

②

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

① Numéro de dépôt: 89402913.1

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>: **H05B 6/02**

② Date de dépôt: 23.10.89

③ Priorité: 10.11.88 FR 8815063

④ Date de publication de la demande:  
16.05.90 Bulletin 90/20

⑥ Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE ES GB GR IT LI LU NL SE**

⑦ Demandeur: **FRANCE TRANSFO (S.A.)**  
**Voie Romaine**  
**F-57210 Maizieres Les Metz(FR)**

⑧ Inventeur: **Sacotte, Michel**  
**41, rue de la Tour**  
**F-57120 Rombas(FR)**  
Inventeur: **Cachon, Guy**  
**30, rue Jean Joseph Henrion**  
**F-57157 Marly(FR)**  
Inventeur: **Jaytener, Isabelle**  
**2, rue de Metz Ennery**  
**F-57640 Vigy(FR)**

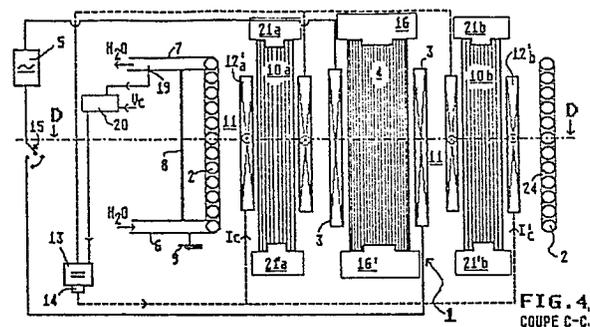
Inventeur: **Vazquez, Miguel**  
**1, rue du Pré de la Dame Silly sur Nied**  
**F-57530 Courcelles Chaussy(FR)**

⑦ Mandataire: **Ventavoli, Roger**  
**2, route d'Uckange**  
**F-57290 Fameck(FR)**

⑤ **Générateur de puissance électrique réglable et son utilisation pour la production d'un fluide chaud.**

⑦ Ce générateur, utilisable dans une chaudière à induction à eau chaude, du type "transformateur" à enroulements primaire 3 et secondaire concentriques entourant un noyau magnétique 4 et dont l'enroulement secondaire, disposé extérieurement de préférence, est constitué par un serpentín tubulaire 2 encourt circuit 8, comprend des moyens de réglage de la puissance disponible au secondaire constitués par un noyau magnétique auxiliaire 10 disposé dans l'espace 11 de séparation des enroulements primaire et secondaire, sans liaison avec le noyau principal 4 et pourvu d'un enroulement électrique de commande 12 et par une unité 13, 14 de courant continu -ou redressé-  $I_c$  réglable alimentant l'enroulement de commande. De préférence, le noyau auxiliaire est dédoublé en deux parties 10a et 10b pourvues chacune d'un enroulement de commande propre 12a et 12b dans lesquels des courants continus réglables circulent conjointement dans des sens opposés.

L'invention permet un réglage continu linéaire de la puissance, et, par comparaison aux générateurs connus du même type, elle est de nature à procurer un gain appréciable en taille, simplicité et fiabilité.



**EP 0 368 712 A1**

## GENERATEUR DE PUISSANCE ELECTRIQUE REGLABLE ET SON UTILISATION POUR LA PRODUCTION D'UN FLUIDE CHAUD.

La présente invention a trait, de façon générale, à la fourniture d'une puissance électrique réglable à un circuit d'utilisation. Elle concerne plus particulièrement la production d'un fluide chaud, notamment d'un liquide, tel de l'eau, au sein d'une chaudière électrique à induction à puissance de chauffage réglable.

Les chaudières du type considéré sont conçus comme des transformateurs dont l'enroulement secondaire, mis en court-circuit, est constitué par un tube métallique enroulé en serpentín et parcouru par le fluide à chauffer. Celui-ci s'échauffe au contact de la paroi du serpentín, elle-même portée en température par effet Joule, en raison des courants induits qu'y développe le flux magnétique variable produit dans le circuit magnétique par le courant électrique du primaire.

Des chaudières thermo-inductives de ce type sont déjà connues, par exemple des documents: FR-B-527687, GB-B-2178254 GB-A-2105159, USP 2,856,488, ou encore l'EP-A-0193843.

Contrairement aux chaudières électriques classiques, ces appareils présentent la particularité de dissocier totalement le circuit d'alimentation électrique (le primaire) de la partie "chauffage". La sécurité des utilisateurs s'en trouve ainsi renforcée. De plus, le rapport de transformation propre aux transformateurs peut être mis à profit pour placer le serpentín à la basse tension tout en assurant une puissance élevée transmise par le primaire.

Un aspect essentiel non encore parfaitement résolu, semble t'il, demeure cependant le réglage de la puissance qui doit permettre de doser le chauffage du fluide selon les besoins.

Le premier des documents précités (FR-B-527697) suggère, à cette fin de se servir d'un simple rhéostat placé en série avec l'enroulement primaire d'un transformateur à enroulements concentriques.

Le document EP-A-0193843 également précité, propose une solution plus soucieuse du rendement énergétique de l'appareil. La régulation de la puissance de chauffage s'obtient au moyen de thyristors montés en cascade sur la serpentín au secondaire. A cet effet, celui-ci est constitué d'une batterie de mini-circuits hydrauliques en parallèle. La régulation ne peut se faire cependant que par sauts discrets. De plus, l'appareillage semble complexe, coûteux et sa fiabilité dépend de la tenue en usage de composants électroniques.

Dans sa demande de brevet français n° 87.04925 du 07-04-87, le Demandeur a déjà proposé une solution de réglage de la puissance " en continu ", consistant à utiliser une inductance satu-

nable en série dans le circuit primaire. Le noyau magnétique de l'inductance est pourvu d'un enroulement de commande dans lequel circule un courant continu -ou redressé-modifiant l'état magnétique du noyau.

La présente invention, applicable aux chaudières dotées d'enroulements co-axiaux, a pour but une solution de réglage "en continu" de la puissance de chauffe, fiable tout autant, mais plus économique et d'encombrement plus réduit encore que la solution évoquée ci-dessus.

A cet effet, l'invention pour objet un générateur de puissance électrique réglable, notamment pour la production d'un fluide chaud dans une chaudière électrique à induction, comprenant un transducteur magnétique, du type "transformateur" à enroulements primaire et secondaire co-axiaux entourant un noyau magnétique et des moyens de réglage de la puissance électrique disponible au secondaire, générateur caractérisé en ce que lesdits moyens de réglage de la puissance sont constitués par un noyau magnétique auxiliaire, séparé du noyau magnétique principal, pourvu d'un enroulement électrique de commande et disposé entre les enroulements primaire et secondaire, et par un générateur de courant continu -ou redressé-alimentant ledit enroulement de commande et associé à des moyens de réglage de l'intensité dudit courant continu.

Dans l'utilisation du générateur en tant que chaudière, l'enroulement secondaire est constitué par un serpentín tubulaire en court-circuit, destiné à être parcouru par un fluide à chauffer.

