

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫ Date de dépôt : 20.04.93.

③ Priorité :

⑦ Demandeur(s) : GEC ALSTHOM  
ELECTROMECHANIQUE (SA) Société Anonyme — FR.

⑦ Inventeur(s) : Lacaze Alain.

④ Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 28.10.94 Bulletin 94/43.

⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : Se reporter à la fin du  
présent fascicule.

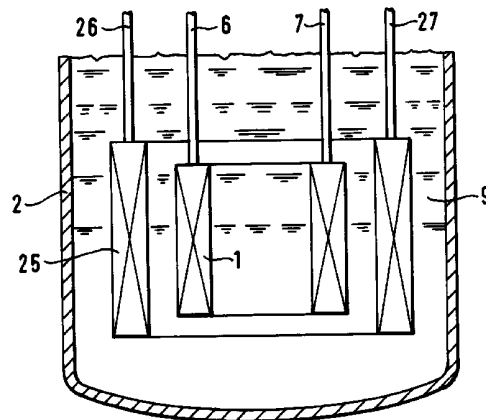
⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦ Titulaire(s) :

⑦ Mandataire : SOSPI Lehu Jean.

⑤ Limiteur de courant supraconducteur à valeur de consigne réglable.

⑦ L'invention concerne un limiteur de courant supraconducteur comprenant un conducteur supraconducteur de limitation de courant (1) placé à l'intérieur d'un cryostat (2) et transitant de l'état supraconducteur à l'état normal lorsque le courant qui le traverse augmente au-delà du courant critique, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens permettant de soumettre le conducteur supraconducteur à une induction magnétique continue de valeur donnée pour ajuster le courant critique à une valeur déterminée.



Limiteur de courant supraconducteur à valeur de consigne réglable

La présente invention concerne un limiteur de courant supraconducteur à valeur de consigne réglable.

5 Dans ce type de limiteur, on utilise en particulier le phénomène de transition c'est-à-dire le passage brutal de l'état supraconducteur à l'état résistif lorsque le courant de défaut dépasse le courant critique d'un conducteur supraconducteur. L'appareil s'auto-protège ainsi en un temps  
10 très court, inférieur à la milliseconde, en limitant le courant de défaut à une valeur prédéterminée sans nécessiter de système de détection. Le limiteur peut se constituer, par phase, d'une bobine supraconductrice sans circuit magnétique, à très faible inductance, logée à l'intérieur  
15 d'un cryostat rempli d'hélium liquide. Des amenées de courant relient la bobine supraconductrice à des traversées de tension insérant le limiteur dans la ligne à protéger. Une résistance de faible valeur ohmique ou une varistance est montée entre les bornes de sortie du limiteur afin de  
20 limiter la surtension au moment de la transition.

Le limiteur peut être installé dans les jeux de barres à fort courant de court-circuit ou sur une ligne à grand débit. Un disjoncteur de faible pouvoir de coupure, en série avec le limiteur, permet de couper les courants résiduels  
25 dans la bobine supraconductrice et dans la résistance de limitation pour isoler le circuit.

En régime normal de fonctionnement, la chute de tension selfique aux bornes du limiteur est très faible et donc sans influence sur le fonctionnement du réseau.  
30 Lorsqu'un courant de défaut apparaît, le courant monte très vite à travers le limiteur jusqu'à atteindre le courant critique pour lequel le supraconducteur transite et devient résistif avec une valeur ohmique de plusieurs centaines d'ohms. Le disjoncteur de très faible pouvoir de coupure  
35 intervient alors pour isoler le circuit.

Une caractéristique essentielle d'un limiteur de courant supraconducteur est la valeur du courant (courant critique) pour lequel la transition est obtenue. Actuellement, ce courant est ajusté à la bonne valeur en adaptant le conducteur supraconducteur. L'adaptation obligatoire du conducteur supraconducteur interdit toute rationalisation des fabrications aussi bien au niveau de ce conducteur qu'au niveau du limiteur. Un limiteur supraconducteur fonctionne donc pour une valeur de consigne de courant imposée et que l'on ne peut modifier. Ceci est un inconvénient certain.

La présente invention permet de remédier à cet inconvénient. Elle concerne un limiteur de courant supraconducteur à valeur de consigne réglable, c'est-à-dire à courant critique réglable. Selon l'invention, ceci est obtenu en soumettant le conducteur supraconducteur à un niveau d'induction magnétique continue tel que le conducteur supraconducteur présente la valeur de courant de consigne désirée. Ceci peut être avantageusement réalisé en utilisant des moyens simples, fiables et peu onéreux.

