

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) Nº de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 009 885

(21) Nº d'enregistrement national :

14 57940

(51) Int Cl⁸ : **H 01 F 27/28** (2013.01), H 01 F 27/30, 17/04

(12)

DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE

A3

(22) Date de dépôt : 22.08.14.

(71) Demandeur(s) : VACON OYJ — FI.

(30) Priorité : 23.08.13 FI U20134176.

(72) Inventeur(s) : SODO NICKLAS.

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 27.02.15 Bulletin 15/09.

(73) Titulaire(s) : VACON OYJ.

(56) Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la procédure de rapport de recherche.

(74) Mandataire(s) : IPSILON - BREMA-LOYER Société par actions simplifiée.

Demande(s) d'extension :

(54) AGENCEMENT D'ENROULEMENT.

(57) L'invention concerne un agencement d'enroulement dans un composant inductif de puissance, lequel composant comprend une pièce formant noyau fabriquée à partir d'un matériau ferromagnétique et un enroulement formé à partir d'un conducteur d'enroulement rigide, lequel enroulement comprend un nombre pair de couches de conducteur (51, 52) superposées autour du même axe central, contenant chacune au moins deux spires de conducteur imbriquées (53 - 55, 61, 62, 63.1, 63.2), et la spire la plus à l'extérieur (51, 61) duquel conducteur d'enroulement se prolonge vers l'extérieur du composant de manière à le raccorder à un circuit externe. Un conducteur d'enroulement est formé à partir d'un matériau de conducteur d'un seul tenant de forme rectangulaire, et le conducteur d'enroulement présente au moins un décrochement latéral (S) via lequel deux couches d'enroulement (51, 52) se raccordent.

FR 3 009 885 - A3



AGENCEMENT D'ENROULEMENT

Domaine technique

5 La présente invention porte sur un agencement d'enroulement pour un composant inductif de puissance. L'invention porte plus particulièrement sur un agencement d'enroulement dans lequel l'enroulement est fabriqué à partir d'un matériau épais en forme de rail et l'enroulement comprend un certain nombre de spires imbriquées.

10

Etat de la technique et description du problème

Le développement des dispositifs électroniques de puissance, notamment des convertisseurs de fréquence, s'oriente d'une façon générale vers un accroissement de la densité de puissance. Il est bien connu dans la technique que la prise en charge de puissances élevées dans un dispositif de petite taille nécessite le refroidissement efficace des composants présents sur le chemin du courant principal, notamment un refroidissement par liquide ou un refroidissement par air renforcé par un ventilateur. Pour des raisons de coût, le refroidissement par liquide n'est le plus souvent utilisé que dans des dispositifs de forte puissance, par ex. dans des convertisseurs de fréquence de plus de 100 kW.

25 Les bobines d'arrêt de filtrage limitant le courant principal sont typiquement des composants dans lesquels se produit une forte dissipation de puissance. À titre d'exemple, dans un convertisseur de fréquence, la puissance dissipée des bobines d'arrêt peut être de l'ordre de 1 % de la puissance nominale du dispositif. Les bobines d'arrêt sont des composants inductifs composés d'une pièce formant carcasse fabriquée à partir d'un matériau de 30 noyau ferromagnétique et d'enroulements conducteurs de courant dans lesquels se produit normalement en majorité la dissipation de puissance.

Dans le but de limiter la dissipation de puissance, en particulier aux puissances élevées, une solution courante consiste à fabriquer l'enroulement à partir d'une barre de cuivre de section transversale rectangulaire.

35 Un problème rencontré dans la fabrication de ce type d'enroulement, notamment si l'enroulement comporte un certain nombre de spires imbriquées, est de faire sortir l'extrémité de l'enroulement de la couche la plus à l'intérieur. En guise d'exemple, dans la solution de sortie généralement utilisée, selon la

figure 2, pour faire sortir l'extrémité de l'enroulement dans la direction radiale, faire sortir ladite extrémité nécessite une force considérable pour tordre la barre de l'enroulement afin de lui donner la forme requise. Par ailleurs, du fait de l'entrée radiale, le refroidissement d'un enroulement refroidi par liquide coulé dans un matériau isolant bon conducteur de la chaleur, ledit refroidissement reposant sur une conduction thermique dans la direction axiale, s'avère plus difficile.