De préférence, le serpentín de chauffe est disposé extérieurement à l'enroulement primaire.

Conformément à une variante de réalisation préférée, l'enroulement extérieur est de conformation oblongue pour pouvoir accueillir le noyau magnétique auxiliaire disposé à côté de l'enroulement intérieur.

Conformément à une autre variante de réalisation préférée, le noyau magnétique auxiliaire est formé de deux parties semblables dotées chacune d'un enroulement de commande, dans lesquels les courants continus -ou redressés- circulent dans des sens opposés. Ces deux parties sont avantageusement disposées de part et d'autre de l'enroulement intérieur.

Pour des raisons pratiques, on se référera dans ce qui suit uniquement à la chaudière, étant entendu que tout ce qui sera dit à ce sujet concerne tout autant l'invention dans son acception plus générale en tant que générateur de puissance électrique réglable.

Comme on l'aura sans doute déjà compris, l'idée à la base de l'invention est de faire varier l'inductance propre du serpentin de chauffe à l'aide d'un noyau magnétique additionnel (ou auxiliaire) placé dans l'espace séparant les deux enroulements et dont la perméabilité est contrôlée par application d'un champ magnétique stationnaire produit, lui, par un enroulement de commande à courant continu ou redressé bobiné autour du noyau auxiliaire et dont on règle l'intensité.

Ce bobinage est de taille suffisante pour produire un champ magnétique capable de saturer le noyau magnétique auxiliaire quand le courant de commande est réglé à son intensité maximale,  $I_c$  max.

Le noyau magnétique auxiliaire est avantageusement formé de deux parties indépendantes analogues pour prendre en compte le fait que le courant d'excitation au primaire est un courant alternatif. S'il s'agit d'un alternatif pur à alternances symétriques, les deux parties constitutives du noyau pourront être rigoureusement identiques. Sinon, elles pourront présenter entre elles une différence, par exemple dans le nombre d'ampères-tours des enroulements de commande, ou de leur masse de matière magnétique.

Les enroulements de commande sont parcourus par des courants continus (ou redressés) circulant en sens opposés pour tenir compte du caractère alternatif du champ magnétique créé par le primaire. A tout instant, ce champ est donc magnétisant pour l'une des parties du noyau auxiliaire et démagnétisant pour l'autre, et "vice et versa" à l'alternance suivante. Globalement, on équilibre ainsi sur une période l'effet des alternances. Le noyau auxiliaire fonctionne donc de manière totalement indépendante du sens de circulation du courant dans l'enroulement primaire.

L'invention sera bien comprise et d'autres aspects et avantages ressortiront plus clairement au vu de la description qui suit, donnée à titre d'exemple, en référence aux planches de dessins annexées sur lesquelles:

- la figure 1 représente schématiquement un transducteur monophasé élémentaire constitutif d'une chaudière triphasée selon l'invention, dans sa version de base la plus simple, vue en coupe longitudinale selon le plan B-B de la figure 2, et comportant un noyau magnétique auxiliaire unique à enroulement de commande unique;

- la figure 2 montre en coupe transversale selon le plan A-A de la figure 1 les trois transducteurs élémentaires monophasés formant ensemble la chaudière;

- la figure 3 est un schéma de montage électrique illustrant le regroupement des trois transducteurs de la figure 2 pour former le générateur triphasé unique constituant la chaudière;

- la figure 4 représente, vue en coupe longitudinale selon le plan C-C de la figure 5, une réalisation de la chaudière à noyau magnétique auxiliaire dédoublé en deux parties dotées chacune d'un enroulement de commande;

- la figure 5 représente la chaudière de la figure 4 vue en coupe transversale selon le plan D-D de la figure 4;

- la figure 6 est un diagramme montrant, dans le cas d'une installation expérimentale de taille industrielle, l'évolution de la fraction de puissance de chauffage disponible "capturée" par le noyau magnétique auxiliaire en fonction de la section relative de ce noyau par rapport à celle du noyau principal;

- la figure 7 est une vue analogue à la figure 5, mais montrant une autre forme de réalisation du circuit magnétique auxiliaire.

Sur toutes ces figures, les mêmes éléments sont désignés par des références identiques.

On reconnaît, dans le transducteur élémentaire 1 de la figure 1, la structure habituelle d'un transformateur à enroulements co-axiaux extérieur 2 et intérieur 3, entourant un noyau magnétique central 4. Dans l'exemple considéré, le serpentin forme l'enroulement extérieur 2. L'enroulement intérieur 3, alimenté par le réseau de distribution de l'électricité symbolisé par l'unité 5, constitue donc ici l'enroulement primaire.

Le serpentin 2 est avantageusement un tube en acier inoxydable. Il est parcouru par un fluide caloporteur à chauffer, que l'on admettra être de l'eau. L'eau froide pénètre par la tubulure d'entrée 6 à la base du serpentin. Elle en ressort par la conduite de sortie 7 à l'extrémité supérieure, après s'être échauffée au contact de la paroi interne.

Le serpentin est mis en court-circuit sur lui-même par une liaison électrique 8 qui relie entre elles les conduites d'entrée 6 et de sortie 7. Par sécurité, une mise à la terre 9 de l'enroulement secondaire 2 est prévue au delà du pontage de court-circuit 8.

Comme on le voit, un noyau magnétique auxiliaire 10 est disposé dans l'espace intérieur 11, entre l'enroulement primaire intérieur 3 et le serpentin 2. Ce noyau, formé par empilage de toles magnétiques à l'instar du noyau principal 4, est doté d'un enroulement de commande 12 l'entourant sur une partie de sa hauteur. Cet enroulement est alimenté en courant continu (ou redressé) par une unité 13 équipée d'un variateur, symbolisé en 14 à sa sortie, pour le réglage de l'intensité  $I_c$  de ce courant continu de commande.

Un interrupteur 15 a également été prévu sur le circuit du primaire pour permettre son ouverture rapide en cas de besoin.

La figure 2 montre la chaudière complète formée de trois transducteurs identiques 1, 1' et 1''

disposés côte-à-côte. On se rend mieux compte, au vu de cette figure, de la forme oblongue avantageusement conférée à l'enroulement extérieur 2. Cette conformation permet d'accueillir, dans l'espace 11, au sein du serpentin 2, l'enroulement primaire 3 et le noyau magnétique auxiliaire 10, en les disposant l'un à côté de l'autre tout en minimisant l'espace 11.

On se rend également bien compte, au vu de cette figure et de la figure 3, que la chaudière selon l'invention peut parfaitement être construite sur la base d'un transformateur triphasé. Chacun des éléments opérationnels identiques 1, 1' ou 1'' constitue un transducteur autonome. Chaque transducteur est relié à une phase différente (U, V ou W) d'une alimentation électrique triphasée. Les trois enroulements primaires 3, 3' et 3'' sont montés ici en étoile. Chacun d'eux induit, par l'intermédiaire d'un circuit magnétique, dans un serpentin 2, 2' ou 2''. Chaque serpentin est monté sur une branche d'un circuit hydraulique de chauffage, qui en contient trois en parallèle.