L'invention a donc pour objet un limiteur de courant supraconducteur comprenant un conducteur supraconducteur de limitation de courant placé à l'intérieur d'un cryostat et transitant de l'état supraconducteur à l'état normal lorsque le courant qui le traverse augmente au-delà du courant critique, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens permettant de soumettre le conducteur supraconducteur à une induction magnétique continue de valeur donnée pour ajuster le courant critique à une valeur déterminée.

Lesdits moyens produisant une induction magnétique continue peuvent comprendre une bobine de polarisation traversée par un courant continu.

Cette bobine de polarisation peut être une bobine supraconductrice disposée à l'intérieur du cryostat.

Elle peut avantageusement entourer le conducteur supraconducteur de limitation de courant.

Le conducteur supraconducteur de limitation de courant se présentant sous la forme d'une bobine, la bobine de polarisation peut avoir son axe perpendiculaire à l'axe de la bobine de limitation de courant.

5        La bobine de polarisation peut être une bobine non supraconductrice placée à l'extérieur du cryostat.

Lesdits moyens produisant une induction magnétique continue peuvent être constitués par un aimant permanent.

Le conducteur supraconducteur de limitation de courant  
10 se présentant sous la forme d'une bobine, cet aimant permanent peut être un petit aimant fixé sur la bobine de limitation de courant pour ajuster le courant critique à une valeur imposée.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages  
15 et particularités apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, accompagnée des dessins annexés parmi lesquels:

- la figure 1 représente une vue en coupe verticale d'une phase d'un limiteur haute tension à bobine  
20 supraconductrice selon l'art connu,
- la figure 2 est un diagramme représentant l'évolution de la valeur du courant critique d'un conducteur supraconducteur en fonction de l'induction magnétique auquel il est soumis,
- 25        - la figure 3 illustre un premier exemple d'application de l'invention à un limiteur de courant,
- la figure 4 illustre un deuxième exemple d'application de l'invention,
- la figure 5 illustre un troisième exemple  
30 d'application de l'invention,
- la figure 6 illustre un quatrième exemple d'application de l'invention.

Le limiteur de courant représenté à la figure 1 comprend une bobine supraconductrice 1 placée dans un  
35 cryostat 2 rempli d'hélium liquide. Un dispositif 3 permet le contrôle et l'alimentation en fluide cryogénique. Le

cryostat 2 est équipé de traversées de tension 4 et 5 destinées d'une part à insérer le limiteur sur la ligne à protéger et d'autre part à assurer la liaison électrique jusqu'à la bobine supraconductrice 1. Cette liaison se fait  
5 par l'intermédiaire de conducteurs en cuivre 12 et 13 placés à l'intérieur de tubes isolants 10 et 11 et prolongés par des isolateurs creux 20 et 22. Des isolateurs pleins 21 et 23 assurent le maintien mécanique de la bobine 1 par rapport aux isolateurs creux 20 et 22. La liaison électrique entre  
10 les conducteurs 12, 13 et la bobine 1 est assurée par des tresses en cuivre 6 et 7. Plusieurs écrans thermiques 15, 16 et 17 sont disposés dans le cryostat 2 entre les isolateurs creux 20 et 22 et la partie supérieure du cryostat. La référence 8 indique le niveau minimum du bain d'hélium  
15 liquide 9 que doit contenir le cryostat 2.

Un tel limiteur de courant comprenant un conducteur supraconducteur placé dans un bain d'hélium bouillant possède un courant critique fixé une fois pour toute.

Le dispositif selon l'invention fonctionne à courant  
20 critique variable grâce à la valeur de l'induction magnétique de polarisation appliquée à la bobine supraconductrice.

Le diagramme de la figure 2 montre que, pour une température donnée, le courant critique  $I_c$  d'un conducteur  
25 supraconducteur varie fortement en fonction de la valeur de l'induction magnétique continue  $B$  appliquée à ce conducteur. A une première valeur  $B_1$  correspond une valeur  $I_{c1}$  de courant critique. A une deuxième valeur  $B_2$  correspond une valeur  $I_{c2}$  de courant critique.