Le problème susmentionné ne se pose pas si l'enroulement est composé de deux couches, par ex. selon la figure 3. Cette solution nécessite le raccordement des spires d'enroulement les plus à l'intérieur des couches, raccordement qui lui-même pose un problème du fait de la pièce additionnelle qu'il nécessite. La pièce additionnelle, ainsi que les pièces de fixation qu'elle nécessite, prennent de la place et l'on sait que les raccordements supplémentaires occasionnent un risque qui, à terme, affecte la fiabilité. La pièce additionnelle et son rattachement aux extrémités d'enroulement occasionnent en outre un travail et des coûts supplémentaires.

Résumé de l'invention

La présente invention a pour objectif de procurer un nouveau type d'agencement propre à remédier aux inconvénients des solutions de l'état de la technique et d'offrir une solution d'enroulement fiable et économique. Cet objectif est atteint au moyen d'un agencement d'enroulement dans un composant inductif de puissance, lequel composant comprend une pièce formant noyau fabriquée à partir d'un matériau ferromagnétique et un enroulement formé à partir d'un conducteur d'enroulement rigide, lequel enroulement comprend un nombre pair de couches de conducteur superposées autour du même axe central, contenant chacune au moins deux spires de conducteur imbriquées, et la spire la plus à l'extérieur duquel conducteur d'enroulement se prolonge vers l'extérieur du composant de manière à le raccorder à un circuit externe. Un conducteur d'enroulement est formé à partir d'un matériau de conducteur d'un seul tenant de forme rectangulaire, et présente au moins un décrochement latéral via lequel deux couches d'enroulement se raccordent.

Selon une caractéristique possible, la grandeur du décrochement latéral correspond au moins à la somme de la largeur du conducteur d'enroulement et de la distance d'isolation entre les couches d'enroulement.

Selon un mode de réalisation, le composant inductif de puissance est une bobine d'arrêt dans laquelle le conducteur d'enroulement est fabriqué à partir d'un seul matériau de conducteur de forme rectangulaire. En variante, le composant inductif de puissance est une bobine d'arrêt dans laquelle le conducteur d'enroulement se compose d'au moins deux conducteurs en forme de ruban reliés en parallèle.

Selon un autre mode de réalisation, le composant inductif de puissance est une bobine d'arrêt de mode commun dans laquelle l'enroulement se compose d'au moins deux conducteurs en forme de ruban isolés l'un de l'autre.

Selon encore un autre mode de réalisation, le composant inductif de puissance est un transformateur dans lequel l'enroulement se compose d'au moins deux conducteurs en forme de ruban isolés l'un de l'autre et les nombres de spires de l'enroulement primaire et de l'enroulement secondaire sont identiques.

De préférence, les couches de conducteur sont en nombre pair et un décrochement latéral est ménagé entre chaque couche de conducteur.

Le principe de base caractérisant l'invention consiste en ce que le conducteur d'enroulement est fabriqué à partir d'un conducteur de forme rectangulaire d'un seul tenant (par ex. un ruban de cuivre ou une barre d'aluminium). L'invention se caractérise en outre par le fait que le conducteur d'enroulement est cintré pour former un nombre pair de couches d'enroulement superposées présentant chacune un certain nombre de spires imbriquées. Du fait du nombre pair de couches, les deux extrémités de l'enroulement se situent sur l'anneau extérieur, si bien qu'il est inutile de prévoir une sortie pour l'extrémité d'enroulement depuis l'anneau intérieur, comme dans l'état de la technique (figure 2). Grâce à l'enroulement d'un seul tenant, le raccordement des extrémités d'enroulement sur l'anneau intérieur selon l'état de la technique (figure 3) s'avère inutile.

La solution selon l'invention permet de doter un conducteur d'enroulement d'un seul tenant d'une forme présentant un décrochement latéral, de préférence entre chaque couche, de la même dimension que la largeur du conducteur majorée de la dimension cumulée des isolations entre les couches d'enroulement. Le décrochement permet d'assurer l'interface entre deux couches d'enroulement sur l'anneau intérieur de l'enroulement sans brasage, soudage ou pièces de raccordement distinctes.

