

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑰ Numéro de dépôt: 85401260.6

⑸ Int. Cl.⁴: **H 05 B 6/02**
H 05 B 6/42

⑱ Date de dépôt: 24.06.85

⑳ Priorité: 28.06.84 FR 8410225

㉓ Date de publication de la demande:
05.02.86 Bulletin 86/6

㉔ Etats contractants désignés:
DE FR GB SE

⑦① Demandeur: **ELECTRICITE DE FRANCE Service National**
2, rue Louis Murat
F-75008 Paris(FR)

⑦① Demandeur: **Celes**
89 Bis, rue Principale B.P. 5
F-68610 Lautenbach(FR)

⑦② Inventeur: **Nuns, Jacques**
6, rue du Château d'eau
F-77250 Ecuelles(FR)

⑦② Inventeur: **Abraham, Joseph**
24, rue de Pfaffenheim
F-68250 Rouffach(FR)

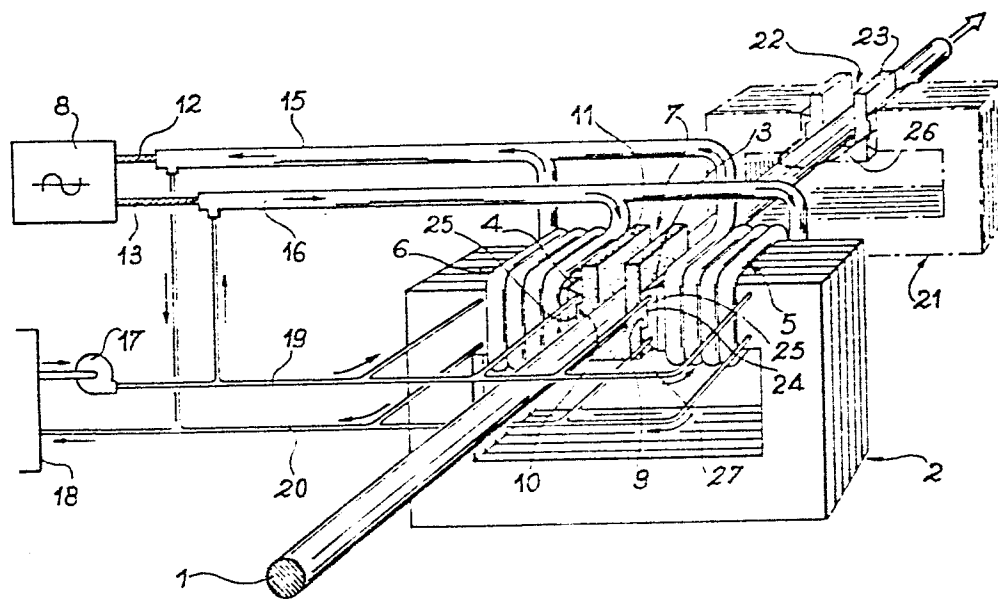
⑦④ Mandataire: **Mongrédién, André et al,**
c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris(FR)

⑤④ **Dispositif à induction électromagnétique pour le chauffage d'éléments métalliques.**

⑤⑦ L'invention concerne un dispositif à induction électromagnétique pour le chauffage d'éléments métalliques.

Le dispositif comprend au moins un circuit magnétique (2) en boucle plane ouverte à deux extrémités (3, 4) situées face à face, un inducteur (5, 6) bobiné sur ce circuit magnétique. L'élément (1) à chauffer est placé dans l'entrefer (7) situé entre les deux extrémités de la boucle (3, 4). L'inducteur comprend deux enroulements (5, 6) bobinés sur le circuit magnétique (2), respectivement à proximité des deux extrémités (3, 4) de la boucle; ces enroulements sont alimentés respectivement par des courants électriques alternatifs en phase; chaque extrémité de la boucle plane s'amincit en forme de chanfrein vers l'entrefer.

Application aux traitements thermiques par induction.



Dispositif à induction électromagnétique, pour le chauffage d'éléments métalliques.