30 L'induction magnétique de polarisation peut être fournie par une bobine traversée par un courant continu comme cela est illustré par les figures 3 à 5.

La figure 3 présente la bobine supraconductrice 1 de la figure 1 montée directement à l'intérieur d'une autre  
35 bobine supraconductrice 25 plongée elle-aussi dans le bain d'hélium liquide 9. La bobine 25 est reliée par des tresses

en cuivre 26 et 27 à des amenées de courant continu de polarisation. Les mêmes équipements (isolateurs, traversées) que pour la bobine 1 peuvent être utilisés pour effectuer le raccordement électrique de la bobine de polarisation à un  
5 générateur de tension continue.

Si le limiteur est inséré dans un réseau à courant continu, aucune mesure de protection particulière n'est à prendre pour l'utilisation d'une bobine de polarisation supraconductrice. Par contre, pour un réseau en courant  
10 alternatif, le conducteur supraconducteur de la bobine de polarisation ne doit pas être soumis à des champs variables afin d'éviter qu'il ne soit le siège de pertes thermiques propres aux supraconducteurs en champ variable ou de courants induits qui le mèneraient à la transition.

15 De façon générale, dans le mode passant, un limiteur de courant est faiblement inductif. En effet, la bobine supraconductrice 1 est non selfique par bobinage. Par conséquent, il suffit d'éloigner un peu la bobine de polarisation de la bobine du limiteur pour éviter les  
20 inconvénients cités précédemment. L'utilisation d'une bobine de polarisation créant un champ selon un axe perpendiculaire à l'axe de la bobine du limiteur, par exemple un dipôle, permet d'annuler dans tous les cas le couplage inductif. C'est ce que représente la figure 4 où l'axe de la bobine de  
25 polarisation 30 est perpendiculaire à l'axe de la bobine 1 du limiteur.

A la figure 5, la bobine de polarisation 31 est une bobine résistive c'est-à-dire réalisée en un matériau non supraconducteur et disposée autour de la bobine  
30 supraconductrice 1 du limiteur de courant, mais à l'extérieur du cryostat 2. En effet, la bobine de polarisation 31 étant une source de chaleur, il est préférable de la placer en dehors du cryostat. Elle est reliée directement à un générateur de tension continue 34  
35 permettant le passage d'un courant dans la bobine 31, ce courant étant réglable de manière continue.

L'induction magnétique de polarisation peut être fournie par un aimant permanent. Il peut s'agir d'un aimant de volume suffisant pour soumettre la totalité de la bobine supraconductrice du limiteur à son champ magnétique. Il peut  
5 aussi s'agir d'un petit aimant permanent assurant la fonction atténuation locale du courant critique.

La figure 6 illustre une telle application. Un petit aimant permanent 35 est fixé sur la bobine supraconductrice 1 et exerce son action principalement sur la partie de la  
10 bobine 1 immédiatement adjacente. Il permet une atténuation locale du courant critique, ce qui permet d'ajuster finement la valeur de ce courant critique.

L'invention permet donc une standardisation des conducteurs supraconducteurs et des appareils par gamme avec  
15 les gains de coût que cela implique.

Elle permet un réglage continu du courant de limitation par variation de l'induction magnétique appliquée à la bobine supraconductrice du limiteur. Ceci peut se faire simplement en jouant sur la valeur du courant traversant la  
20 bobine de polarisation.

Ce réglage continu du courant de limitation permet de tester le limiteur de courant dans des conditions inférieures au courant nominal. Il permet le réglage fin, en cours d'exploitation, du courant de limitation. Il rend  
25 possible l'adaptation du courant de transition si le niveau de courant réseau change, sans avoir à changer l'appareil.