Le conducteur d'enroulement d'un seul tenant selon l'invention peut être cintré à partir d'un conducteur épais en forme de barre ou il peut se composer d'un certain nombre de conducteurs en forme de ruban plus minces reliés en parallèle.

5 L'invention peut également être appliquée aux enroulements d'un transformateur, notamment si les nombres de spires de l'enroulement primaire et de l'enroulement secondaire sont identiques.

10 La solution d'enroulement selon l'invention est facile à fabriquer et avantageuse en termes de coûts. Son encombrement étant minimal, elle permet d'obtenir une bobine d'arrêt de structure compacte. L'absence de pièces de raccordement distinctes améliore par ailleurs la fiabilité d'un composant inductif de puissance. La structure d'enroulement est également avantageuse du point de vue du refroidissement par liquide qui s'accomplice dans la direction 15 axiale.

Brève description des dessins

20 L'invention va faire l'objet d'une description plus détaillée dans la suite à l'aide de certains exemples de ses modes de réalisation en regard des dessins annexés, dans lesquels

la figure 1 présente le circuit principal d'un ensemble convertisseur de fréquence,

25 les figures 2A et 2B présentent la structure d'un composant inductif de puissance,

les figures 3A et 3B présentent une solution d'enroulement de l'état de la technique,

la figure 4 présente des conducteurs d'enroulement selon l'invention,

la figure 5 présente une solution d'enroulement selon l'invention, et

30 la figure 6 présente une solution d'enroulement selon l'invention.

Description détaillée de l'invention

La figure 1 illustre le circuit principal d'un convertisseur de fréquence 35 FC dont les composants inductifs constituent des exemples du point d'application de la solution d'enroulement selon l'invention. Le circuit principal comprend un pont réseau REC qui redresse les trois phases L_1 , L_2 , L_3 du réseau d'alimentation électrique pour former la tension continue du circuit

intermédiaire, laquelle tension continue est filtrée par un condensateur C_{DC} servant d'accumulateur d'énergie. Un pont onduleur INU forme la tension triphasée de sortie U, V, W à partir de la tension continue du circuit intermédiaire. Les unités fonctionnelles REC et INU constituées de composants semi-conducteurs de puissance étant connues de l'homme de métier et ne présentant qu'un intérêt limité dans le contexte de la présente invention, elles ne feront donc pas l'objet ici d'une description plus approfondie.

Pour assurer le filtrage des harmoniques du courant de réseau absorbé par le convertisseur de fréquence, des composants inductifs sont normalement reliés soit au côté entrée ($3 \times L_{AC1}$) soit au côté sortie (L_{DC+} , L_{DC-}) du pont réseau. Si le convertisseur de fréquence comprend un pont réseau dit actif à la place du pont de diodes illustré à la figure, une unité de filtrage composée de deux bobines d'arrêt triphasées ($3 \times L_{AC1}$ et, en tirets, $3 \times L_{AC2}$) et de condensateurs (en tirets $3 \times C$) reliés entre eux est normalement utilisée côté réseau.

La figure 2A présente une carcasse de noyau ferromagnétique d'un seul tenant de type dit en pot, telle que celle susceptible d'être utilisée avantageusement dans la solution d'enroulement selon la présente invention. Le noyau comprend une base ronde 22 à laquelle se rattache une colonne centrale ronde 25 et un anneau extérieur creux de forme cylindrique 21. Un trou peut être ménagé au centre de la colonne centrale à des fins de fixation. Un espace vide 24 subsiste entre la colonne centrale et l'anneau extérieur, dans lequel est placé l'enroulement. Une ou plusieurs ouvertures 23 sont ménagées dans l'anneau extérieur pour les sorties des extrémités d'enroulement.

La figure 2B présente un assemblage classique d'une bobine d'arrêt ou d'un transformateur, où deux noyaux de type en pot 21 sont placés en regard de manière à entourer un enroulement dont les extrémités 26 sont, dans ce cas illustratif, amenées à l'extérieur par le même côté du noyau. Il est avantageux de refroidir ce type de structure par un liquide et, dans un tel agencement, il est avantageux de couler dans tout l'espace d'enroulement un matériau bon conducteur de la chaleur, par ex. de la résine époxyde, permettant de conduire la chaleur produite dans l'enroulement vers la carcasse de noyau. La chaleur peut être transférée depuis la carcasse de noyau, de préférence via ses surfaces extérieures planes dans la direction axiale, vers les refroidisseurs par liquide qui prennent appui sur ces surfaces.