La présente invention concerne un dispositif à induction électromagnétique pour le chauffage d'éléments métalliques. Ce dispositif s'applique aux traitements thermiques par induction, d'éléments métalliques et notamment de fils ou barres d'aluminium. On sait réaliser des traitements thermiques à l'aide d'un inducteur solénoïde à l'intérieur duquel circule l'élément métallique à traiter. Ce type de dispositif a pour avantage d'être très simple mais il présente d'importants inconvénients : son rendement est faible pour les non-ferreux ; de plus, lorsque des éléments métalliques tels que des fils ou barres d'aluminium provenant d'un système de coulée continue, sont à traiter, ces éléments par suite d'incidents de fonctionnement du système mécanique aval peuvent venir s'enchevêtrer dans le solénoïde et provoquer sa détérioration.

On connaît aussi un autre type de dispositif à induction électromagnétique, pour le chauffage d'éléments métalliques ; cet autre dispositif comprend un circuit magnétique ayant la forme d'une boucle plane ouverte à deux extrémités situées face à face, et des enroulements inducteurs bobinés sur ce circuit. L'élément métallique à chauffer est placé dans l'entrefer situé entre les deux extrémités de la boucle. Ce dispositif est décrit dans la demande de brevet français n° 2489645 déposée le 27/08.81, au nom du même demandeur. Ce type de dispositif, bien que ne présentant pas l'inconvénient de pouvoir être détérioré lors du déplacement des fils métalliques à traiter, présente cependant un rendement très faible ; ce faible rendement résulte essentiellement de l'emplacement des enroulements inducteurs sur le circuit magnétique ainsi que des pertes intervenant dans le circuit magnétique et

Les enroulements. Ces enroulements sont en effet situés assez loin de l'entrefer et le rendement est assez faible à cause des pertes par courants de Foucault et des pertes thermiques.

5 L'invention a pour but de remédier aux inconvénients mentionnés plus haut et notamment de réaliser un dispositif à induction électromagnétique, pour le chauffage d'éléments métalliques, présentant un rendement élevé, dans lequel les pertes thermiques et les
10 pertes par courants de Foucault sont minimisées ; la forme du dispositif permet en outre de chauffer des éléments métalliques ayant la forme de fils barres ou de fils circulant dans l'entrefer de manière continue, sans risque de détérioration.

15 L'invention a pour objet un dispositif à induction électromagnétique pour le chauffage d'éléments métalliques comprenant au moins un circuit magnétique en boucle plane ouverte à deux extrémités situées face à face, un inducteur bobiné sur ce circuit magnétique,
20 l'élément à chauffer étant placé dans l'entrefer situé entre les deux extrémités de la boucle, caractérisé en ce que ledit inducteur comprend deux enroulements bobinés sur le circuit magnétique, respectivement à proximité des deux extrémités de la boucle, ces enroulements
25 étant alimentés respectivement par des courants électriques alternatifs en phase, chaque extrémité de la boucle s'amincissant en forme de chanfrein vers l'entrefer, ce chanfrein étant réalisé sur tout le pourtour de chaque extrémité de la boucle, le circuit magnétique
30 comprenant au moins au voisinage desdites extrémités des moyens de refroidissement constitués par au moins un conduit parcouru par un fluide de refroidissement et situé à l'intérieur du circuit magnétique.

35 Selon une autre caractéristique, les enroulements comprennent des moyens de refroidissement.

5

Selon une autre caractéristique, le circuit magnétique est constitué par un assemblage de plaques découpées respectivement en forme de boucles élémentaires ouvertes à deux extrémités, ces plaques étant découpées et assemblées pour que leurs extrémités forment lesdits chanfreins.

10

Selon une autre caractéristique, le conduit de refroidissement à l'intérieur du circuit magnétique est constitué par des plaques creuses de ce circuit magnétique.

15

Selon une autre caractéristique, une encoche est taillée sur chacune des faces des extrémités de la boucle, perpendiculairement à la direction du champ créée par la bobine et perpendiculairement au plan de la boucle du circuit magnétique.

20

Selon une autre caractéristique, chaque enroulement est constitué par un câble à plusieurs brins, bobiné autour de l'inducteur au voisinage de l'extrémité correspondante de la boucle.

