(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 545 293**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **83 07000**

(51) Int Cl³ : H 02 K 44/06, 41/02.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 28 avril 1983.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 44 du 2 novembre 1984.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *NOVATOME, société anonyme.* — FR.

(72) Inventeur(s) : Christian Deverge.

(73) Titulaire(s) :

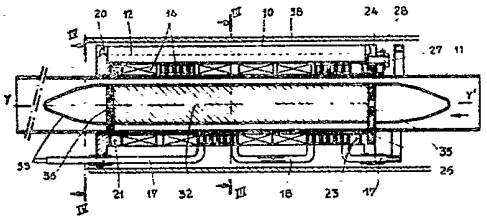
(74) Mandataire(s) : Lucien Bouget.

(54) Machine électromagnétique à induction linéaire.

(57) L'invention concerne une machine électromagnétique à induction linéaire.

La machine comporte un conduit tubulaire 11 dans lequel se déplace un matériau conducteur et un inducteur 10 disposé autour du conduit 11 constitué par une pluralité de bobinages 14 placés à l'intérieur d'un noyau magnétique 12. Le noyau magnétique 12 a une surface interne cylindrique lisse coaxiale au conduit 11. Les bobinages 14 sont disposés dans un espace annulaire ménagé entre la surface interne du noyau magnétique 12 et la surface externe du conduit 11.

L'invention s'applique, en particulier, aux pompes pour métaux liquides tels que le sodium.



FR 2 545 293 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

Machine électromagnétique à induction linéaire

L'invention concerne une machine électromagnétique à induction linéaire du type comportant un conduit tubulaire dans lequel se déplace un matériau conducteur.

De telles machines électromagnétiques comportent un inducteur disposé autour du conduit, constitué par une pluralité de bobinages espacés suivant la direction axiale du conduit. Ces bobinages sont placés coaxialement par rapport au conduit à l'intérieur d'un noyau magnétique et sont alimentés de façon que l'inducteur crée un champ glissant variant en fonction du temps et suivant la longueur du conduit.

Un tel champ glissant produit des courants induits dans le matériau conducteur à l'intérieur du conduit, si bien que ce matériau conducteur se déplace sous l'effet conjugué du champ magnétique et des courants induits.

De telles machines à induction linéaire peuvent servir à déplacer un élément quelconque à l'intérieur du conduit, ce sont alors des moteurs linéaires. Elles peuvent également servir à déplacer un liquide conducteur tel qu'un métal liquide et ce sont alors des pompes à induction pour métaux liquides. En ce cas, on dispose généralement à l'intérieur du conduit, au niveau de l'inducteur, un noyau magnétique servant à canaliser les lignes de flux. De telles pompes électromagnétiques à induction pour métaux liquides sont utilisées dans les réacteurs nucléaires refroidis par des métaux liquides et dans le domaine de la fonderie.

Des machines à induction linéraire telles que décrites peuvent également constituer des générateurs linéaires magnéto-hydrodynamiques.

Dans tous les cas, le noyau magnétique présente des encoches à l'intérieur desquelles sont disposés les bobinages. Ce noyau magnétique présente donc une denture suivant la direction axiale de l'inducteur. La réalisation d'un tel noyau magnétique présente des difficultés lorsque le pas polaire à réaliser doit être de petites dimensions. En effet, il faut alors découper des dents de largeur très faible dans des tôles de grande hauteur.

En outre, lorsque les bobinages sont alimentés, il se produit une saturation magnétique à la base des dents du noyau magnétique, causée par les flux de fuite.

L'isolation parfaite des conducteurs entre eux et par rapport au noyau magnétique est également difficile à réaliser. Il est également très

difficile d'assurer un refroidissement convenable des conducteurs à l'intérieur de leurs encoches.

Enfin, l'alternance des dents et des encoches du noyau magnétique engendre des harmoniques du champ magnétique, appelées harmoniques de denture, ce qui peut conduire à une diminution des performances de la machine à induction.