Les figures 3A et 3B présentent le principe de mise en place, à l'intérieur d'un noyau selon l'état de la technique par ex. selon la figure 2B, d'un enroulement fabriqué à partir d'un conducteur fabriqué à partir d'une barre omnibus épaisse de section transversale rectangulaire, généralement utilisée
5 aux puissances élevées.

La figure 3A illustre la forme de l'enroulement vu depuis la direction de l'axe de rotation du noyau circulaire. Le conducteur d'enroulement 32, représenté par un trait noir épais, pénètre dans la carcasse de noyau 31 par
10 l'ouverture 34 et, en partant de l'anneau extérieur vers l'intérieur vu depuis la direction axiale, s'enroule pour former une ou plusieurs spires imbriquées à l'intérieur de l'anneau extérieur autour de la colonne centrale (non illustrée) sur un premier plan. À l'extrémité de la spire la plus à l'intérieur, pour rejoindre l'ouverture 34, le conducteur d'enroulement doit s'élever jusqu'à un deuxième
15 plan au moyen d'une pièce de raccordement 33 à laquelle le conducteur de retour 35 est également relié. Le conducteur de retour 35 peut passer directement dans l'ouverture 34, selon la figure 3A, ou peut s'enrouler vers l'extérieur à partir de l'anneau intérieur pour former une deuxième couche d'enroulement correspondant à la première couche d'enroulement jusqu'à
20 atteindre l'ouverture 34 pour assurer l'interface de sortie.

La figure 4 illustre des exemples de conducteurs d'un seul tenant selon la présente invention. Un décrochement latéral a été ménagé dans le conducteur d'enroulement W_{41} dans la partie supérieure de la figure, au moyen
25 duquel le changement de plan de l'enroulement, par ex. représenté à la figure 3A, de la première à la deuxième couche peut s'effectuer sans nécessiter de pièce de raccordement comme dans l'état de la technique. De nombreuses variantes sont possibles pour la forme du décrochement latéral, par ex. conformément à un conducteur d'enroulement rectangulaire W_{41} ou
30 conformément à un conducteur d'enroulement en forme de parallélogramme W_{42} . L'on sait, dans la technique, que les bords vifs de barres omnibus à fort courant s'échauffent facilement du fait des courants de Foucault, si bien qu'un décrochement latéral en forme de parallélogramme à coins arrondis conformément au conducteur d'enroulement W_{43} s'avère particulièrement
35 avantageux.

Selon l'invention, quelle que soit la forme du décrochement latéral, sa grandeur d_s correspond au moins à la somme de la largeur d_w du

conducteur d'enroulement et de la distance d'isolation d_I entre les couches d'enroulement :

$$d_S = d_w + d_I \quad [1]$$

5 En pratique, le conducteur d'enroulement selon l'invention peut être avantageusement obtenu par découpe d'un matériau brut en forme de plaque et par mise en forme du décrochement latéral souhaité dans la ligne de découpe.

10 La figure 5 présente une coupe transversale d'un enroulement comportant deux couches 51, 52 superposées autour du même axe central (non illustré), chacune des couches comprenant trois spires imbriquées 53, 54 et 55, et dans lequel le décrochement latéral S relie, selon l'invention, les spires les plus à l'intérieur 55 des deux couches d'enroulement.

15 Dans le cas d'une pluralité de couches d'enroulement, le même décrochement latéral peut être utilisé entre chaque couche. À titre d'exemple, dans un enroulement à 4 couches, les couches 1 et 2 peuvent être reliées par un décrochement latéral entre les spires d'enroulement les plus à l'intérieur, les couches 2 et 3 par un décrochement latéral entre les spires les plus à l'extérieur 20 et les couches 3 et 4 par un nouveau décrochement latéral entre les spires les plus à l'intérieur. L'application de l'invention repose donc sur un nombre paire de couches d'enroulement, auquel cas les deux extrémités d'enroulement se situent sur l'anneau extérieur.