Chaque transducteur élémentaire représenté sur la fig. 1 fonctionne de la manière suivante:

Du fait que le serpentin 2 est en court-circuit sur lui-même, un courant électrique y circule lorsque l'interrupteur 15 est en position fermée. Ce courant induit provoque un dégagement de chaleur par effet Joule, qui est transférée à l'eau à chauffer lors du passage de celle-ci au contact de la surface interne du serpentin.

Ce dégagement de chaleur dépend de l'intensité du courant dans le secondaire 2, laquelle est déterminée par la tension induite aux bornes de ce dernier. Cette tension est liée à la tension aux bornes du primaire 3, par le couplage magnétique entre les deux enroulements.

Afin de régler la puissance de chauffage développée par le serpentin, l'invention modifie ce couplage grâce au noyau auxiliaire 10 placé dans l'espace séparant le serpentin de l'enroulement primaire intérieur.

En fait, ce noyau magnétique auxiliaire, là où il se trouve entre les deux enroulements du transducteur, agit à l'égard du serpentin comme un noyau de fer dans une bobine à induction. On modifie le coefficient de self induction du serpentin en faisant varier l'état magnétique du noyau auxiliaire à l'aide du courant continu (ou redressé)  $I_c$  circulant dans l'enroulement de commande 12 monté à cet effet autour du noyau:

Quand  $I_c = 0$ , l'effet de self est maximal ("self dans le fer"). La puissance active, c'est-à-dire la puissance de chauffage du secondaire, est donc minimale.

Quand  $I_c$  est maximale ( $I_c = I_{max}$ ), l'effet de self est le plus faible. La puissance de chauffage est alors maximale.

Si, conformément à l'invention,  $I_{max}$  parvient à saturer le noyau auxiliaire ( $I_{max} = I_{sat}$ ), on est alors dans une situation de type "self dans l'air". La substance magnétique constitutive du noyau n'a plus aucune influence sur l'inductance du secondaire. La puissance de chauffe délivrée par le serpentin est alors la même que celle que lui fournirait le primaire en l'absence de noyau auxiliaire.

Entre ces deux points de fonctionnement extrêmes, le choix de la valeur de  $I_c$  permet de régler la puissance de chauffage au niveau désiré.

Par ailleurs, conformément à une réalisation avantageuse de l'invention, la substance magnétique du noyau auxiliaire est en quantité suffisante pour éviter, lorsque  $I_c = 0$ , que le noyau sature avant d'être à son aimantation maximale sous l'effet du champ magnétique créé par le serpentin. L'effet de self pure est alors très grand et la puissance de chauffage est, en contrepartie, quasiment nulle. L'expérience a montré que cette quantité "suffisante" de substance magnétique est réalisée avec une masse égale à environ une fois celle du noyau magnétique principal 4. Dans les formes de réalisation les plus fréquentes, les noyaux magnétiques ayant tous même hauteur, cette condition se ramène à un rapport des sections droites voisin de l'unité. C'est ce que montrent les courbes de la figure 6, à laquelle on se reportera plus en détails par la suite.

On a en fait compris que le noyau auxiliaire travaille toujours à saturation. Le courant de commande  $I_c$  sert à régler l'état magnétique initial, ou, ce qui revient au même, à régler la rapidité avec laquelle l'aimantation à saturation sera atteinte au cours d'une alternance du courant au primaire.

En fait, cette aimantation saturante n'est réalisée, en principe, que par l'une des deux alternances, à savoir celle créant dans le noyau auxiliaire une induction magnétique qui vient s'ajouter à celle déjà présente, générée par le courant de commande.

Pour parvenir à ce que chaque alternance soit saturante il est possible, comme le montre la variante de réalisation représentée sur les figures 4 et 5, de diviser le noyau magnétique auxiliaire en deux parties identiques 10a et 10b. Ces parties sont disposées symétriquement de part et d'autre de l'enroulement primaire 3 dans l'espace 11 au sein du serpentin. Chaque partie est pourvue de son enroulement de commande propre 12a ou 12b pour la circulation du courant de commande  $I_c$  (ou  $I_c'$ ) produit par l'unité 13. Les sens de bobinage des enroulements (ou leur mode de connexion aux bornes de la source 13) sont tels que les courants de commande circulent simultanément en sens opposés dans leurs enroulements respectifs.

L'explication de telles dispositions a déjà été

exposée auparavant. Elle tient au caractère "alternatif" du courant au primaire, par opposition au caractère "continu" du courant de commande. Le fait d'avoir des courants de commande circulant dans des sens opposés dans leurs enroulements respectifs 12a et 12b rend le champ magnétique produit par le serpentin de chauffe 2 plus rapidement saturant dans l'une des parties du noyau auxiliaire au cours d'une alternance, et plus rapidement saturant, de façon symétrique, dans l'autre à l'alternance suivante. Globalement, cela revient à rendre les variations du courant alternatif du primaire sans effet aucun sur le comportement du noyau auxiliaire.

On rappelle qu'il importe que l'enroulement de commande soit prévu de façon à réaliser un nombre d'Ampères-tours suffisant pour saturer le noyau auxiliaire quand  $I_c$  atteint une valeur maximale  $I_{sat}$ .

Par ailleurs, la masse magnétique constitutive du noyau auxiliaire doit être suffisante pour pouvoir "capturer" à vide (c'est-à-dire quand  $I_c = 0$ ) une fraction du flux magnétique généré au sein du serpentin la plus grande possible avant d'atteindre la saturation.

Ces deux considérations sont à la base de la définition de la plage de réglage de la puissance de chauffage. Pour mieux l'illustrer, les courbes de la figure 6 ont été construites à partir d'une chaudière expérimentale conforme aux figures 4 et 5. Ces courbes, paramétrées sur l'intensité  $I_c$  du courant de commande, montrent que la fraction de puissance transmise au serpentin par le primaire croît avec  $I_c$  et décroît quand la masse du noyau magnétique auxiliaire augmente. Par exemple, avec une masse magnétique 10 égale à celle du noyau principal 4 (rapport de sections de 1), on parvient à vide ( $I_c = 0$ ) à "capturer" plus de 98 % de la puissance de chauffage transmissible au serpentin par le primaire. En revanche, sous un courant de commande saturant ( $I_c = I_{sat}$ ) quelques pourcents seulement de la puissance disponible ne sont pas transmis au serpentin. On remarque d'ailleurs que sous  $I_{sat}$ , cette faible fraction de puissance "capturée" par le noyau auxiliaire est une quantité invariante de la masse de ce dernier. Ceci exprime sans doute l'effet de la conformation oblongue donnée à l'espace de séparation 11, qui localement éloigne les deux enroulements 2 et 3 et dégrade donc légèrement leur couplage magnétique.