Le but de l'invention est donc de proposer une machine électromagnétique à induction linéaire du type comportant un conduit tubulaire dans lequel se déplace un matériau conducteur et un inducteur disposé autour du conduit constitué par une pluralité de bobinages espacés suivant la direction axiale du conduit et placés coaxialement par rapport à celui-ci, à l'intérieur d'un noyau magnétique, machine électromagnétique qui ne présente pas les inconvénients énumérés ci-dessus, propres aux machines électromagnétiques de l'art antérieur.

Dans ce but, le noyau magnétique a une surface interne cylindrique lisse coaxiale au conduit et les bobinages sont disposés dans un espace annulaire ménagé entre la surface interne du noyau magnétique et la surface externe du conduit.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va décrire, à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux figures jointes en annexe, une pompe pour métaux liquides suivant l'invention comparativement à une pompe pour métaux liquides suivant l'art antérieur.

La figure 1 représente dans une vue en coupe par un plan de symétrie axiale, une pompe électromagnétique pour métaux liquides suivant l'art antérieur.

La figure 2 représente, dans une vue en coupe par un plan axial de symétrie, une pompe pour métaux liquides suivant l'invention.

La figure 3 est une vue suivant III-III de la figure 2.

La figure 4 est une vue suivant IV-IV de la figure 2.

La figure 5 est une vue en élévation latérale d'un bobinage d'un inducteur suivant l'invention.

La figure 6 est une vue suivant A de la figure 5.

Sur la figure 1, on voit une pompe électromagnétique à induction pour le transport de sodium liquide, selon l'art antérieur.

Cette pompe comporte un inducteur 1 constitué par un noyau magnétique annulaire 2 à l'intérieur duquel sont ménagées des encoches 3 espacées suivant la direction de l'axe xx' de l'inducteur.

Le conduit 4 de circulation du sodium liquide est disposé coaxia-

lement par rapport à l'inducteur à l'intérieur de celui-ci.

Dans chacune des encoches 3 est disposé un bobinage 6 qui peut être alimenté en courant électrique pour la mise en fonctionnement de la pompe.

A l'intérieur du conduit 4 et suivant son axe est disposée une masse ferromagnétique 7 entourée par une enveloppe d'acier inoxydable 8.

Les bobinages 6 sont alimentés en courant alternatif triphasé les bobinages successifs étant reliés à des phases différentes.

On obtient ainsi un champ magnétique à répartition spatiale variable dans le temps qui induit des courants dans le métal liquide contenu dans le conduit 4 autour de la masse magnétique 7.

L'effet du champ magnétique glissant de l'inducteur et des courants induits provoque le déplacement du métal liquide dans la direction de la flèche 9, c'est à dire suivant la direction de l'axe xx' commun à l'inducteur et au conduit 4.

Entre les encoches 3, l'inducteur forme des dents 5 de faible épaisseur saillantes par rapport au bobinage 6 vers l'intérieur de l'inducteur.

On a tracé deux lignes de flux et une zone circulaire à la base de la denture de l'inducteur, dans laquelle il y a saturation par les flux de fuite.

On voit sur la figure 1 que l'inducteur est une pièce difficile à réaliser, en particulier lorsque les dents 5 sont de faible épaisseur, c'est à dire lorsque le pas polaire est de faible amplitude.

On voit également que le refroidissement des enroulements 6, à l'intérieur des encoches 3 est difficile.

Sur la figure 2, on voit une pompe électromagnétique à induction suivant l'invention qui comporte un inducteur 10 et un conduit 11 de circulation du métal liquide.

L'inducteur 10 est constitué par un noyau magnétique 12 et un ensemble de bobinages 14 disposé coaxialement par rapport au conduit 11 et autour de celui-ci.

En se reportant à la figure 3, on voit que le noyau magnétique 12 comporte trois sections 12a 12b et 12c en forme de secteurs cylindriques d'angle un peu inférieur à 120°.