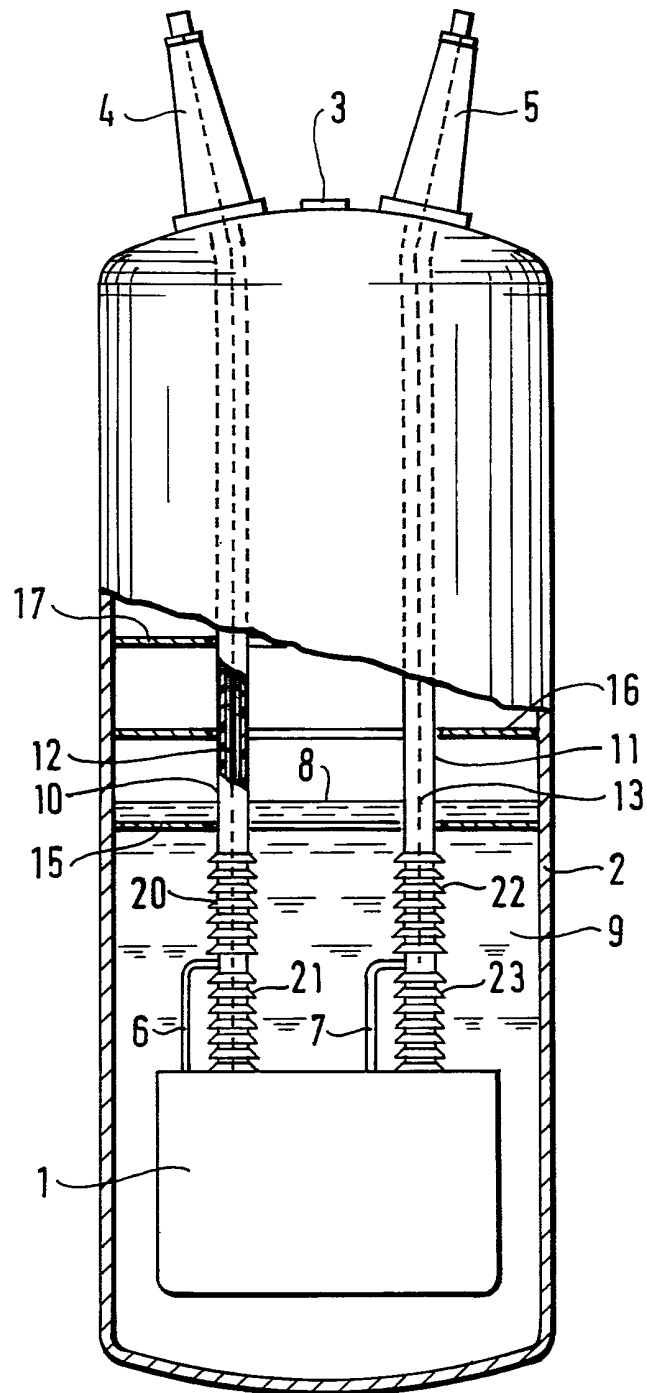
## REVENDEICATIONS

- 1/ Limiteur de courant supraconducteur comprenant un conducteur supraconducteur de limitation de courant (1) placé à l'intérieur d'un cryostat (2) et transitant de  
5 l'état supraconducteur à l'état normal lorsque le courant qui le traverse augmente au-delà du courant critique, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens permettant de soumettre le conducteur supraconducteur à une induction magnétique continue de valeur donnée pour ajuster le courant  
10 critique à une valeur déterminée.
- 2/ Limiteur de courant selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens produisant une induction magnétique continue comprennent une bobine de polarisation (25, 30, 31) traversée par un courant continu.
- 15 3/ Limiteur de courant selon la revendication 2, caractérisé en ce que la bobine de polarisation est une bobine supraconductrice (25, 30) disposée à l'intérieur du cryostat (2).
- 4/ Limiteur de courant selon la revendication 3, caractérisé en ce que la bobine de polarisation (25) entoure  
20 le conducteur supraconducteur de limitation de courant (1).
- 5/ Limiteur de courant selon la revendication 3, caractérisé en ce que, le conducteur supraconducteur de limitation de courant (1) se présentant sous la forme d'une  
25 bobine, la bobine de polarisation (30) a son axe perpendiculaire à l'axe de la bobine de limitation de courant.
- 6/ Limiteur de courant selon la revendication 2, caractérisé en ce que la bobine de polarisation (31) est  
30 une bobine non supraconductrice placée à l'extérieur du cryostat (2).
- 7/ Limiteur de courant selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens produisant une induction magnétique continue sont constitués par un aimant permanent.
- 35 8/ Limiteur de courant selon la revendication 7, caractérisé en ce que, le conducteur supraconducteur de

limitation de courant se présentant sous la forme d'une bobine, ledit aimant permanent est un petit aimant (35) fixé sur la bobine de limitation de courant pour ajuster le courant critique à une valeur imposée.