25

Selon une autre caractéristique, lesdits moyens de refroidissement de chaque enroulement sont constitués par une gaine contenant chaque câble et parcourue par un fluide de refroidissement.

30

Selon une autre caractéristique, le dispositif comprend au moins une paire de circuits magnétiques identiques placés côte à côte, parallèlement l'un à l'autre, de manière que leurs entrefers soient en regard l'un de l'autre, l'enroulement bobiné sur l'un des circuits magnétiques étant alimenté par un courant alternatif en phase avec le courant alternatif qui alimente l'autre enroulement.

35

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, donnée en référence à la figure unique annexée.

La figure unique représente schématiquement un dispositif conforme à l'invention. Ce dispositif à

induction électromagnétique permet de chauffer des éléments métalliques et notamment des fils ou barres d'aluminium provenant d'un système de coulée continue ; ces fils ou barres doivent subir un traitement thermique par réchauffage jusqu'à 520°C par exemple.

Le dispositif comprend au moins un circuit magnétique 2 en boucle plane ouverte à deux extrémités 3, 4, situées face à face. Ce dispositif comprend aussi un inducteur à deux enroulements 5, 6, bobinés sur le circuit magnétique 2, respectivement à proximité des deux extrémités 3, 4 de la boucle. L'élément métallique à chauffer est placé dans l'entrefer 7, entre les deux extrémités de la boucle ; les enroulements 5, 6 sont alimentés respectivement par des courants électriques alternatifs en phase, fournis par exemple par une source électrique de courant alternatif 8. Chaque extrémité de la boucle du circuit magnétique 2 a la forme d'un chanfrein dirigé vers l'entrefer 7. Des encoches 9, 10 sont taillées sur les faces des extrémités 3, 4 de la boucle du circuit magnétique 2, perpendiculairement à la direction du champ créée par les bobines et perpendiculairement au plan de la boucle du circuit magnétique. Il est à remarquer que les chanfreins sont réalisés sur tout le pourtour de chaque extrémité de la boucle.

Dans les dispositifs connus, seuls sont réalisés les chanfreins tels que 3 et 27. Il en résulte, dans ces dispositifs connus, des pertes localisées par courants de Foucault. En effet, en l'absence de chanfreins tels que 25, des lignes du champ magnétique se referment perpendiculairement aux tôles du circuit magnétique, en passant à l'extérieur de l'entrefer. L'une de ces lignes est représentée en traits interrompus en 26. Dans l'invention, ces lignes n'existent évidemment pas, justement grâce aux chanfreins tels que 25. Les

5 pertes par courants de Foucault sont minimisées et le rendement du dispositif est bien meilleur. Dans l'invention, seules sont présentes des lignes de champ magnétique perpendiculaires aux deux faces en regard des deux extrémités de la boucle, dans l'entrefer.

10 Le circuit magnétique peut être constitué soit par des tôles de fer doux, soit par des blocs de ferrite. Les chanfreins aux extrémités opposées de ce circuit permettent d'augmenter la concentration du champ magnétique, vers l'élément métallique à chauffer. Les chanfreins 24 et 25 permettent également de réduire les échauffements du circuit magnétique, dus aux courants de Foucault, qui se produiraient sur les bords des extrémités du circuit magnétique, en absence de chanfreins. Les encoches 9, 10 sont destinées à assurer dans l'entrefer une bonne stabilité mécanique de l'élément mécanique chauffé, notamment lorsque celui-ci a la forme d'un fil ou d'une barre. Elles permettent en fait de produire un champ magnétique constant dans l'entrefer évitant ainsi l'apparition de forces de répulsion qui ont tendance à éjecter de l'entrefer l'élément à chauffer. En effet, en absence d'encoche, un point d'équilibre instable apparaît à mi-hauteur de l'entrefer. De manière à parfaire le guidage de l'élément métallique à chauffer, notamment lorsque celui-ci a la forme d'un fil ou d'une barre, une pièce de guidage 11 est placée dans l'entrefer 7 ; cette pièce de guidage qui peut être constituée par exemple dans un matériau thermiquement isolant est solidaire des extrémités de la boucle du circuit magnétique 2 et prend appui au fond des encoches 9, 10. Les enroulements 5, 6 sont bobinés aux extrémités de la boucle 2, au plus près de l'entrefer, de manière à éviter les fuites de flux magnétique. Ces enroulements sont constitués par des câbles 12, 13 à plusieurs brins (de cuivre par exemple) représentés schématiquement sur la figure.