Chacun des secteurs cylindriques 12a, 12b et 12c est lui-même constitué par un ensemble de tôles rectangulaires en fer au silicium constituant un élément de noyau magnétique feuilleté.

Ces tôles en fer au silicium 15 sont disposées suivant des plans axiaux de l'inducteur et constituent dans leur ensemble un noyau annulaire discontinu dont la surface interne est lisse. Le diamètre intérieur du noyau magnétique feuilleté est supérieur au diamètre extérieur du conduit 11, un espace annulaire étant ménagé entre le noyau magnétique et le conduit. Les bobinages 14 sont disposés dans cet espace annulaire.

Les différents secteurs du noyau magnétique sont séparés par des rainures longitudinales 16 à l'intérieur desquelles sont disposées les amenées de courant 17 et les conducteurs de liaison 18 des bobinages 14.

L'assemblage des différentes parties de la pompe électromagnétique est réalisé de la façon suivante :

- un flasque 24 de forme annulaire est enfilé sur le conduit 11 sur lequel sont également enfilés successivement une bague d'isolation en alumine 23, les différentes bobines 14 les unes à la suite des autres puis une seconde bague d'alumine isolante 21 et enfin un flasque 20. Des joues 40 (figure 3) assurent la liaison entre les flasques 20 et 24 ; ces joues sont soudées sur les flasques 20 et 24.

Les éléments 12a 12b et 12c du noyau magnétique sont mis en place autour des bobinages et entre les flasques 20 et 24.

Le conduit 11 porte un anneau de butée 26 qui est en contact avec la face externe du flasque 24 et qui est maintenu sur le flasque 24 par des pièces de serrage 28 grâce à des vis 27.

L'ensemble des bobinages 14 est maintenu entre les bagues d'alumine isolante 21 et 23 elles-mêmes maintenues entre les flasques 20 et 24.

Les éléments du noyau magnétique 12 sont maintenus entre les flasques 20 et 24.

Les bobinages 14, ainsi qu'il est visible aux figures 5 et 6 sont constitués par enroulement à spires jointives un fil méplat en cuivre 30 de forte section entouré par une gaine isolante 31.

Chacun des bobinages comportent cinq spires et l'ensemble de l'inducteur comporte six bobinages identiques.

Ainsi qu'il est visible sur les figures 2 et 4, on voit que les conducteurs d'alimentation 17 et les conducteurs de jonction 18 des différents bobinages 14 sont disposés à l'intérieur des rainures 16 ménagées entre les éléments du noyau magnétique 12.

On voit que les bobinages sont reliés en série deux à deux et constituent trois ensemble dont une extrémité représentée sur la figure 4 est reliée à l'une des phases d'une alimentation triphasée et dont l'autre

extrémité est reliée au neutre de l'alimentation.

Le premier ensemble de bobinages comporte le premier et le quatrième bobinages, le second ensemble comporte le deuxième et le cinquième bobinage et enfin le troisième ensemble représenté sur la figure 2 comporte le troisième et le sixième bobinages reliés en série par le conducteur 18.

Les bobinages occupent exactement l'espace annulaire compris entre le noyau magnétique 12 et le conduit 11 et sont en contact par leur face intérieure avec le conduit et par leur surface extérieure avec le noyau magnétique.

A l'intérieur du conduit 11 est disposé un noyau magnétique 32 à l'intérieur d'une enveloppe en acier inoxydable 33, sur toute la longueur de l'inducteur.

L'enveloppe 33 comporte des parties profilées pour le guidage du métal liquide à chacune de ses extrémités. Le noyau magnétique 32 et son enveloppe 33 sont maintenus en position à l'intérieur du conduit 11 par des pièces d'appui 35 et 36.

L'ensemble de la pompe électromagnétique ainsi constituée est disposé à l'intérieur d'une enveloppe cylindrique 38 elle-même fixée sur le conduit 11 de circulation du métal liquide.