1/4

FIG.1



2/4

FIG. 2

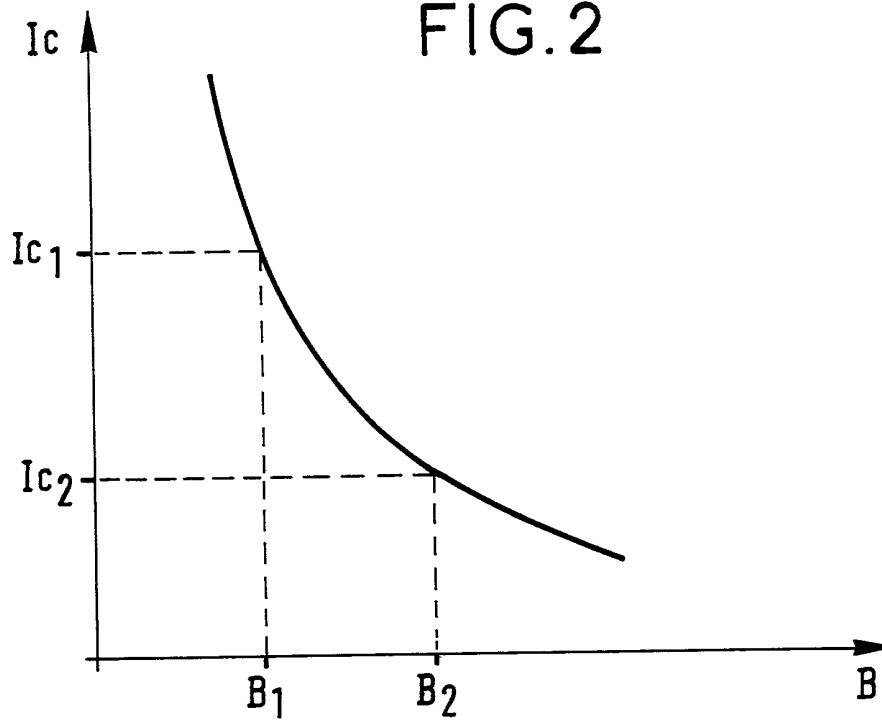
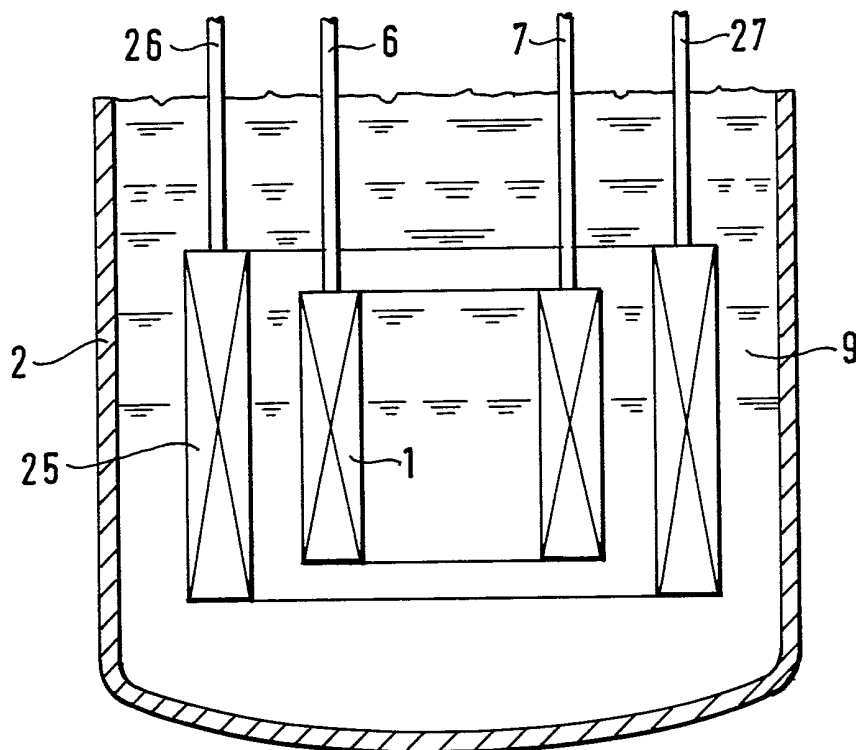