Des moyens de refroidissement des enroulements sont prévus :

Dans le mode de réalisation de l'invention, ils sont constitués par des gaines plastiques 15, 16 enrobant les câbles et dans lesquelles circule un liquide de refroidissement, provenant d'une pompe 17 reliée à un réservoir 18 contenant ce liquide de refroidissement (de l'eau par exemple). Le refroidissement des enroulements permet de limiter les pertes par courants de Foucault dues à l'induction qui sort du circuit magnétique ; le rendement du dispositif est accru par ce type d'inducteur.

Des moyens de refroidissement du circuit magnétique 2 sont également prévus au voisinage des extrémités de la boucle ; ils sont constitués par des conduits 19, 20 reliés par exemple à la pompe 17 et au réservoir 18 permettant de faire circuler un liquide de refroidissement, dans des conduits internes au circuit magnétique 2. Ces circuits de refroidissement qui sont connus dans l'état de la technique, ne sont pas représentés sur la figure. Le refroidissement des tôles de fer ou des blocs de ferrite du circuit magnétique 2, permet aussi d'accroître le rendement du dispositif.

Le circuit de refroidissement à l'intérieur du circuit magnétique peut être constitué par un conduit de forme appropriée ou par une "boîte à eau" épousant la forme du circuit magnétique, notamment au voisinage de chaque extrémité de la boucle, ces boîtes à eau pouvant être constituées par certaines des plaques du circuit magnétique qui peuvent être creuses. Les plaques de fer ou les blocs de ferrite qui constituent le circuit magnétique sont assemblés par des moyens connus dans l'état de la technique et non représentés sur la figure. Ces plaques sont découpées de manière à présenter la forme de boucles et de manière qu'après

assemblage, les extrémités du circuit magnétique forment des chanfreins.

Le dispositif de l'invention comprend de préférence une paire de circuits magnétiques 2, 21, identiques, placés côte à côte, parallèlement l'un à l'autre, de manière que leurs entrefers 7, 22 soient en regard l'un de l'autre. Le deuxième circuit magnétique 21 comprend aussi deux enroulements (non représentés sur la figure), bobinés à chacune de ses extrémités, ainsi que des moyens de guidage 23, dans l'entrefer 22. Les enroulements bobinés sur le deuxième circuit magnétique 21 sont alimentés (de manière non représentée mais semblable à celle des enroulements 5, 6) par un courant électrique alternatif en opposition de phase avec le courant alternatif qui alimente les enroulements bobinés sur le circuit magnétique 2. Le fil ou la barre d'aluminium à chauffer circulent dans les pièces de guidage thermiquement isolante 11, 23.

L'alimentation des enroulements des premier et deuxième circuits magnétiques 2, 21 par des courants alternatifs en opposition de phase permet de produire respectivement, dans les entrefers de ces enroulements, des flux magnétiques de sens opposés ; cette disposition permet d'éviter la présence de tout flux magnétique dans le circuit formé par l'élément à réchauffer et par les appareils qui permettent de manipuler cet élément. Tout flux magnétique dans ce circuit provoque en effet l'apparition d'un courant préjudiciable au chauffage de l'élément métallique.