On déterminera la masse du noyau auxiliaire dans chaque cas, en fonction des souhaits ou des nécessités de l'utilisateur quant à la largeur de la plage de réglage en puissance. Cependant, en raison de l'allure logarithmique que doivent avoir les tracés complets des courbes (allure déjà visible avec les points expérimentaux de la courbe  $I_c = 0$ ), l'influence de la masse relative du noyau auxiliaire

sur la plage de réglage de la puissance devient peu sensible au delà d'un certain seuil. Dans les conditions d'établissement de la figure 6, le seuil n'est pas encore atteint pour une masse égale à 1 fois environ celle du noyau principal 4, sauf "à vide" c'est-à-dire quand  $I_c = 0$ . Par contre, les courbes présentent une décroissance nette dès que le rapport des masses magnétiques auxiliaire/principal devient inférieur à 1

Ce phénomène est particulièrement bien vérifié pour la courbe  $I_c = 0$ : pour un rapport de masses de 1.0, quasiment les 100% de la puissance disponible au primaire est captée par le noyau auxiliaire, alors que celui-ci ne capte déjà plus que 85% de cette puissance quand ce rapport chute à 0.86, soit de 0.16 point seulement. Ceci montre clairement qu'on a avantage à conserver un rapport de masses voisin de l'unité, puisqu'on recherche une captation maximale de la puissance transmissible la plus proche de 100%, quand  $I_c = 0$  par définition.

On notera que, lorsque le noyau auxiliaire est dédoublé en ses deux parties 10a, 10b (variante fig.4 et 5), c'est la somme des masses de chaque partie, et non la masse de chacune, qui doit être considérée à cet égard.

Le réglage peut être aisément automatisé, si on le souhaite. Par exemple, comme le montre la figure 4, un régulateur 20 peut être prévu pour piloter l'unité 13.14 de courant continu de façon à maintenir l'écart de température entre une valeur de consigne  $V_c$  et la valeur qu'il reçoit d'un capteur 19, repérant la température de l'eau à la sortie 7 du serpentin, en deçà d'un seuil voulu prédéterminé.

Bien entendu, la tension induite aux bornes du serpentin dépend du rapport de transformation, c'est-à-dire du rapport entre le nombre de spires du serpentin 2 et celui de l'enroulement primaire 3. On aura donc avantage, pour obtenir des puissances élevées de chauffage, à faire travailler l'appareil en abaisseur de tension en prévoyant un nombre de spires sensiblement plus faible pour le serpentin que pour l'enroulement du primaire. On peut ainsi réaliser des chaudières dans une large gamme de puissance, allant, par exemple, de 100 Kw à 10 Mw environ, à partir d'une alimentation triphasée du réseau moyenne tension, chaque phase alimentant un transducteur élémentaire 1.1, 1 de l'appareil illustré sur les fig. 2 ou 5.

La régulation s'opère sans difficultés sur la quasi-totalité de la plage de puissance nominale de la chaudière. En fonction du point de régulation, le  $\cos \phi$  peut évoluer entre 0.93 "avant" et 0.93 "arrière", grâce à la présence de capacités, non représentées, montées classiquement en parallèle sur le circuit primaire, de manière à s'adapter au mieux aux conditions du réseau de distribution de l'électricité.

Le métal dont est formé le serpentín est avantageusement de l'acier inoxydable, ou tout autre métal ayant une résistivité électrique élevée. Ceci permet de travailler avec des densités de courant faibles, de l'ordre de 10 à 15 A/mm<sup>2</sup>, par exemple. En outre, avec l'emploi d'un acier inoxydable austénitique, la tenue à la corrosion à chaud est particulièrement satisfaisante.

Des dispositions habituelles pour améliorer le rendement de chauffage peuvent être prises sans difficultés. Par exemple un calorifugeage 24 du serpentín.

Quant au noyau auxiliaire 10, de nombreuses variantes de réalisation peuvent être envisagées. Quelle que soit la forme ou la structure retenues, il importe, comme déjà dit, qu'il puisse être saturé par le champ magnétique créé par le courant de commande  $I_c$ . On prévoira à cet effet un nombre de spires suffisant pour l'enroulement de commande 12, afin d'éviter de devoir faire appel à des intensités élevées (de plus de 20 A environ, pour fixer les idées).

Il importe aussi que le noyau auxiliaire demeure distinct et sans continuité matérielle avec le noyau magnétique principal 4. Le générateur triphasé complet comporte donc deux circuits magnétiques séparés, l'un propre à la partie "transformateur" et incluant les noyaux principaux, l'autre bouclant entre-eux les noyaux auxiliaires 10a, ... ou 10b...

Un exemple de réalisation est bien illustré sur la figure 5. D'un côté, des culasses supérieure 16 et inférieure 16' (cette dernière étant visible seulement sur la figure 4) relie entre-eux les noyaux principaux 4,4' et 4, l'ensemble formant un circuit magnétique de type habituel pour un transformateur triphasé. De l'autre, des colonnes 17a et 18a de retour du flux magnétique sont disposées de part et d'autre du groupe formé par les trois noyaux auxiliaires 10a, 10'a et 10'a. Ces cinq colonnes sont reliées entre-elles à l'aide de culasses communes supérieure 21a et inférieure 21'a, également bien visibles sur la figure 4. Des dispositions identiques sont prises pour l'autre groupe formé par les trois noyaux auxiliaires 10b, 10'b et 10'b à l'aide des colonnes d'extrémité 17b, 18b et des culasses 21b et 21'b.

La figure 7 montre une autre forme de réalisation des circuits magnétiques auxiliaires. Elle consiste schématiquement à remplacer les colonnes d'extrémité communes et les culasses communes à un groupe de noyaux auxiliaires par des circuits individuels pour chaque noyau. Ces circuits sont donc en nombre égal à celui des noyaux auxiliaires et comprennent chacun une colonne de retour 23a (23b) appariée individuellement à son noyau associé à l'aide de culasses également individuelles 22a (22b).

La première forme de réalisation décrite (fig.5), dite "à cinq colonnes", permet conjointement de réduire le nombre d'éléments constitutifs des circuits magnétiques auxiliaires et de constituer, en soi, une architecture compacte rigide pouvant éventuellement servir de châssis de support pour le reste. En revanche, la variante à culasses individuelles de la figure 7, dite "à six colonnes", permet aux courants de commande de circuler dans des sens opposés dans les enroulements des noyaux auxiliaires d'un même groupe 10a...ou 10b... On pourra, par ailleurs, trouver avantage à dimensionner le circuit magnétique 10 de façon que, pour une puissance nominale donnée disponible au primaire, on se situe déjà au début du palier de saturation quand  $I_c=0$ . Au delà, le noyau pourrait rapidement se trouver sous-dimensionné, ce qui réduirait l'étendue de la plage de réglage de la puissance transmissible au secondaire. En deçà, le noyau serait surdimensionné. Ceci, en soi, n'est pas nécessairement gênant, mais représente cependant un facteur de surcoût et va à l'encontre du but recherché, qui est de réduire au maximum la taille de l'appareil. De plus, cela contribuerait à resserrer cette fois la plage de réglage de la puissance et imposerait de ce fait une précision accrue, donc moins aisée, sur la valeur de la puissance dans cette plage.