Le noyau magnétique 12 dont la surface interne est entièrement lisse ne comporte aucun pôle saillant et aucune denture, si bien que les inconvénients des dispositifs de l'art antérieur sont évités.

De plus, l'inducteur a ainsi une impédance très faible si bien qu'on peut l'alimenter à très basse tension (de l'ordre de quelques volts). Les problèmes relatifs à l'isolation des différentes parties de la pompe sont donc très faciles à résoudre et l'utilisation de la pompe ne présente pas de danger pour les utilisateurs.

Comme dans les pompes de l'art antérieur, le métal liquide est mis en circulation sous l'effet du champ magnétique et des courants induits par l'inducteur dans le métal liquide contenu dans le conduit de circulation 11.

Malgré la simplicité et le très faible encombrement de la pompe, il est possible d'obtenir un débit élevé avec cependant une pression de pompage faible.

Les bobinages sont en contact par leur surface intérieur avec la surface externe du conduit 11, ce qui permet de refroidir les conducteurs les constituant directement par le liquide en circulation dans le conduit 11.

De telles pompes peuvent fonctionner sans aucun refroidissement autre que celui du métal liquide circulant dans le conduit, dans le cas du pompage de sodium liquide à 550°.

Le rendement d'une pompe selon l'invention est voisin de celui d'une pompe classique comportant un inducteur dont le noyau magnétique présente une denture, avec toutefois des dimensions plus faibles dans le cas de la pompe suivant l'invention. Ces résultats sont obtenus par la supression de la denture qui permet d'éviter les flux de fuite d'encoches et d'obtenir une meilleure répartition du champ magnétique. On évite également l'apparition des harmoniques de dentures.

Tous ces avantages sont donc obtenus avec une structure plus simple et plus compacte de la pompe.

L'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui a été décrit elle en comporte au contraire toutes les variantes.

C'est ainsi qu'au lieu de bobinages à cinq spires on peut utiliser des bobinages comportant un nombre différent de spires, par exemple un nombre inférieur, dans le cas où l'on désire diminuer le pas polaire. La machine électromagnétique suivant l'invention peut avoir un pas polaire extrêmement faible uniquement limité par l'encombrement d'une spire constituant à elle seule un bobinage.

Les bobinages peuvent être constitués d'une façon différente de celle qui a été décrite et leur isolation ainsi que leur refroidissement peut être obtenue par tout autre moyen que ceux qui ont été décrits.

De la même façon, on peut réaliser l'inducteur sous une forme différente de celle qui a été décrite qui permet cependant un montage facilité et un fonctionnement avec un très bon rendement de la machine électromagnétique.

On peut utiliser un noyau central, à l'intérieur du conduit d'une forme quelconque ou même ne pas utiliser de noyau magnétique, si le couplage est suffisant.

L'invention s'applique non seulement aux pompes mais encore aux moteurs linéaires susceptibles de déplacer un élément conducteur quelconque à l'intérieur d'un conduit.

On peut aussi utiliser une alimentation multiphasée autre que triphasée.

L'invention s'applique également dans le cas d'un frein électromagnétique qui est destiné par exemple à freiner la circulation d'un métal liquide.

L'invention s'applique également dans le cas d'un générateur magnéto-hydrodynamique.

REVENDICATIONS

1. Machine électromagnétique à induction linéaire du type comportant un conduit tubulaire (11) dans lequel se déplace un matériau conducteur et un inducteur (10) disposé autour du conduit (11) constitué par une pluralité de bobinages (14) espacés suivant la direction axiale du conduit (11) et placés coaxialement par rapport à celui-ci, à l'intérieur d'un noyau magnétique (12),
caractérisée par le fait que le noyau magnétique (12) a une surface interne cylindrique lisse coaxiale au conduit (11) et que les bobinages (14) sont disposés dans un espace annulaire ménagé entre la surface interne du noyau magnétique (12) et la surface externe du conduit (11).