25 Le décrochement latéral selon l'invention ne nécessite aucun espace supplémentaire dans la direction axiale, de sorte que les plans de bord 57, 58 des conducteurs d'enroulement dans chaque spire d'enroulement, ces plans de bord étant illustrés par des tirets, peuvent occuper le même plan. Ceci présente un avantage dans le cas où l'enroulement est coulé dans un matériau 30 d'isolation assurant le transfert de chaleur vers les surfaces d'extrémité planes de la carcasse de noyau, par ex. dans le cas d'un refroidissement par liquide.

La figure 6 illustre la substitution d'un conducteur d'enroulement épais en forme de barre selon la figure précédente par un certain nombre de conducteurs plus minces en forme de ruban, plus faciles à manipuler 35 notamment lors du cintrage des conducteurs pour leur donner leur forme définitive. Les spires d'enroulement 61 et 62 illustrées par des tirets présentent un conducteur épais, et l'agencement réalisé au moyen de deux conducteurs parallèles 63.1 et 63.2 et présentant la même superficie de conducteur

combinée en section transversale, cet agencement étant illustré dans la troisième spire d'enroulement, correspond à un conducteur épais. Le couplage en parallèle des conducteurs n'a pas d'incidence sur l'isolation entre les couches de conducteur et les spires de conducteur. L'isolation entre les
5 conducteurs parallèles s'avère toutefois inutile.

Les conducteurs minces 63.1 et 63.2 selon la figure peuvent également être isolés l'un de l'autre, auquel cas un fort circuit magnétique les sépare du fait de la pièce de noyau commune. De cette façon, la solution d'enroulement selon l'invention peut également servir à former l'enroulement
10 d'un transformateur ou d'une bobine d'arrêt dite de mode commun.

L'homme de métier comprendra bien que les différents modes de réalisation de l'invention ne se limitent pas exclusivement aux exemples décrits plus haut mais qu'ils peuvent présenter des variantes s'inscrivant dans le cadre
15 des revendications présentées ci-dessous.

Les éléments caractéristiques éventuellement présentés dans la description conjointement avec d'autres éléments caractéristiques peuvent au besoin être utilisés individuellement.

REVENDICATIONS

1. Agencement d'enroulement dans un composant inductif de puissance, lequel composant comprend une pièce formant noyau fabriquée à partir d'un matériau ferromagnétique et un enroulement formé à partir d'un conducteur d'enroulement rigide, lequel enroulement comprend un nombre pair de couches de conducteur (51, 52) superposées autour du même axe central, contenant chacune au moins deux spires de conducteur imbriquées (53 - 55, 61, 62, 63.1, 63.2), et la spire la plus à l'extérieur (51, 61) duquel conducteur d'enroulement se prolongeant vers l'extérieur du composant de manière à le raccorder à un circuit externe,

c a r a c t é r i s é e n c e

qu'un conducteur d'enroulement est formé à partir d'un matériau de conducteur d'un seul tenant de forme rectangulaire, et

15 15 le conducteur d'enroulement présente au moins un décrochement latéral (S) via lequel deux couches d'enroulement (51, 52) se raccordent.

2. Agencement d'enroulement selon la revendication 1,

c a r a c t é r i s é e n c e q u e

20 la grandeur d_s du décrochement latéral (S) correspond au moins à la somme de la largeur d_w du conducteur d'enroulement et de la distance d'isolation d_i entre les couches d'enroulement (51, 52).

$$d_s = d_w + d_i$$

25 25 3. Agencement d'enroulement selon la revendication 1 ou 2,

c a r a c t é r i s é e n c e q u e

le composant inductif de puissance est une bobine d'arrêt dans laquelle le conducteur d'enroulement est fabriqué à partir d'un matériau de conducteur de forme rectangulaire.

30 30 4. Agencement d'enroulement selon la revendication 1 ou 2,
 35 35 style="padding-left: 40px;">**c a r a c t é r i s é e n c e q u e**
 le composant inductif de puissance est une bobine d'arrêt dans laquelle le conducteur d'enroulement se compose d'au moins deux conducteurs en forme de ruban reliés en parallèle.

5. Agencement d'enroulement selon la revendication 1 ou 2,

c a r a c t é r i s é e n c e q u e

le composant inductif de puissance est une bobine d'arrêt de mode commun dans laquelle l'enroulement se compose d'au moins deux conducteurs en forme de ruban isolés l'un de l'autre.