Il va de soi que l'invention ne se limite pas aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, mais s'étend à de multiples variantes ou équivalents dans la mesure où sont respectées les caractéristiques énoncées dans les revendications jointes.

En particulier, on aura certainement compris que la position relative des deux enroulements coaxiaux entre-eux est parfaitement interchangeable. Le noyau magnétique auxiliaire a rigoureusement le même effet global sur la captation de la puissance transmissible au secondaire par le primaire, dans la mesure où il est placé entre les deux enroulements. Que l'enroulement primaire soit à l'intérieur, autour du noyau magnétique principal, ou à l'extérieur, entourant alors non seulement le noyau principal, mais également le serpentín et le noyau magnétique auxiliaire disposés côte-à-côte, quand la modification de l'état magnétique de ce dernier règle le courant de court-circuit sur le secondaire, il règle de même le courant d'alimentation de l'autre enroulement, et ce, indépendamment de leur position relative. Des considérations pratiques seules font préférer la mise du serpentín en position extérieure, comme la facilité d'accès aux entrée-sortie de celui-ci, ou la diminution de la longueur de la spire moyenne du primaire, qui minimise les pertes et permet d'améliorer le rendement électrique.

On notera que le domaine d'application de

l'invention englobe la production d'eau chaude, tant pour le chauffage d'immeubles que pour usage en procédés industriels. De même, l'invention s'applique également au chauffage de fluides calo porteurs autres que l'eau, par exemple de l'huile, ou même des sels fondus destinés à être utilisés tels quels ou à générer de la vapeur à haute température dans des échangeurs.

On rappelle également que l'invention, bien que réalisée initialement pour le chauffage de fluides, ne se limite nullement à une chaudière à induction, mais s'étend à tout générateur capable de délivrer aux bornes de son enroulement secondaire une puissance électrique réglable. Il suffit, pour le réaliser, de remplacer, dans la chaudière exemplifiée auparavant, le serpentin de chauffe en court-circuit par un simple enroulement électrique, connectable par ses extrémités à un circuit d'utilisation.

### Revendications

1) Générateur de puissance électrique réglable comprenant un transducteur magnétique du type "transformateur" à enroulements primaire et secondaire concentriques entourant un noyau magnétique (4), caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de réglage de la puissance disponible au secondaire, constitués par un noyau magnétique auxiliaire (10) séparé du noyau magnétique principal (4), pourvu d'un enroulement électrique de commande (12) et disposé dans l'espace (11) de séparation des enroulements primaire (3) et secondaire (2), et par une unité (13) de production d'un courant continu-ou redressé-alimentant ledit enroulement de commande et associée à des moyens de réglage (14) de l'intensité  $I_c$  dudit courant de commande en fonction de la puissance électrique désirée.

2) Générateur selon la revendication 1, pour la production d'un fluide chaud au sein d'une chaudière électrique à induction, caractérisé en ce que l'enroulement secondaire est constitué par un serpentin tubulaire (2) en court-circuit (8) destiné à être parcouru par le fluide à chauffer.

3) Générateur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'enroulement secondaire (2) est disposé extérieurement à l'enroulement primaire (3).

4) Générateur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le noyau magnétique auxiliaire est dédoublé en deux parties (10a, 10b) pourvues chacune d'un enroulement de commande propre (12'a, 12'b), ces enroulements étant destinés à être parcourus par des courants électriques continus -ou redressés-  $I_c, I'_c$  circulant dans des sens opposés.

5) Générateur selon la revendication 1 ou 2,

caractérisé en ce que l'enroulement extérieur (2) est de forme oblongue et en ce que l'enroulement intérieur (3), entourant le noyau magnétique principal (4), et le noyau magnétique auxiliaire (10) sont placés côte à côte au sein de l'enroulement extérieur.

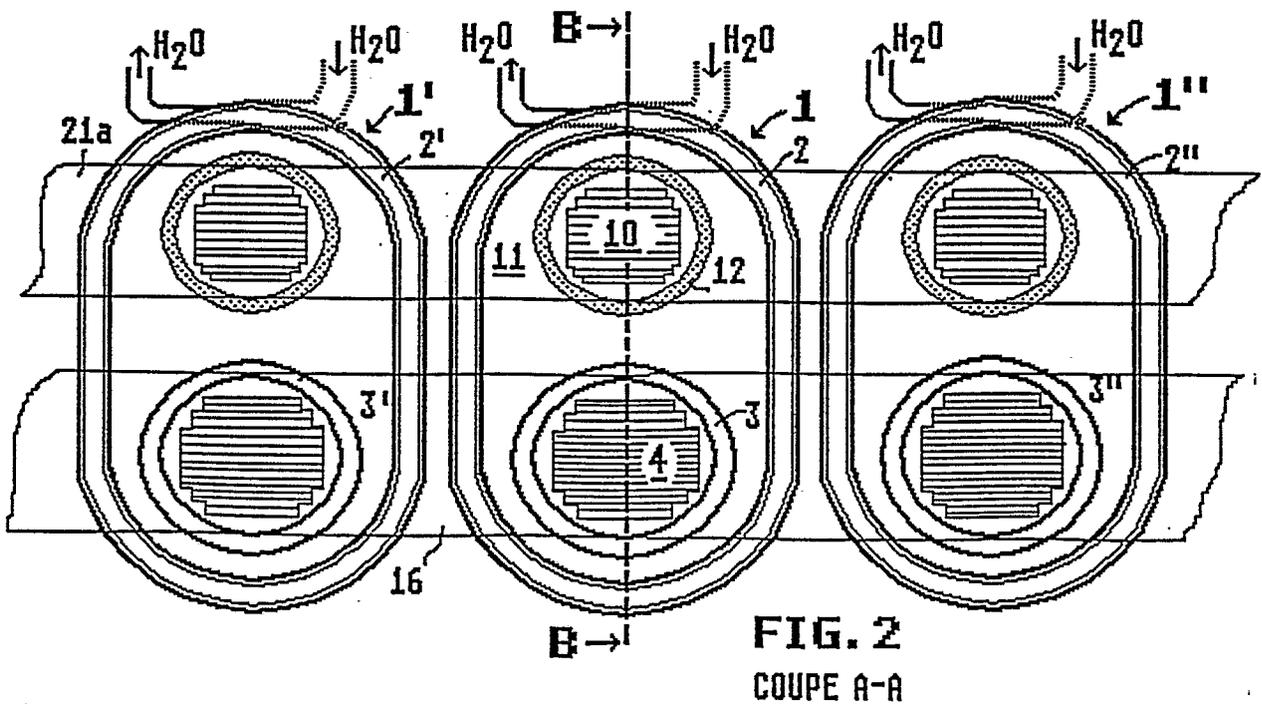
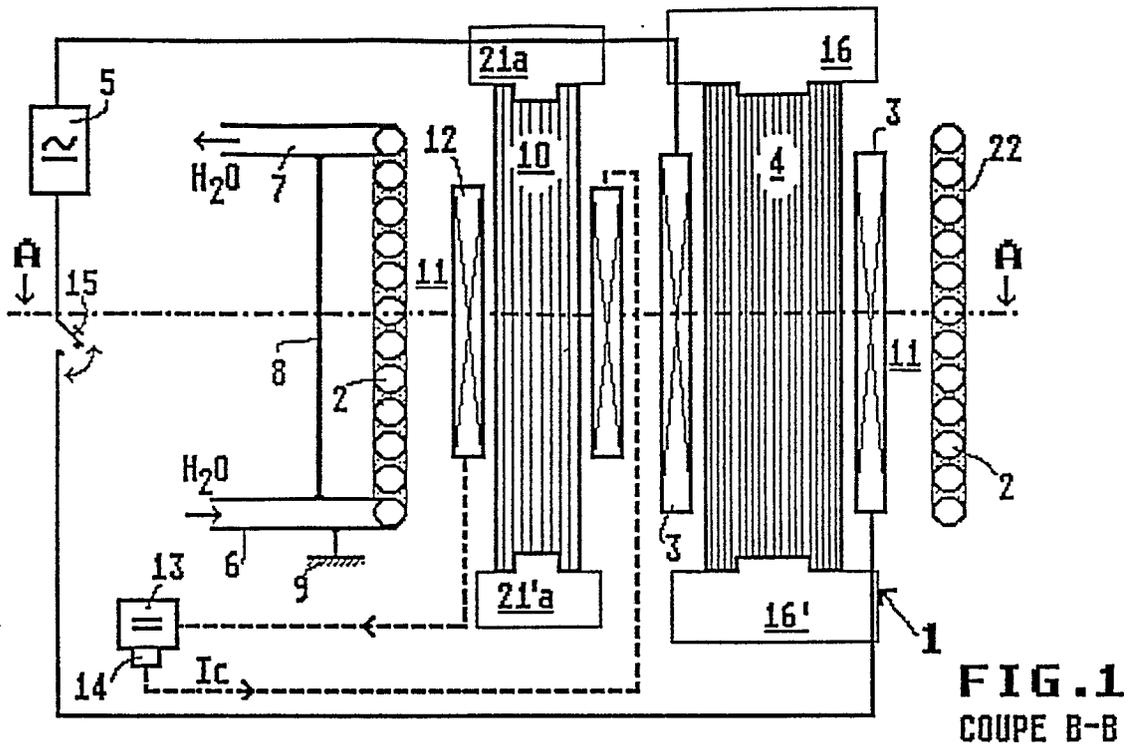
6) Générateur selon les revendications 4 et 5, caractérisé en ce que l'enroulement extérieur (2) est de forme oblongue et en ce que les parties (10a, 10b) constitutives du noyau magnétique auxiliaire sont disposées de part et d'autre de l'enroulement intérieur (3).