2. Machine électromagnétique suivant la revendication 1,
caractérisée par le fait que le noyau magnétique (12) est constitué par des éléments (12a 12b et 12c) en forme de secteurs annulaires ayant pour axe l'axe du conduit (11) et ménageant entre eux des rainures axiales (16) pour le passage des conducteurs d'alimentation (17) et des conducteurs de jonction (18) des bobinages (14).

3. Machine électromagnétique suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, utilisée pour la mise en circulation d'un liquide conducteur de l'électricité dans le conduit (11),
caractérisée par le fait que les bobinages sont en contact avec la surface externe du conduit (11), pour leur refroidissement par le liquide conducteur lui-même.

4. Machine électromagnétique suivant l'une quelconque des revendications 1, 2 et 3,
caractérisée par le fait que les bobinages (14) sont constitués par enroulement d'un fil conducteur méplat entouré d'une gaine isolante constituant des élments tubulaires compacts serrés les uns contre les autres.

5. Machine électromagnétique suivant l'une quelconque des revendications 1, 2, 3 et 4,
caractérisée par le fait que les bobinages (14) sont reliés à une source d'alimentation sous faible tension, de l'ordre de quelques volts.

6. Application d'une machine électromagnétique suivant l'une quelconque des revendications 1, 2, 3, 4 et 5 au pompage d'un métal liquide tel que le sodium.

