







## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN



 Numéro de dépôt: **89400908.3**


 Int. Cl.<sup>4</sup>: **H 05 B 6/42**  
**H 05 B 6/02**


 Date de dépôt: **03.04.89**



 Priorité: **26.04.88 FR 8805940**


 Date de publication de la demande:  
**02.11.89 Bulletin 89/44**


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


 Demandeur: **INSTITUT DE RECHERCHES DE LA**  
**SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)**  
**Voie Romaine B.P. 64**  
**F-57210 Maizières-lès-Metz (FR)**


**ROTELEC S.A.**  
**40, rue Jean Jaurès**  
**F-93176 Bagnolet Cédex (FR)**


 Inventeur: **Buffenoir, Marc**  
**87bis, rue Georges Ducrocq**  
**F-57070 - Metz (FR)**


**Pierret, René**  
**11, rue Jean Bauchez**  
**F-57050 - Metz (FR)**

**Hellegouarc'h, Jean**  
**22, quai d'Artois**  
**F-94170 - Le Perreux sur Marne (FR)**

**Prost, Gérard**  
**95bis, Boulevard Jean Jaurès**  
**F-94260 - Fresnes (FR)**


 Mandataire: **Ventavoli, Roger et al**  
**IRSID B.P. 64 Voie Romaine**  
**F-57210 Maizières-lès-Metz (FR)**

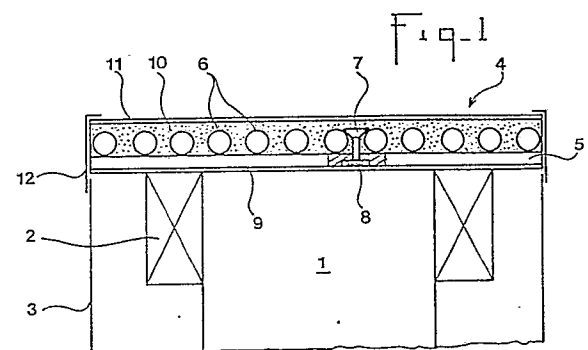

**Dispositif de protection des pôles d'inducteurs et inducteur pourvu de ce dispositif.**


 Le dispositif de protection des pôles d'un inducteur électromagnétique comprend un échangeur thermique formé par un ou plusieurs tubes métalliques (6) disposés dans un même plan et agencés pour y permettre la circulation d'un fluide de refroidissement, et selon une disposition telle qu'il y ait au plus une jonction électrique entre deux tubes ou éléments de tubes quelconques.

L'échangeur est fixé sur une plaque support rigide (5) électriquement isolante, enrobé de béton réfractaire (10) et recouvre l'ensemble de la surface polaire jusqu'aux capotages (3).

L'échangeur peut être conformé selon une succession d'épingles à cheveux alternées, ou selon une spirale à une ou plusieurs branches.

Le dispositif sert notamment à la protection des pôles d'inducteurs utilisés pour le chauffage par induction de produits métalliques.



## Description

## DISPOSITIF DE PROTECTION DES POLES D'INDUCTEURS ET INDUCTEUR POURVU DE CE DISPOSITIF

La présente invention concerne un dispositif de protection des pôles d'inducteurs, notamment utilisés pour le chauffage ou le réchauffage de produits métalliques par induction.

Il est connu d'utiliser à cette fin des inducteurs électromagnétiques à champ traversant. De tels inducteurs sont notamment décrits dans le document FR 2583249. D'une manière générale, ils comportent une culasse magnétique en forme de C, les extrémités du C formant les deux pôles de l'inducteur, portant les bobines d'induction, étant placés de part et d'autre du produit à réchauffer.

Pour conserver un bon rendement, les pôles doivent être le plus proche possible du produit. Ceci fait que les pôles et les bobines d'induction qu'ils portent se trouvent soumis au fort rayonnement thermique du produit chaud. De plus, dans des conditions d'exploitation industrielle, par exemple lors du réchauffage des rives de brames ou produits laminés, les inducteurs et surtout leurs pôles sont soumis à des agressions chimiques et mécaniques, par exemple arrosage important, dépôt de calamine, risque de choc avec le produit réchauffé.