Des essais effectués sur un échantillon constitué par un fil d'aluminium de 26 mm de diamètre ont permis de montrer que le rendement du dispositif était de 65% ; le dispositif qui a permis ces essais présente, pour chacun des circuits magnétiques, un entrefer de largeur 45 mm. Les enroulements, pour ces essais,

5 sont alimentés par un courant alternatif d'intensité voisine de 2500 Å et présentant une fréquence de 280 Hz ; la puissance du dispositif est de 14000 W. Le dispositif mis en oeuvre pour les essais a permis de porter la température du fil d'aluminium à 520°.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif à induction électromagnétique pour le chauffage d'éléments métalliques (1), comprenant au moins un circuit magnétique (2) en boucle plane ouverte à deux extrémités (3, 4) situées face à face, un inducteur (5, 6) bobiné sur ce circuit magnétique, l'élément (1) à chauffer étant placé dans l'entrefer (7) situé entre les deux extrémités de la boucle (3, 4), caractérisé en ce que ledit inducteur comprend deux enroulements (5, 6) bobinés sur le circuit magnétique (2), respectivement à proximité des deux extrémités (3, 4) de la boucle, ces enroulements étant alimentés respectivement par des courants électriques alternatifs en phase, chaque extrémité de la boucle s'amincissant en forme de chanfrein vers l'entrefer, ce chanfrein étant réalisé sur tout le pourtour de chaque extrémité de la boucle, le circuit magnétique (2) comprenant au moins au voisinage desdites extrémités (3, 4), des moyens de refroidissement (17, 18, 19, 20) constitués par au moins un conduit parcouru par un fluide de refroidissement et situé à l'intérieur du circuit magnétique.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les enroulements (5, 6) comprennent des moyens de refroidissement (15, 16, 17, 18).

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le circuit magnétique (2) comprend un assemblage de plaques découpées respectivement en forme de boucles élémentaires ouvertes à deux extrémités, ces plaques étant découpées et assemblées pour que leurs extrémités (3, 4) forment lesdits chanfreins.

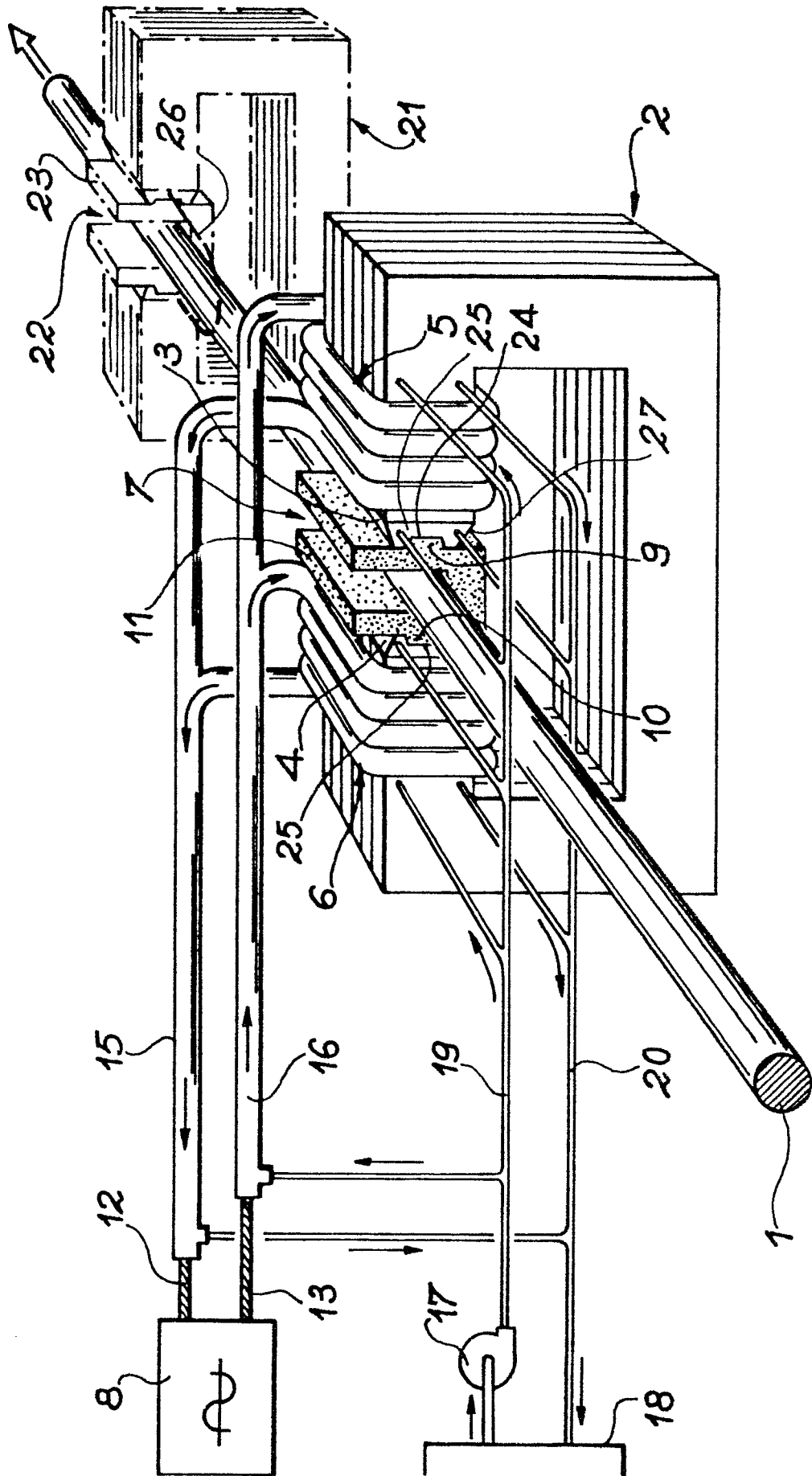
4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le conduit de refroidissement à l'intérieur du circuit magnétique est constitué par des plaques creuses de ce circuit magnétique.