FIG. 3



3/4

FIG. 4

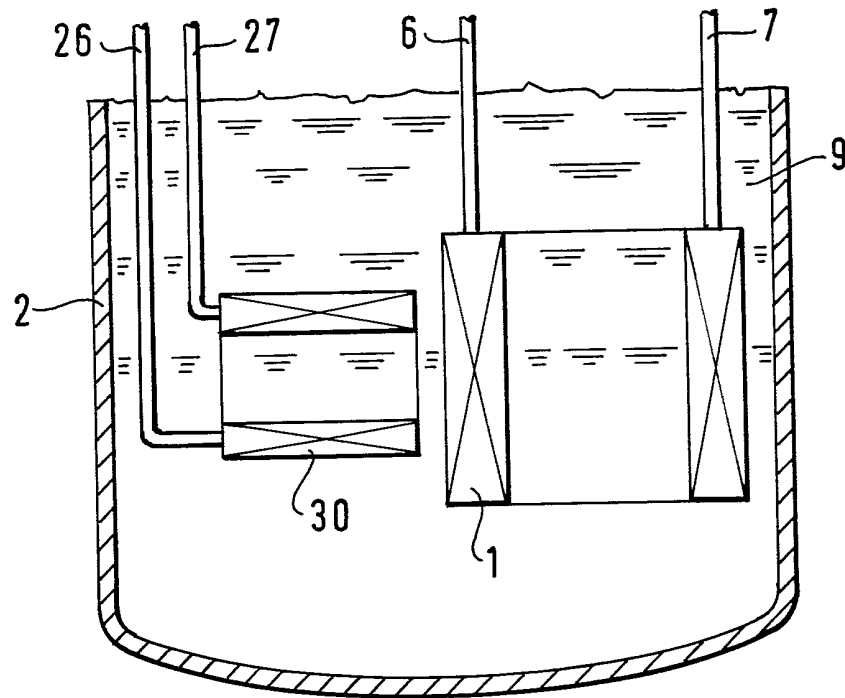
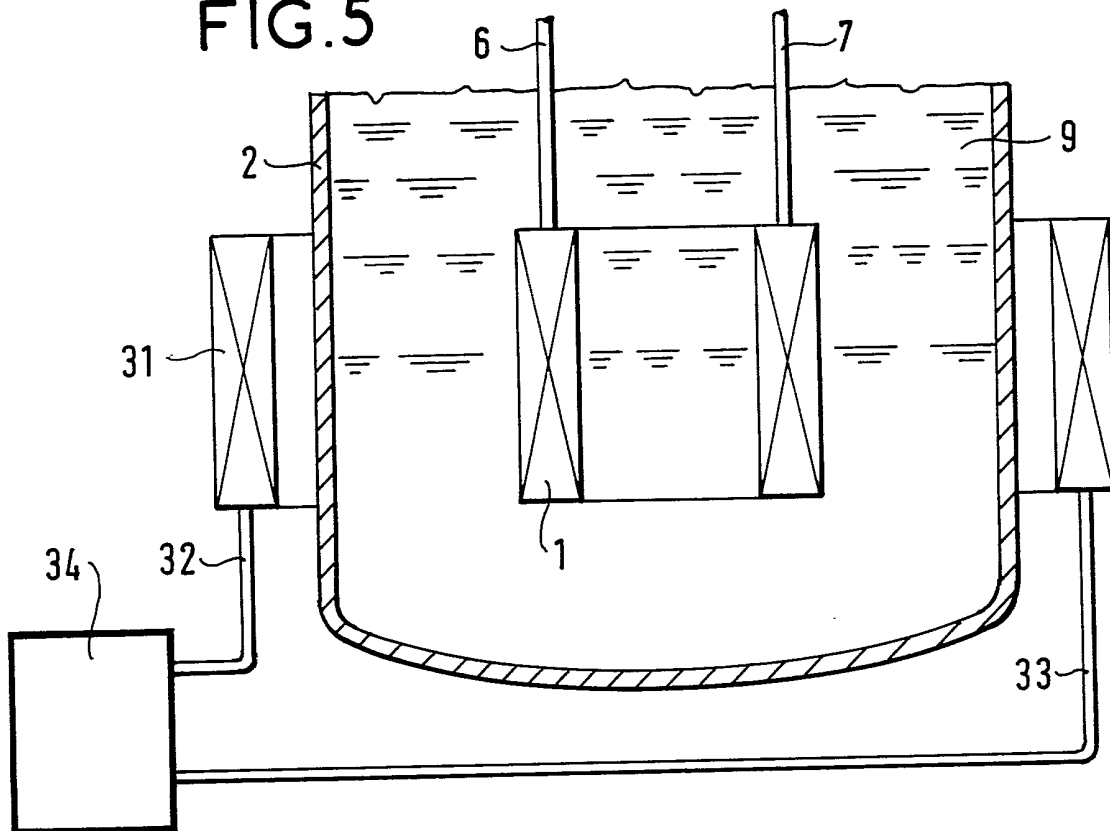
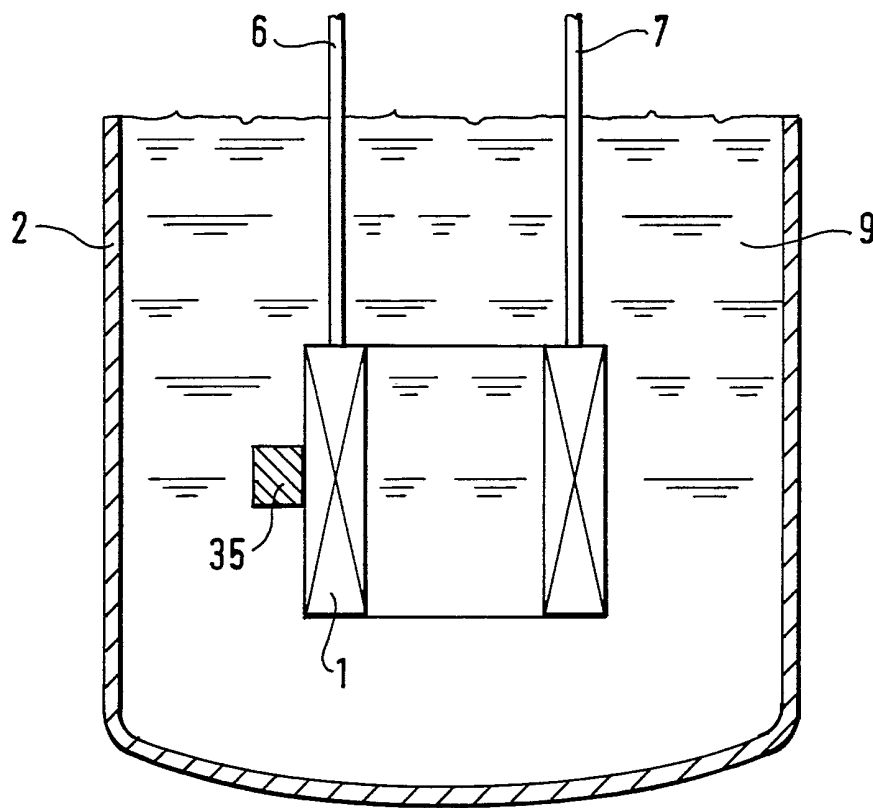