On connaît un dispositif de protection des pôles consistant en une plaque en réfractaire poreux placée sur la face du pôle en regard du produit, ce réfractaire étant refroidi par circulation interne d'air. Ces dispositifs constituent une bonne protection thermique, mais présentent toutefois l'inconvénient de s'oxyder et de se colmater facilement, et d'être attaqués par la calamine provenant du produit réchauffé. Il en résulte la nécessité de remplacer ce réfractaire poreux assez fréquemment, ce qui nécessite l'arrêt de l'installation, entraînant des coûts d'exploitation qui s'ajoutent au coût élevé dudit réfractaire.

Le but de la présente invention est d'assurer la protection des pôles d'inducteurs soumis à des contraintes tant thermiques que mécaniques et chimiques, de manière fiable et durable, sans entraîner de perte de rendement du réchauffage.

Un autre but est de résoudre les divers problèmes évoqués ci-dessus.

Avec ces objectifs en vue, la présente invention a pour objet un dispositif de protection, notamment thermique, des pôles d'un inducteur électromagnétique.

Conformément à l'invention, ce dispositif comporte un échangeur thermique formé par un ou plusieurs tubes métalliques amagnétiques sensiblement coplanaires agencés pour y permettre la circulation d'un fluide de refroidissement et selon une disposition telle qu'il y ait au plus une seule jonction électrique entre deux tubes ou éléments de tubes quelconques, de façon à limiter les bouclages électriques entre tubes ou portions de tubes voisins ou non.

Il est précisé que le terme jonction électrique concerne ici le contact direct ou des liaisons de faible résistance, à l'exclusion de liaisons de résistance élevée existant dans des matériaux qui ne

sont pas des isolants parfaits.

Selon une disposition particulière de l'invention, l'échangeur est conformé selon une succession d'épingles à cheveux alternativement inversées.

Selon une autre disposition, l'échangeur est conformé en spirale à une branche ou plus.

Selon une autre disposition particulière, l'échangeur est soutenu et fixé sur une plaque rigide électriquement isolante, et enrobé de béton réfractaire, l'ensemble formant un panneau composite de faible épaisseur, de dimensions suffisantes pour couvrir la face polaire de chaque pôle.

Le dispositif selon l'invention permet en fait de concilier deux fonctions d'incidences divergentes : d'une part, la protection thermique du pôle par refroidissement forcé au moyen d'un échangeur à tubes métalliques, d'autre part, la conservation d'un bon rendement de chauffage de l'inducteur.

En effet, un ensemble de tubes métalliques interposés entre pôle et produit, forme généralement un écran qui s'oppose au passage du flux magnétique et dans lequel peuvent être engendrés des courants électriques de forte intensité qui ont pour effets de s'opposer au passage du flux et d'échauffer le circuit où ils se créent.

La disposition des tubes conforme à l'invention permet d'éviter ces effets et d'assurer une "transparence" maximale du champ magnétique intense créé par l'inducteur.

L'invention a aussi pour objet un inducteur pourvu du dispositif de protection des pôles tel que décrit ci-dessus, qui sera alors avantageusement dimensionné et placé en regard de chacune des faces polaires dont il épouse la forme de façon à recouvrir celles-ci ainsi que les bobines d'induction et les isolants et capotages, de manière à réaliser une bonne étanchéité de l'ensemble du pôle et de ses circuits.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va être faite à titre d'exemple, d'un dispositif conforme à l'invention.

On se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue simplifiée d'un pôle d'inducteur pourvu de son dispositif de protection et montrant celui-ci en coupe ;

- la figure 2 est un schéma du circuit de l'échangeur dans sa configuration en "épingles" ;

- les figures 3 et 4 sont deux schémas du circuit de l'échangeur dans la configuration en spirale.

- la figure 5 est une vue de détail partielle d'une variante utilisant des blocs réfractaires au lieu d'un enrobage de béton monobloc.

A la figure 1 est représenté un pôle d'un inducteur du type en C à culasse articulée, tel que décrit dans le document FR 2583249 auquel on pourra se reporter pour plus de détails sur la constitution générale de l'inducteur. Il est simplement rappelé ici

que dans ce type d'inducteur, destiné notamment au réchauffage des rives d'ébauches de produits métalliques généralement plats, un deuxième pôle, similaire à celui représenté figure 1, est disposé en regard de celui-ci, les deux pôles formant les extrémités d'une culasse magnétique en forme de "C" qui les relie. Le champ magnétique intense créé par l'inducteur a pour effet de réchauffer le produit qui passe entre les deux pôles en regard. Les puissances induites sont de l'ordre de plusieurs centaines de KW, ce qui, ramené à la surface de la culasse, correspond à des puissances qui peuvent dépasser 5 MW/m<sup>2</sup>.