HUIT PAGES

Fig1

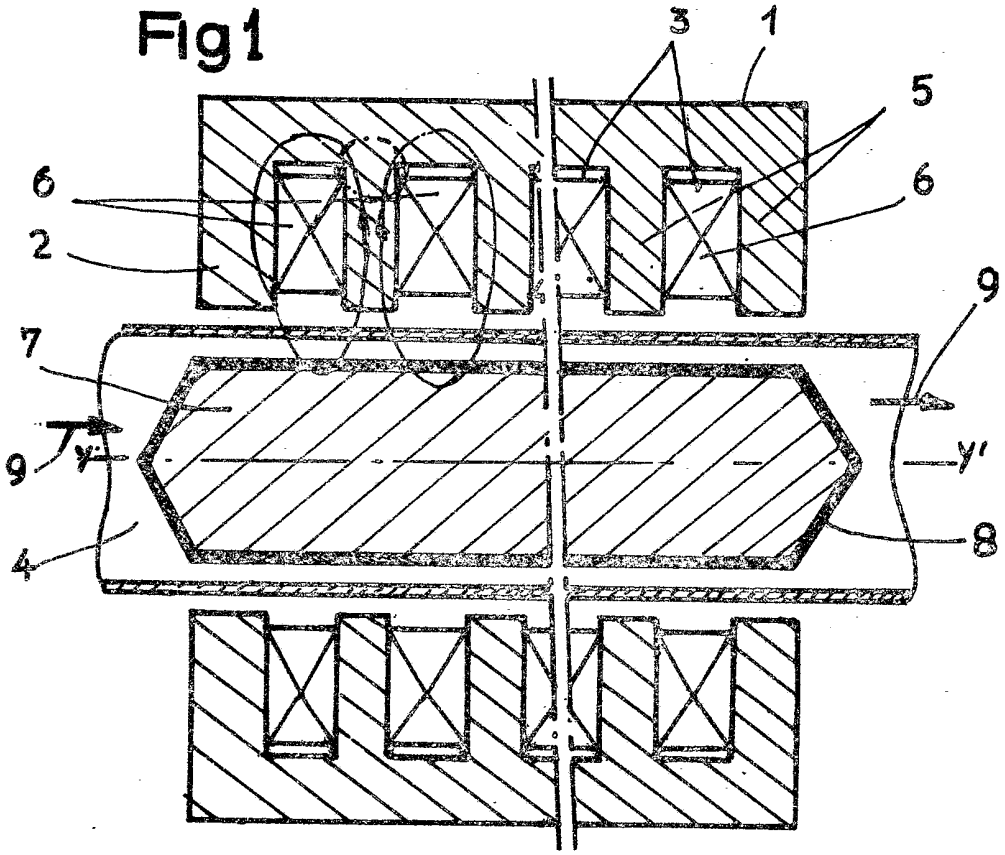


Fig6

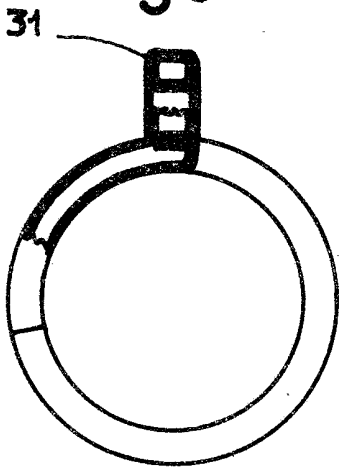


Fig5

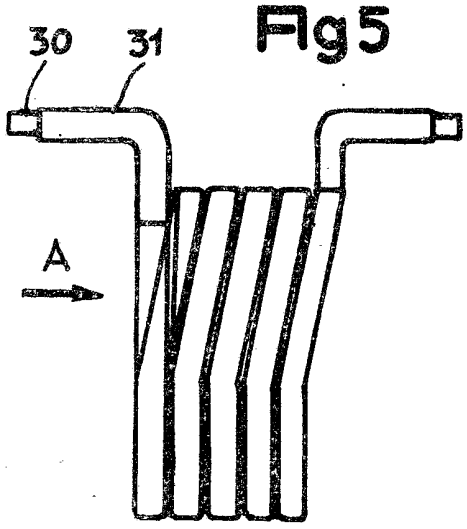


Fig2