5 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'une encoche (9 ou 10) est taillée sur chacune des faces des extrémités (3, 4) de la boucle (2), perpendiculairement à la direction du champ créé par la bobine et perpendiculairement au plan de la boucle.

10 6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que chaque enroulement (5 ou 6) est constitué par un câble (12 ou 13) à plusieurs brins, bobiné autour du circuit magnétique (2) au voisinage de l'extrémité correspondante de la boucle.

15 7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits moyens de refroidissement de chaque enroulement sont constitués par une gaine (15 ou 16) contenant chaque câble (12 ou 13) et parcourue par un fluide de refroidissement.

20 8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une paire de circuits magnétiques (2, 21) identiques placés côte à côte, parallèlement l'un à l'autre de manière que leurs entrefers (7, 22) soient en regard l'un de l'autre, l'enroulement bobiné sur l'un des circuits magnétiques (2) étant alimenté par un courant alternatif en opposition de phase avec le courant alternatif qui alimente
25 l'enroulement bobiné sur l'autre circuit (21).





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. 4)
D,A	FR-A-2 489 645 (E.D.F.) * Page 3, ligne 29 - page 4, ligne 1; figure 3 * ---	1	H 05 B 6/02 H 05 B 6/42
A	DE-A-2 315 502 (ELIN-UNION) * Page 2, alinéas 3-6; page 3, alinéas 1,3; figures * ---	1-3,6,8	
A	US-A-4 359 620 (KELLER) * Colonne 5, ligne 55 - colonne 6, ligne 2; figure 6 * ---	1,3,8	
A	FR-A-2 140 510 (USS ENGINEERS AND CONSULTANTS INC.) * Page 2, ligne 37 - page 3, ligne 24 * ---	1-3,5,8	
A	US-A-2 457 843 (STRICKLAND) * Colonne 1, dernier alinéa; colonne 2, lignes 1-10; colonne 3, lignes 4-27; figure 3 * ---	2,7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (int. Cl. 4) H 05 B 6/00 C 21 D 9/00
A	FR-A-2 404 371 (O.N.E.R.A.) ---		
A	GB-A-1 421 493 (THE ELECTRICITY COUNCIL) -----		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			

Lieu de la recherche LA HAYE	Date d'achèvement de la recherche 30/09/1985	Examinateur RAUSCH R.G.
--	--	-----------------------------------

OEB Form 1503 03 82	CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention
	X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
	Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande
	A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons
	O : divulgation non-écrite		& : membre de la même famille, document correspondant
P : document intercalaire			