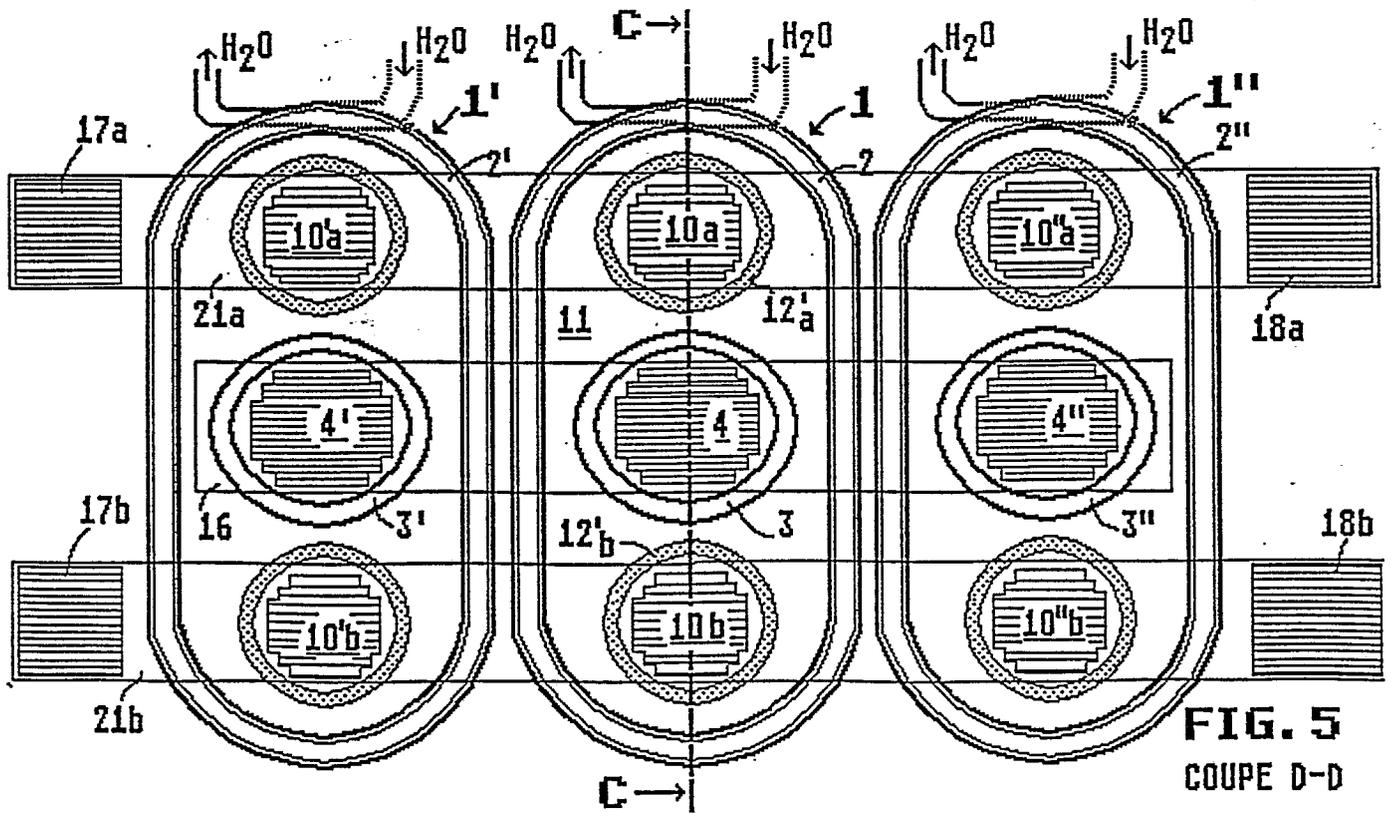
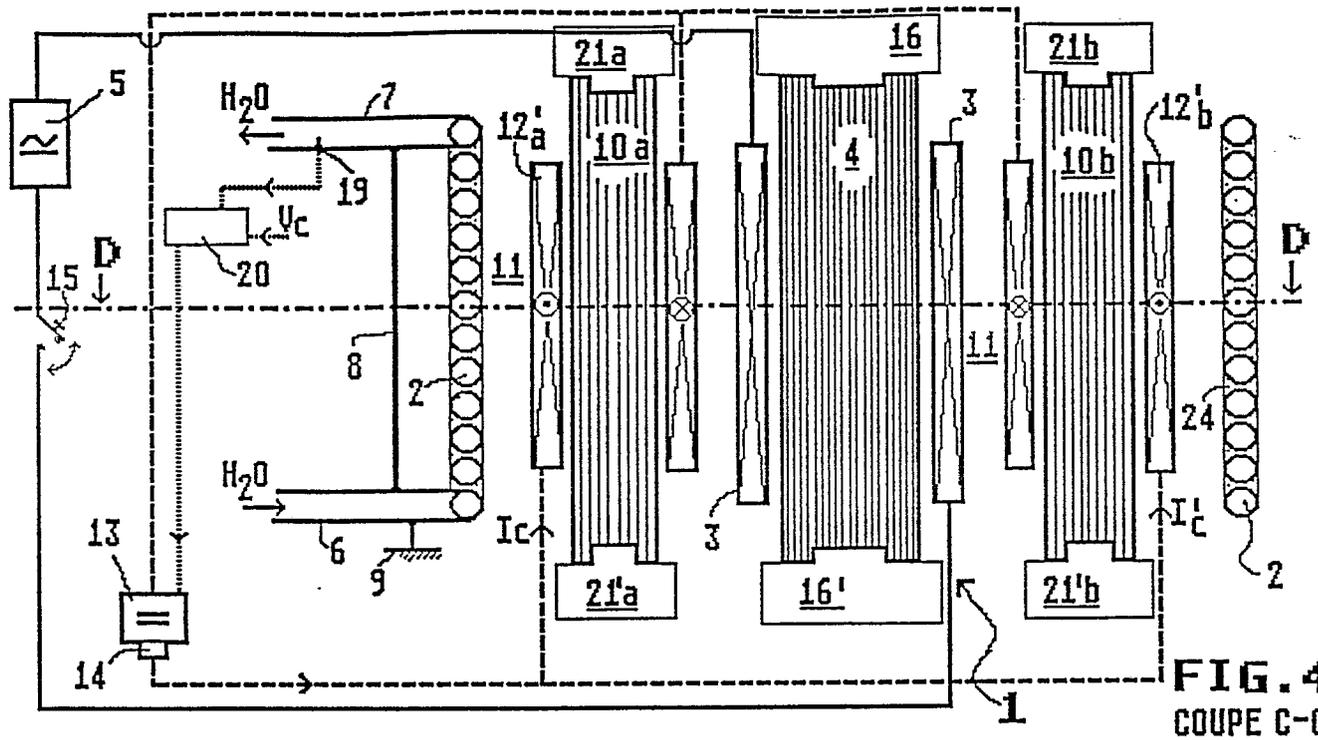
7) Générateur selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce qu'il est équipé de moyens (19,20) de régulation automatique de la puissance électrique réglable.