Le pôle de la figure 1 comporte une bobine d'induction 2 entourant l'extrémité de la culasse magnétique 1. Un capotage de protection 3 entoure l'ensemble de l'extrémité polaire (culasse et bobine), un écran thermique pouvant être interposé entre la bobine 2 et le capotage 3.

La plaque composite 4 formant le dispositif de protection conforme à l'invention est formée d'une plaque support 5 en matériau non métallique rigide, électriquement isolant, tel qu'un matériau à base de fibre de verre, par exemple en "sillirite 64120", de quelques millimètres d'épaisseur.

Un échangeur en tube inox 6 enrobé de résine époxyde est fixé sur la plaque support 5. Cet échangeur a une configuration en "épingles à cheveux" successives alternées ainsi que représenté à la figure 2. La fixation de l'échangeur 6 sur la plaque support 5 est assurée par des vis 7 placées au creux de chacune des "épingles" du circuit, ainsi qu'indiqué schématiquement sur la figure 2. Cette disposition est essentiellement destinée à éviter le bouclage électrique entre deux épingles adjacentes qui se produirait si des pièces conductrices étaient en contact simultané avec deux épingles, successives ou non, à un autre endroit que celui indiqué.

L'écrou 8 de la vis 7 est placé dans un lamage réalisé dans la plaque support 5, de manière à ne pas dépasser de la surface de celle-ci. Une feuille 9 en matériau isolant est collée sous la plaque 5, dissimulant les écrous 8 et garantissant ainsi l'isolement électrique entre les vis de fixation 7.

Les tubes 6 de l'échangeur sont enrobés dans un béton réfractaire 10, (par exemple le béton à base de carbure de silicium commercialisé sous le nom de "morgan montex CIM 02"). Ce béton recouvre totalement les tubes 6 et sa faible conductivité électrique permet de limiter d'éventuels courants de bouclage entre épingles voisines.

Avantageusement, mais non nécessairement, ce béton est recouvert sur une face d'une plaque de matériau vitro-céramique 11, ou tout autre matériau similaire, qui présente une grande résistance à la chaleur et surtout aux chocs thermiques, alliée à une bonne résistance mécanique. On peut également utiliser à la place de cette plaque un tissu textile céramique, ou un revêtement isolant (type coating) à base d'alumine ou silice.

La plaque composite 4 est fixée sur le pôle de l'inducteur par boulonnage, soit directement sur la culasse, soit sur des supports annexes disposés entre bobine et capotages.

Quels que soient les moyens de fixation, ceux-ci

sont isolés électriquement des tubes 6 de l'échangeur.

L'épaisseur de la plaque 4 est d'environ 15 mm et ses dimensions et sa forme sont déterminées de manière à couvrir l'ensemble du pôle, jusqu'au capotage 3, un couvre-joint 12 étant disposé autour de la plaque 4 pour empêcher des infiltrations d'eau ou la pénétration de poussières ou autres corps solides à l'intérieur du capotage 3.

La figure 2 représente schématiquement une disposition préférentielle des tubes de l'échangeur. Celui-ci est ici réalisé en trois circuits indépendants, ce qui permet par exemple d'adapter l'intensité du refroidissement selon les zones couvertes par réglage du débit du fluide de refroidissement, couramment de l'eau. Cette disposition en "épingles" permet de couvrir au mieux la surface du pôle, car il est aisé d'adapter le nombre et la longueur des épingles en fonction de la forme de la surface à couvrir.

En variantes, l'échangeur peut avoir une configuration en spirale telle que représentée aux figures 3 et 4.

La figure 4 montre schématiquement une disposition en double spirale inversée avec un tube unique ; l'alimentation et le retour de fluide de refroidissement sont indiqués par les flèches A et R.

La disposition de la figure 3 montre quatre spirales alimentées par une alimentation centrale. Dans ce cas, l'alimentation se fait par une tuyauterie dans l'axe du pôle, à travers la culasse 1.

Une alimentation centrale peut également être réalisée dans le cas des dispositions des figures 2 et 4, et présente l'avantage de participer au refroidissement de la culasse magnétique.

Une caractéristique essentielle de ces échangeurs est que deux tubes ou éléments de tube se joignent au maximum en un point, de manière à éviter tout bouclage électrique dans l'échangeur.

