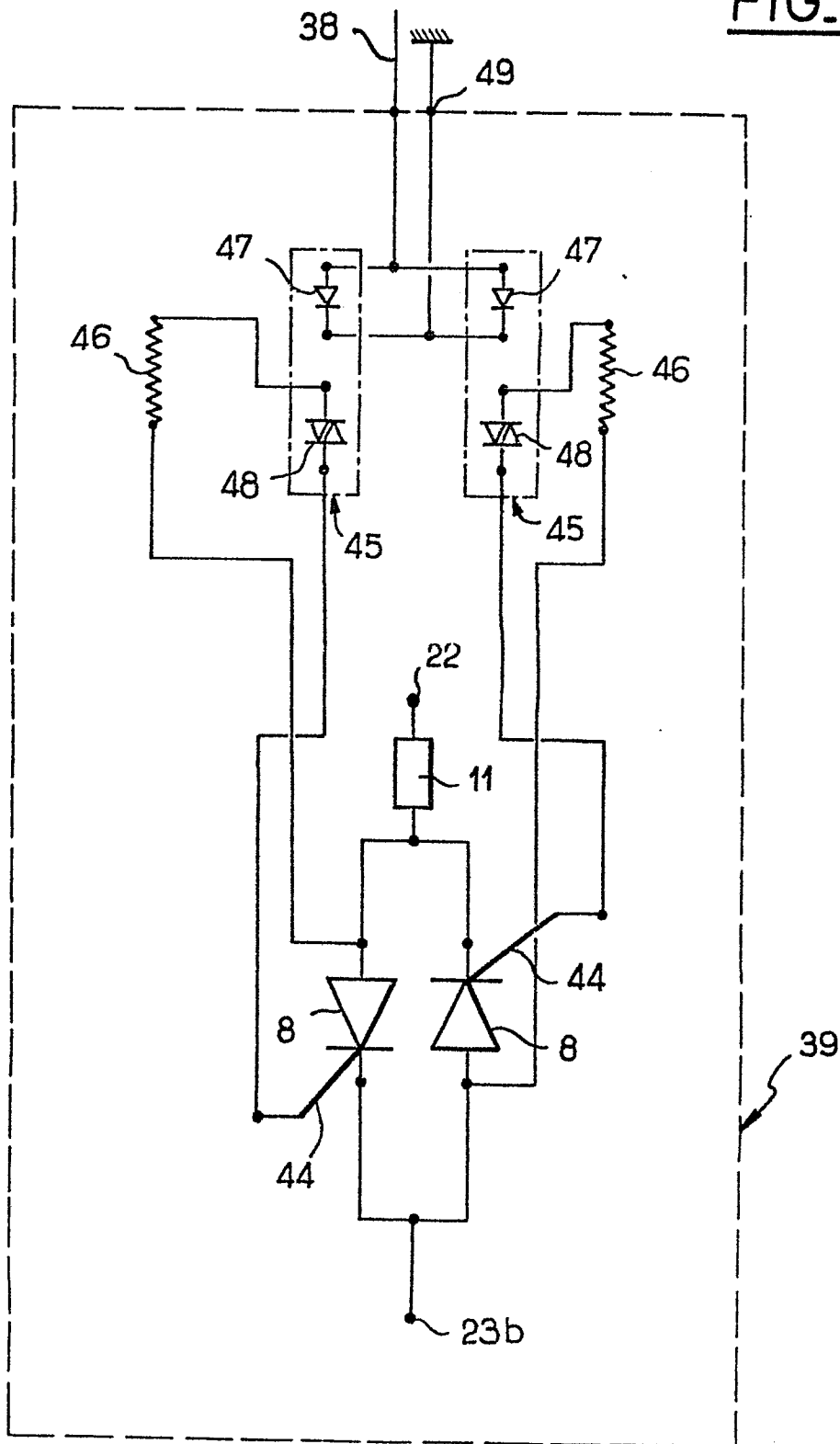
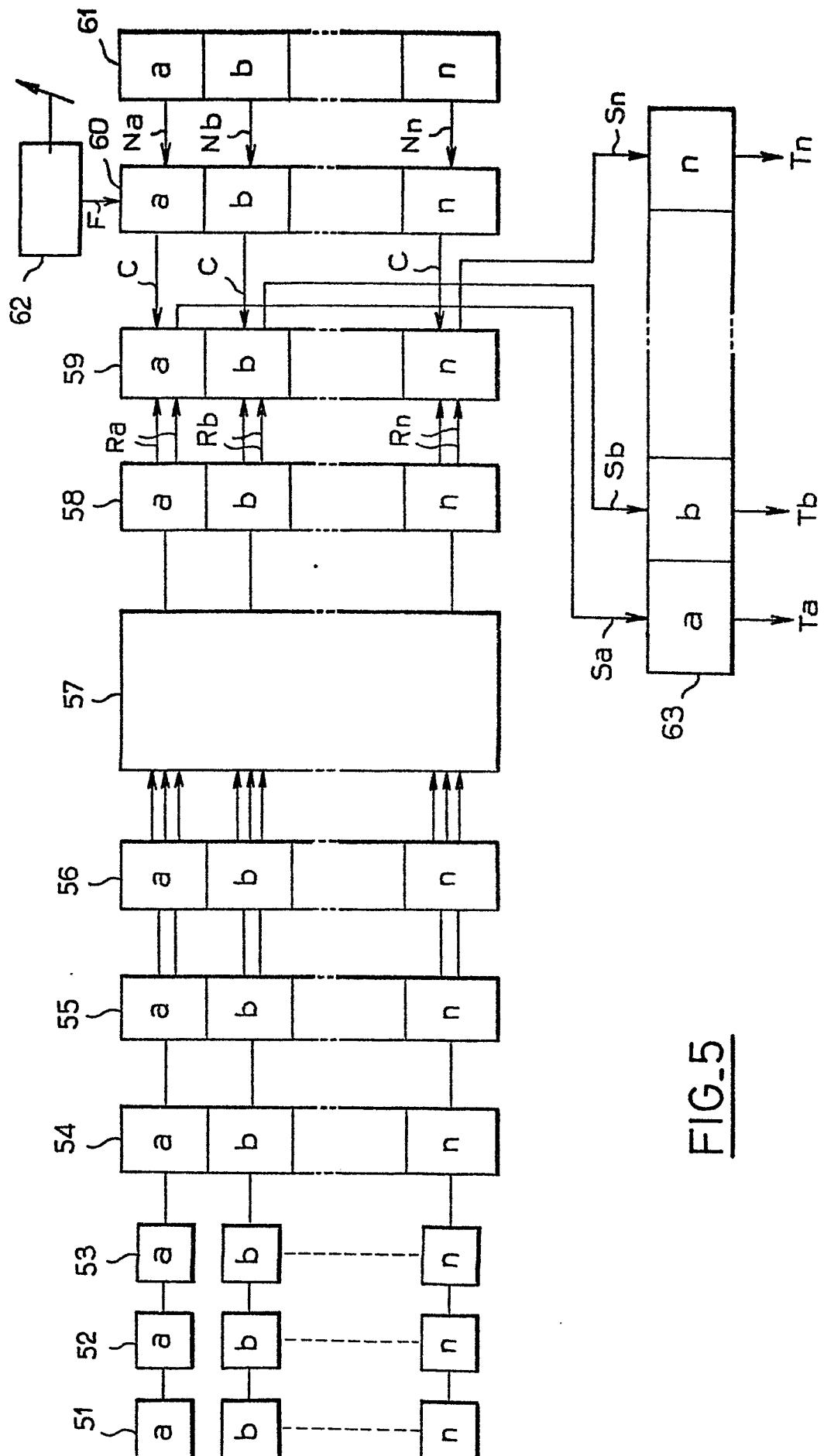
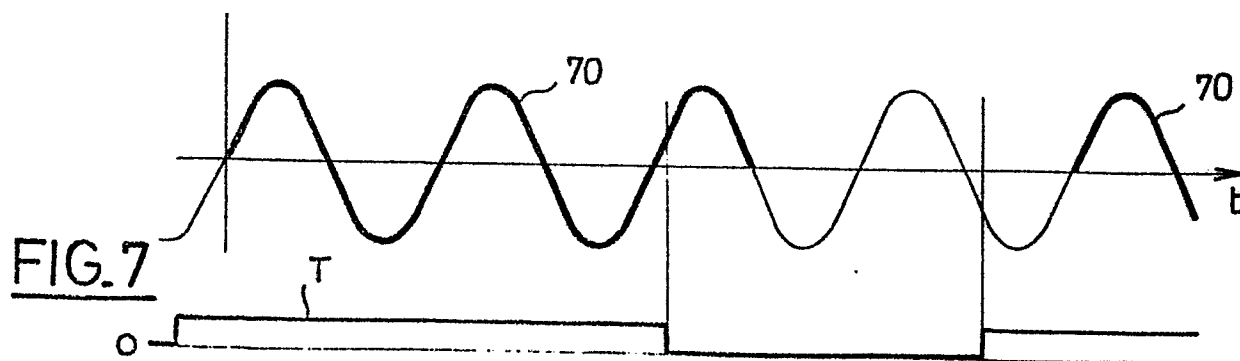
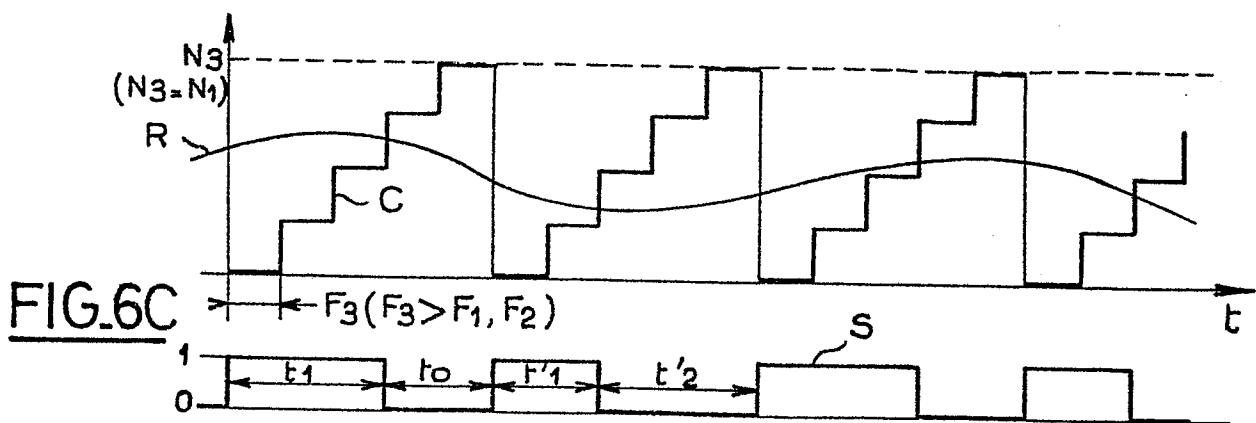
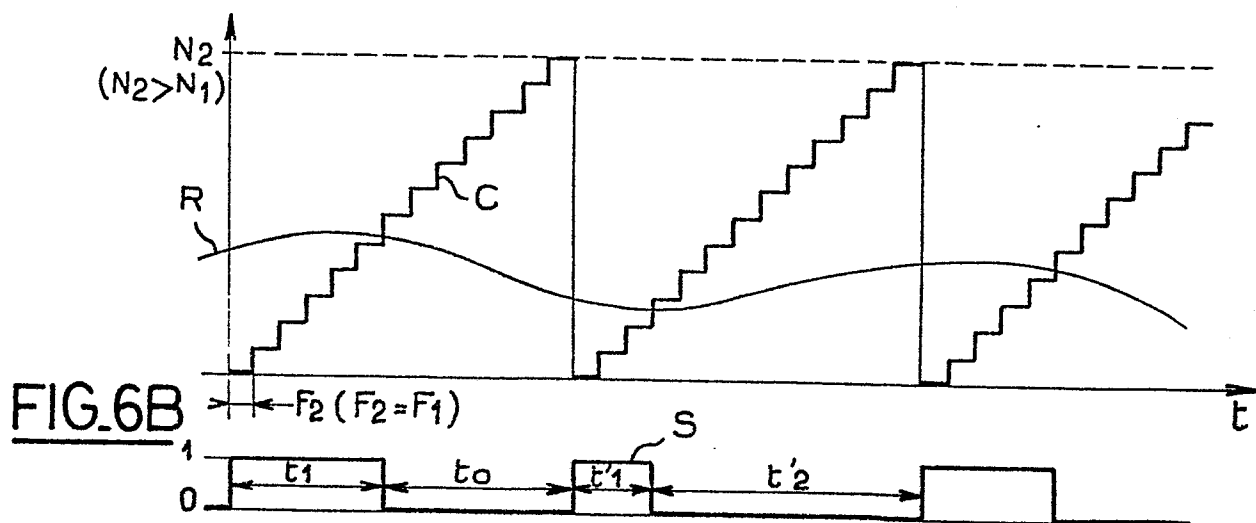
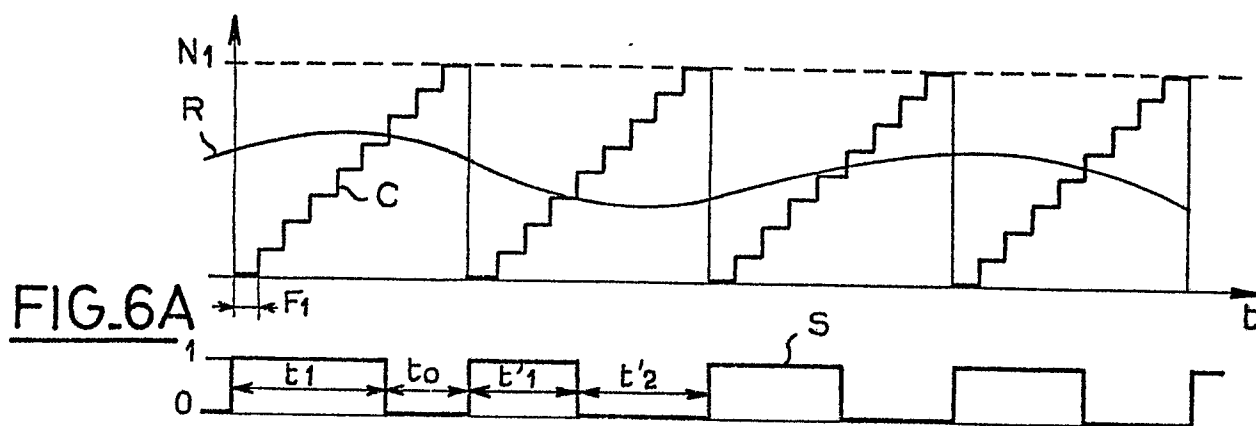


FIG. 4







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0105770

Numéro de la demande

EP 83 40 1728

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. *)
A	US-A-4 090 062 (PHILLIPS et al.) * Colonne 4, ligne 36 - colonne 5, ligne 20 *	1,5,6	H 05 B 1/02 H 05 B 3/00
A	FR-A-2 258 758 (GACHOT) * Page 5, ligne 3 - page 6 *	1,6,8	
A	FR-A-2 393 357 (LOCKHEED) * Page 2, lignes 6-37 *	5,6	
A	FR-A-2 067 342 (BORG-WARNER)		
A	FR-A-2 298 248 (CARRIER)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. *)
			H 05 B F 27 D F 27 B G 05 D
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 22-11-1983	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	