8) Générateur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il est constitué de trois transducteurs magnétiques (1, 1' et 1'') alimentés chacun par une phase différente d'une alimentation électrique triphasée (5).

9) Générateur selon les revendications 1 ou 2, et 8 caractérisé en ce que les noyaux magnétiques auxiliaires (10...) sont reliés entre-eux par un circuit magnétique comprenant des colonnes de retour communes (17,18) et des culasses de liaison communes (21,21').

10) Générateur selon les revendications 1 ou 2, et 7 caractérisé en ce que les noyaux magnétiques auxiliaires (10...) sont pourvus chacun d'un circuit magnétique individuel (22, 23).





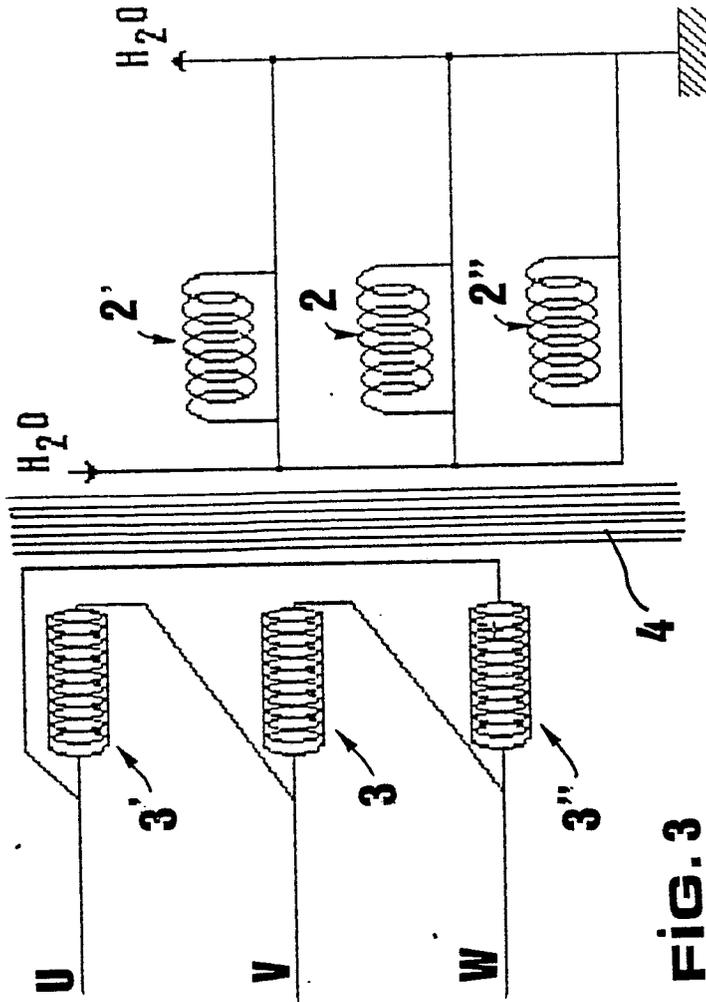
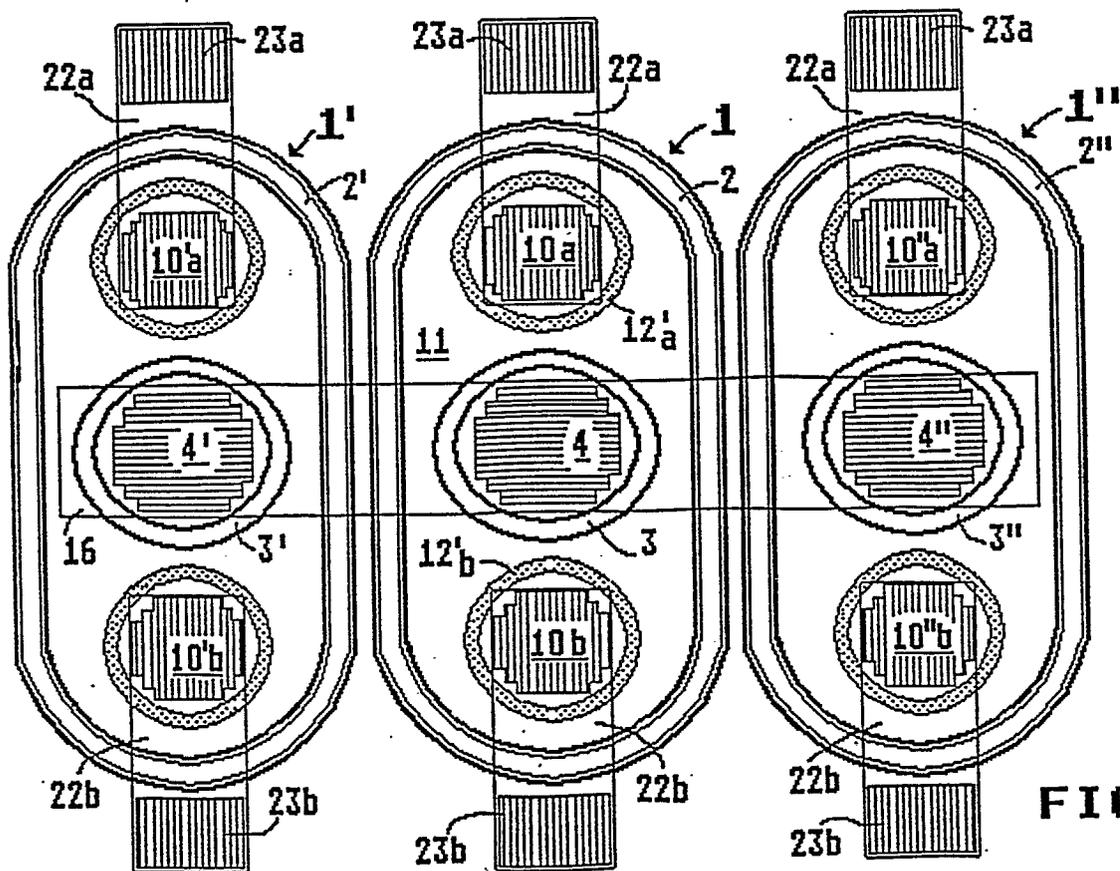
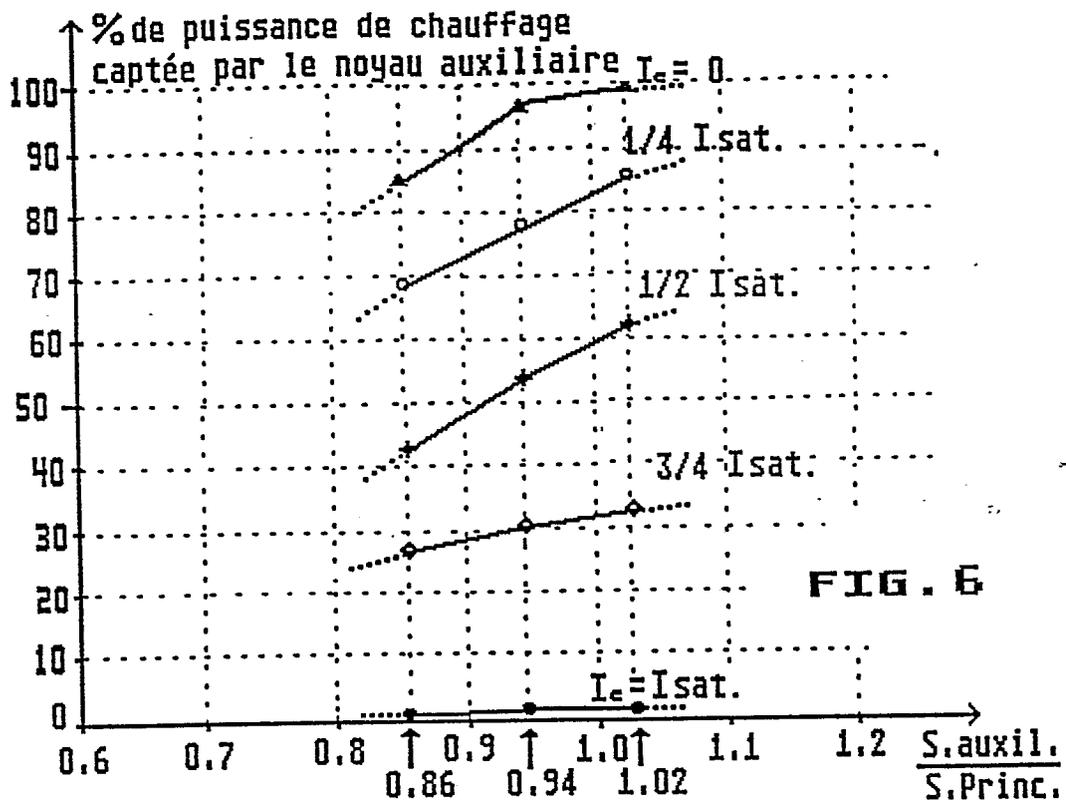


FIG. 3





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.5)	
D,A	GB-A-2203319 (FRANCE TRANSFO S.A.) * page 4, ligne 1 - page 7, ligne 7; figures 1-3 * ---	1, 2, 7, 8	H05B6/02	
D,A	EP-A-193843 (ALSTHOM ET AL.) * colonne 2, lignes 34 - 58; figures 1-3 * ---	1-3, 8		