Les tubes sont de préférence en acier inoxydable magnétique et par simplicité, de section circulaire. Il est possible, notamment pour réduire l'épaisseur de la plaque composite de protection 4, d'utiliser des tubes de section aplatie, ou même éventuellement de section pratiquement rectangulaire.

On choisira des tubes d'épaisseur réduite, toujours dans le but de réduire les éventuels courants électriques engendrés par le champ magnétique, par augmentation de la résistance électrique desdits tubes. Les tubes pouvant par ailleurs, au lieu d'être enrobés de résine époxyde, ainsi qu'indiqué précédemment, être revêtus d'un film isolant ou enrobés d'une autre résine isolante (polyester par exemple).

Le rôle du dispositif de protection étant essentiellement de former un écran thermique protégeant le pôle et ses accessoires du rayonnement du produit réchauffé, on recherchera à rapprocher au maximum les tubes les uns des autres. De plus, et plus particulièrement dans le cas du dispositif comportant la plaque de matériau vitrocéramique 11, l'utilisation d'un béton présentant une conductibilité thermique assez bonne permet une diffusion dans sa masse de la chaleur reçue par sa surface et de ce fait permet d'obtenir un refroidissement de la dite plaque vitrocéramique, qui peut ainsi être

maintenue à une température voisine de 700°C par exemple, alors que le produit réchauffé est à plus de 1000°C.

On pourra aussi, dans la mesure où les caractéristiques mécaniques du béton utilisé le permettent ne pas utiliser de plaque support.

Dans une autre variante, notamment dans le cas de l'échangeur en "épingles", au lieu de noyer les tubes 6 dans le béton réfractaire 10, on pourra remplacer celui-ci par une pluralité de blocs 13 en matériau isolant de caractéristiques similaires (béton réfractaire, céramique, quartz, etc...) de manière à reconstituer l'ensemble de l'enrobage de béton 10.

Ces blocs ont une largeur égale à l'entraxe entre deux tubes 6 voisins et ils comportent sur leurs deux côtés longitudinaux des concavités 14 épousant la section des tubes de manière à pouvoir être insérés entre ceux-ci pour reconstituer globalement l'enrobage de béton 10. On déposera de préférence plusieurs de ces blocs adjacents dans un même espace entre tubes. Cette disposition en blocs séparés autorise des dilatations différentielles entre différentes zones du dispositif sans les risques de fissuration existant dans le cas du béton monobloc 10. Afin de recouvrir les zones courbes des épingles, le premier bloc 13' de chaque rangée comporte un prolongement 15 de sa partie supérieure plane.

L'invention n'est pas limitée au dispositif et à ses variantes décrits ci-dessus uniquement à titre d'exemple. En particulier dans le cadre de la disposition des tubes en "épingles à cheveux", il peut être prévu de disposer, dans la même zone, deux ou plusieurs tubes ayant cette configuration, mais disposés en parallèle, chaque épingle d'un tube étant imbriquée dans une épingle formée par l'autre tube, et ceci alternativement, toutes les épingles restant bien sûr coplanaires.

Cette disposition permet de réduire les pertes de charge dans les tubes, notamment du fait que la courbure en épingle du tube situé, au point de courbure, vers l'extérieur, est plus faible que la courbure du tube situé en ce point vers l'intérieur.

Il peut également être prévu de disposer un tube supplémentaire entourant l'ensemble des tubes disposés en épingle à cheveux, ceci afin d'homogénéiser le refroidissement dans la zone proche des extrémités des épingles, et/ou d'éviter un échauffement des cornières formant le couvre-joint 12.

L'invention s'applique aussi à des inducteurs de configuration différente, notamment en forme de "U".

## Revendications

1) Dispositif de protection des pôles d'un inducteur électromagnétique, caractérisé en ce qu'il comporte un échangeur thermique formé par un ou plusieurs tubes métalliques (6) amagnétiques disposés dans un même plan ou sensiblement dans un même plan et agencés pour y permettre la circulation d'un fluide de refroidissement et selon une disposition telle qu'il y ait au plus une seule jonction électrique entre deux tubes ou éléments de tubes quel-

conques.

2) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'échangeur (6') est conforme selon une succession d' "épingles à cheveux" alternativement inversées.

3) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'échangeur (6'', 6''') est conforme en spirale à une branche ou plus.

4) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'échangeur (6', 6'', 6''') est totalement enrobé dans un béton réfractaire (10).

5) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que des blocs (13) en matériaux réfractaires électriquement isolant sont insérés entre deux tubes voisins (6), ces blocs étant conformés de manière à épouser la forme des tubes et à recouvrir globalement l'ensemble de l'échangeur.

6) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'échangeur (6', 6'', 6''') est fixé sur une plaque support rigide (5) électriquement isolante, et enrobé de béton réfractaire (10), l'ensemble formant un panneau composite (4) de faible épaisseur et de dimensions suffisantes pour couvrir la face polaire du pôle.

7) Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte une plaque en matériau vitro-céramique ou similaire (11) recouvrant une face du béton réfractaire (10) du panneau (4).

8) Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que les tubes (6) sont en acier inoxydable amagnétique.

9) Dispositif selon la revendication 16, caractérisé en ce que les moyens de fixation des tubes (6) sur la plaque support (5) sont électriquement isolés entre eux.

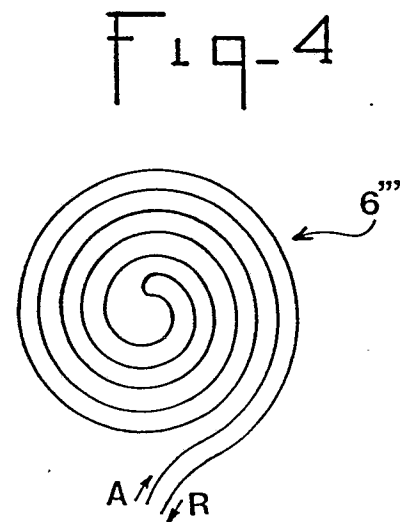
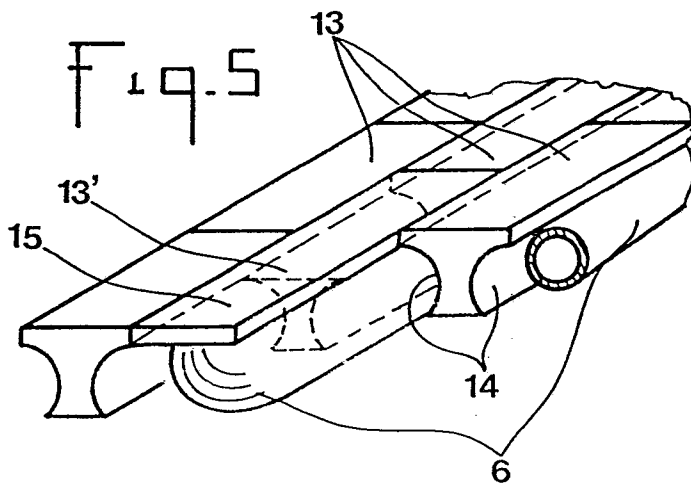
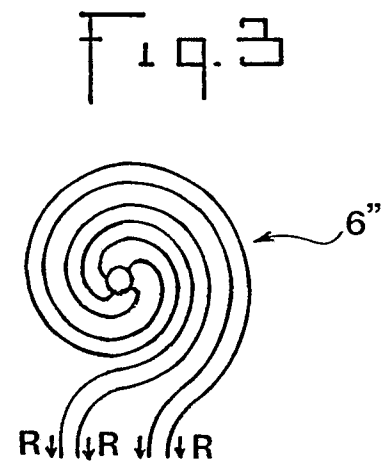
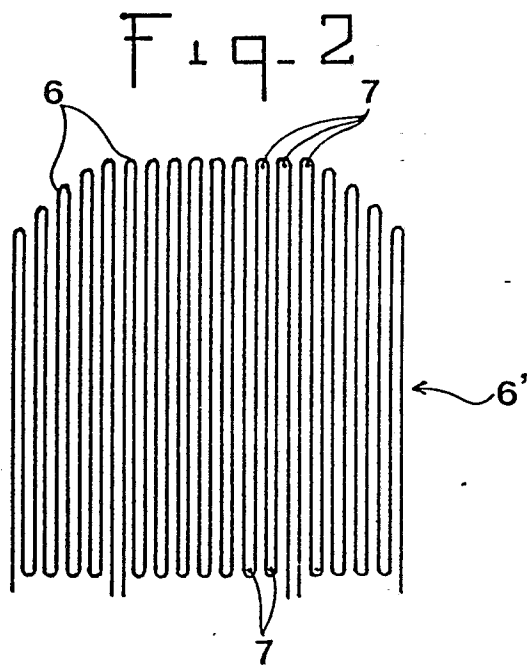
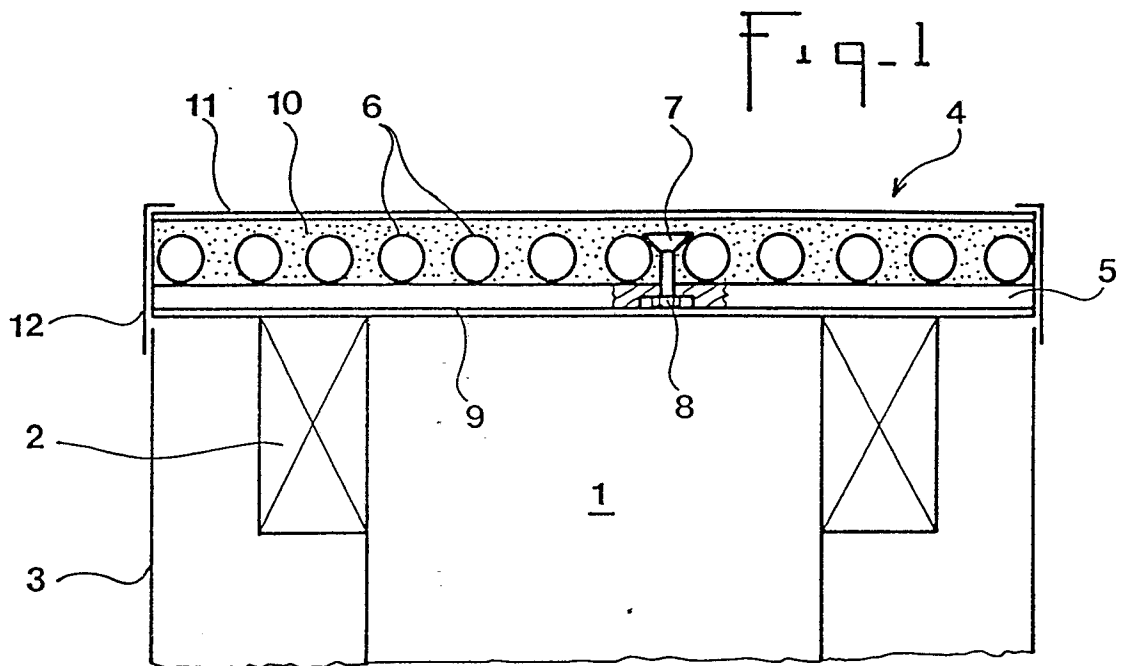
10) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'échangeur (6', 6'', 6''') comporte une alimentation centrale.