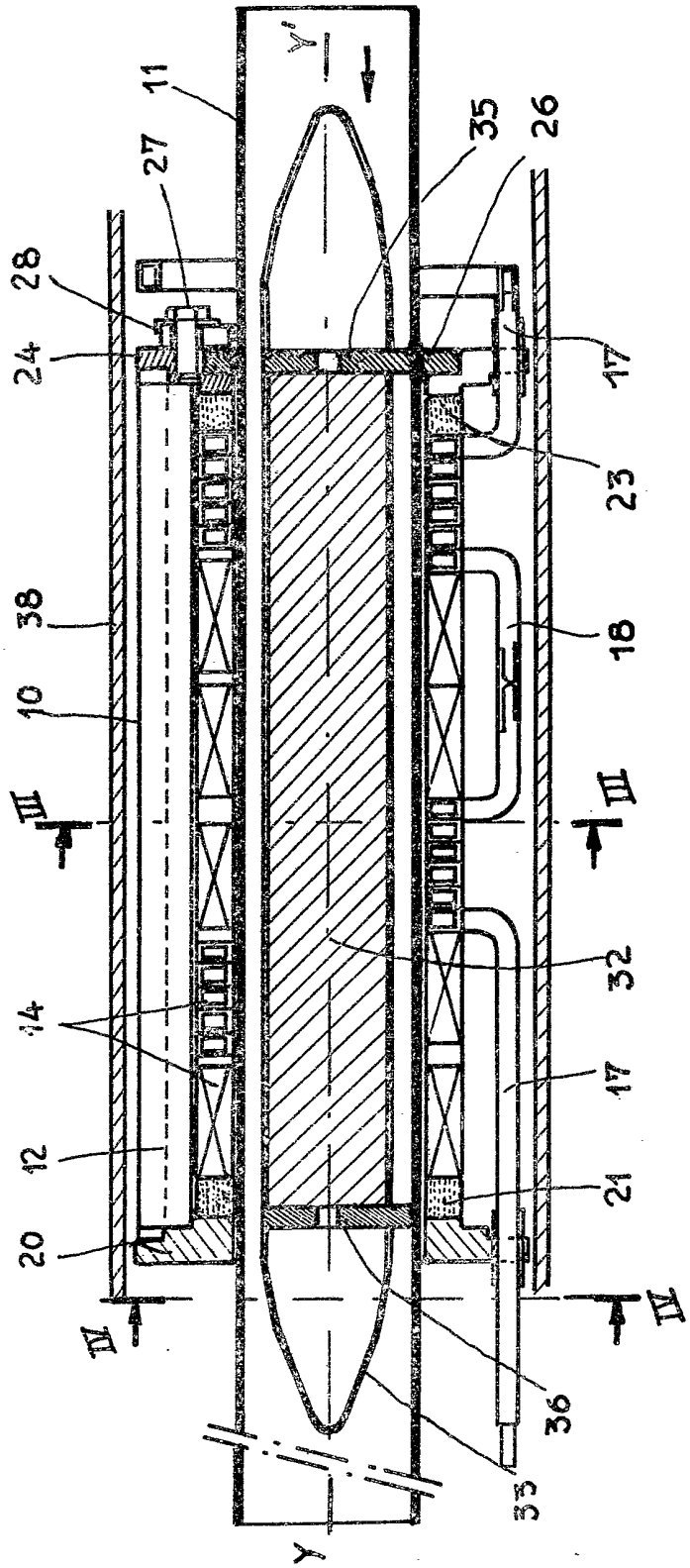

Y'
11
27
35
26
28
24
17
23
38
18
10
III
III
32
14
17
12
21
20
IV
IV
36
33
Y

Fig 3

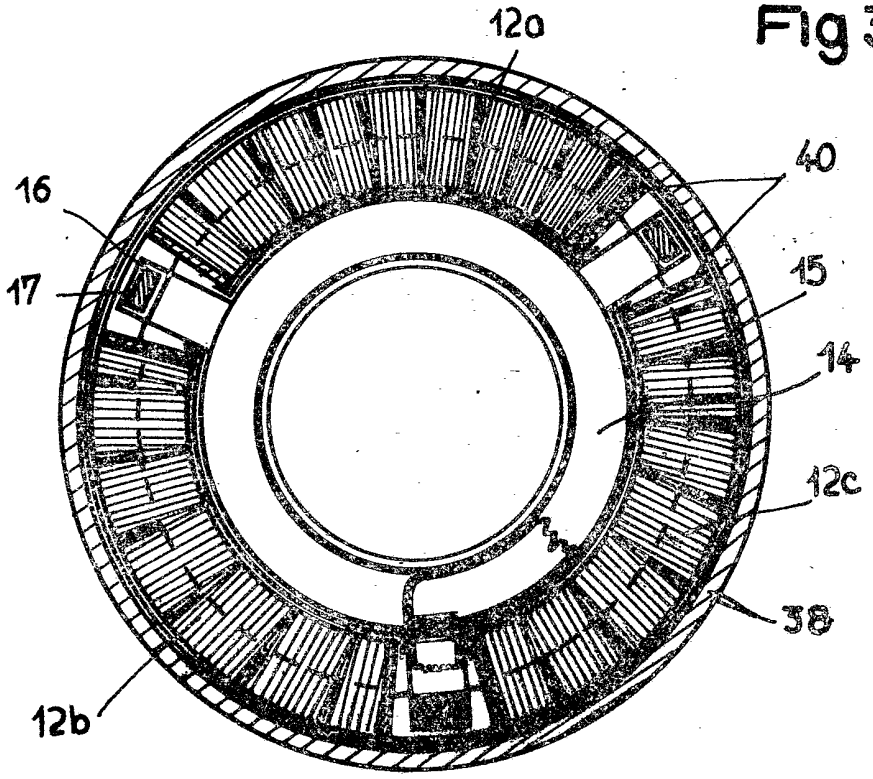


Fig 4