D,A	FR-A-527697 (SOCIETE NOEL ET AL.) * page 1, lignes 1 - 35; figure 2 * ---	1-3, 8		
A	US-A-1714962 (GEORGE A. THORNTON ET AL.) * page 4, ligne 76 - page 5, ligne 31; figures 1, 5 * ---	1, 4, 6, 7, 9		
A	US-A-3679966 (CRAVENS L. WANLASS) * colonne 2, ligne 36 - colonne 3, ligne 23; figures 1, 2 * ---	1, 5, 7, 10		
A	US-A-2836694 (WILLIAM A. EMERSON) * colonne 1, ligne 59 - colonne 2, ligne 48; figures 1, 2 * ---	1, 7, 9		
P,X	EP-A-295072 (THE ELECTRICITY COUNCIL) * colonne 2, ligne 50 - colonne 3, ligne 42; figures 1, 4 * ---	1, 4, 7, 10		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHEES (Int. Cl.5)
A	DE-B-1006545 (SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AKTIENGESELLSCHAFT) ---			H05B G05F
A	US-A-2586657 (WILLIAM J. HOLT, JR.) ---			
A	FR-A-1335148 (SOCIETE DE L'ELECTRONIQUE FRANCAISE) ---			
A	US-A-3505588 (ELWOOD M. BROCK) ---			
A	US-A-1668711 (CLARENCE T. EVANS) -----			
I.e présent rapport a été établi pour toutes les revendications				
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 29 JANVIER 1990	Examineur RAUSCH R.G.	
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		