11) Inducteur électromagnétique pour le réchauffage de produits métalliques par induction par champ magnétique traversant du type comportant une culasse en forme de "C" ou de "U" caractérisé en ce que chacun des pôles de l'inducteur est pourvu du dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, placé en regard de la face polaire dont il épouse la forme.

12) Inducteur selon la revendication 11, caractérisé en ce que le dispositif de protection couvre toute la surface du pôle de manière étanche.

13) Inducteur selon la revendication 11, caractérisé en ce que des moyens de fixation du dispositif de protection sur le pôle de l'inducteur sont prévus qui sont électriquement isolés.

14) Inducteur selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comporte un passage axial réservé dans l'extrémité de la culasse pour l'alimentation de l'échangeur.





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)
X	EP-A-020215 (INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)) * page 4, ligne 31 - page 5, ligne 24; figures 2, 3 *	1, 2, 4, 6, 8, 12, 13	H05B6/42 H05B6/02
A	EP-A-170556 (ELECTRICITE DE FRANCE) * page 6, ligne 1 - ligne 23; figure 1 *	1, 4, 5, 11	
A	BE-A-628042 (ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE CHARLEROI (ACEC)) * page 3, ligne 9 - ligne 29; figure 2 *	1, 2	
A	CH-A-254656 (STANDARD TELEPHON UND RADIO AG.) * page 2, ligne 80 - page 3, ligne 5; figure 1 *	1, 3, 10	
A	DE-A-3445602 (BROWN, BOVERI & CIE AG)		
A	DE-A-1653805 (AEG-ELOTHERM GMBH)		
A	DE-B-1158194 (Z.E.Z.)		
A	EP-A-218914 (ROCKWELL INTERNATIONAL CORPORATION)		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
			H05B
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 27 JUIN 1989	Examineur RAUSCH R. G.
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> 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 I : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			