5 6. Agencement d'enroulement selon la revendication 1 ou 2,

c a r a c t é r i s é en ce que

le composant inductif de puissance est un transformateur dans lequel l'enroulement se compose d'au moins deux conducteurs en forme de ruban isolés l'un de l'autre, et

10 les nombres de spires de l'enroulement primaire et de l'enroulement secondaire sont identiques.

7. Agencement d'enroulement selon l'une quelconque des revendications précédentes,

15 **c a r a c t é r i s é** en ce que les couches de conducteur sont en nombre pair et un décrochement latéral est ménagé entre chaque couche de conducteur.

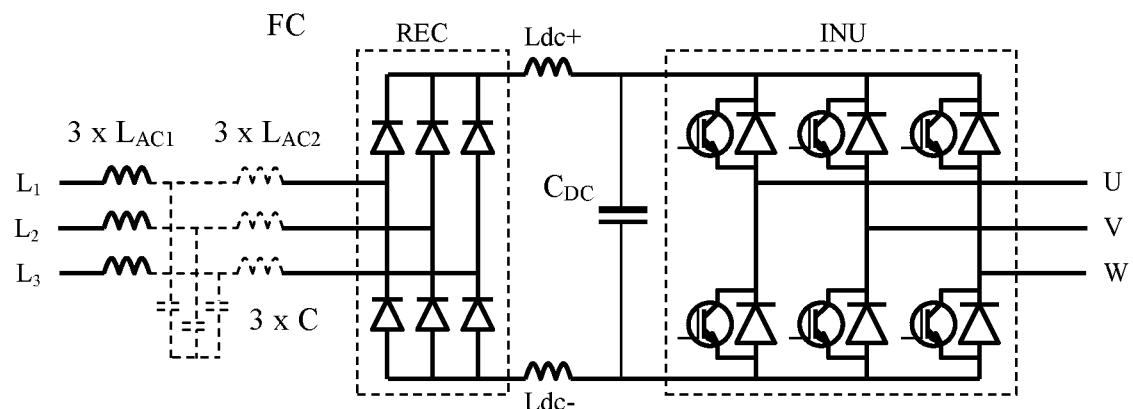


Fig. 1

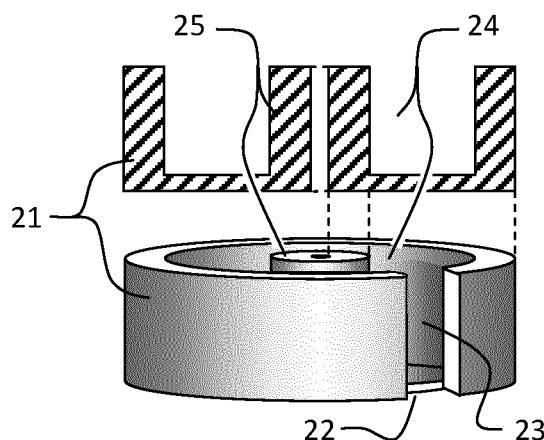


Fig. 2A

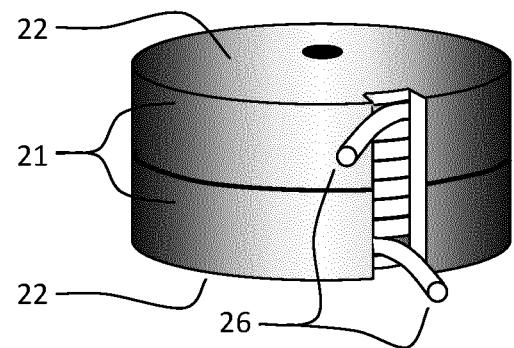


Fig. 2B

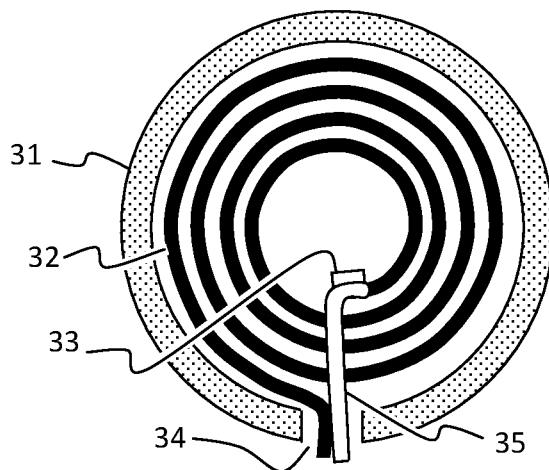


Fig. 3A

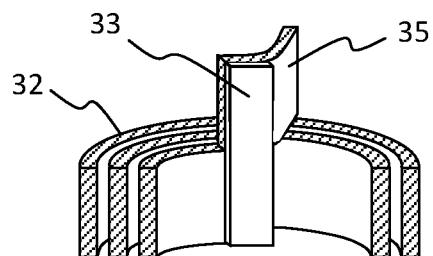


Fig. 3B

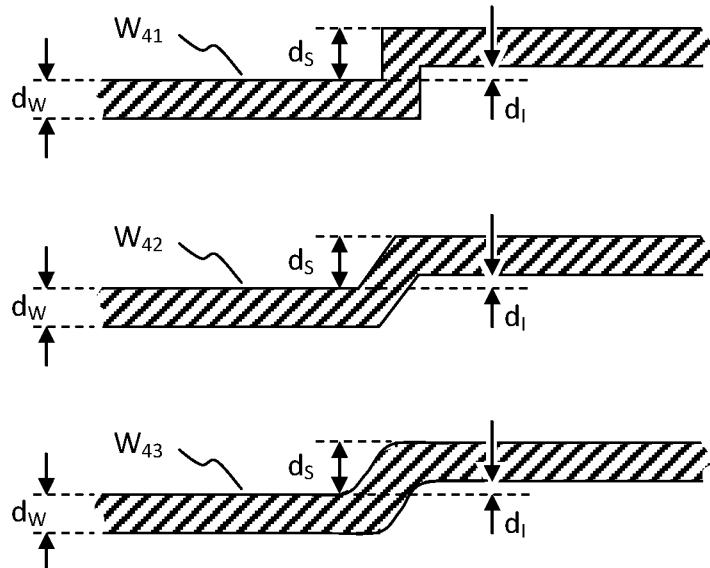


Fig. 4

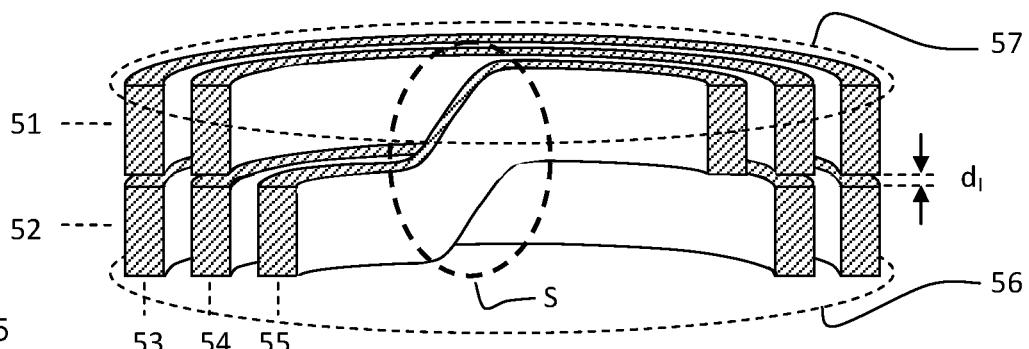


Fig. 5

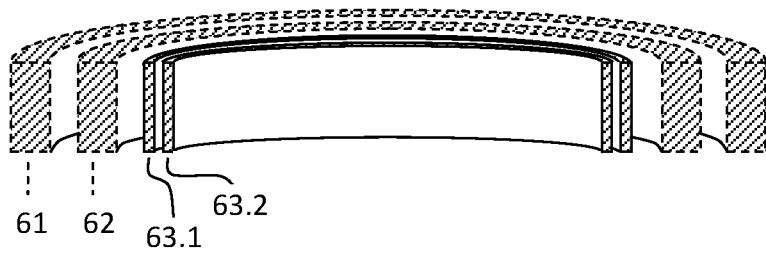


Fig. 6