FIG. 5



4/4

FIG. 6



INSTITUT NATIONAL

## RAPPORT DE RECHERCHE

## PRELIMINAIRE

de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLEétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la rechercheFA 485267  
FR 9304637

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                         | Revendications<br>concernées<br>de la demande<br>examinée |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                                                                      |                                                           |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 014, no. 433 (E-0979) 17 Septembre<br>1990<br>& JP-A-02 168 814 (SHIMADZU) 28 Juin 1990<br>* abrégé *                 | 1-4,6                                                     |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ---<br>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 016, no. 582 (E-1300) 22 Décembre 1992<br>& JP-A-04 236 125 (ASAHI CHEM IND) 25 Août<br>1992<br>* abrégé *     | 1,7,8                                                     |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ---<br>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 013, no. 531 (E-851) 28 Novembre 1989<br>& JP-A-01 217 902 (MITSUBISHI ELECTRIC) 31<br>Août 1989<br>* abrégé * | 1-3                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                         | -----                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                         | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHES (Int.Cl.5)              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                         | H02H<br>H01F                                              |
| Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                         | Examineur                                                 |
| 11 Janvier 1994                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                         | Salm, R                                                   |
| <p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/> Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un<br/> autre document de la même catégorie<br/> A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication<br/> ou arrière-plan technologique général<br/> O : divulgation non-écrite<br/> P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/> E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure<br/> à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date<br/> de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/> D : cité dans la demande<br/> L : cité pour d'autres raisons<br/> .....<br/> &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |                                                                                                                                                         |                                                           |