

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 16.03.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.09.24 Bulletin 24/38.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : Renault s.a.s Société par actions sim-
plifiée — FR.

72 Inventeur(s) : KOLEHMAINEN Jere et SMINIAC
Daniel.

73 Titulaire(s) : Renault s.a.s Société par actions simpli-
fiée.

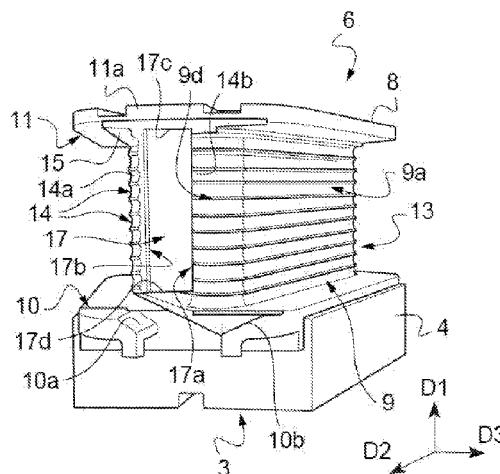
74 Mandataire(s) : FEDIT-LORiot.

54 Isolant de bobine destiné à être positionné autour d'une dent d'un stator ou d'un rotor d'une machine
électrique.

57 L'invention concerne un isolant de bobine (6) destiné
à être positionné autour d'une dent (3) d'un stator ou d'un
rotor (1), cet isolant de bobine (6) comprenant un corps (8)
comportant des parois (9) s'étendant selon une première di-
rection (D1) et formant une enveloppe destinée à entourer
une dent (3), ainsi qu'un premier rebord (10) et un deuxième
rebord (11) s'étendant depuis des bords opposés des parois
(9) et définissant avec celles-ci une gorge (13) destinée à
recevoir les enroulements (7) d'une bobine.

Au moins un des rebords présente une zone amincie
(15) selon la première direction (D1) de sorte que les re-
bords au niveau de cette zone amincie (15) sont séparés
d'une distance supérieure à la distance les séparant en de-
hors de cette zone, ladite zone amincie (15) étant située à
proximité immédiate d'une paroi d'extrémité (9d) du corps
(8).

Figure de l'abrégé : Figure 3



Description

Titre de l'invention : Isolant de bobine destiné à être positionné autour d'une dent d'un stator ou d'un rotor d'une machine électrique

- [0001] L'invention concerne un isolant de bobine destiné à être positionné autour d'une dent d'un stator ou d'un rotor d'une machine électrique.
- [0002] De façon connue en soi, les machines électriques tournantes comportent un stator, solidaire d'un carter, et un rotor, solidaire d'un arbre. Le rotor pourra être solidaire d'un arbre menant et/ou mené et pourra appartenir à une machine électrique tournante sous la forme d'un alternateur ou d'un moteur électrique.
- [0003] Dans les machines électriques à flux axial, stator et rotor sont agencés de manière à ce que le flux électromagnétique entre le stator et le rotor est essentiellement parallèle à l'arbre du rotor. La plupart des machines électriques à flux axial comprennent plusieurs stators et/ou rotors présentant chacun une forme de disque, ces éléments étant séparés, suivant la direction axiale de l'arbre du rotor, par des interstices appelés des entrefers.
- [0004] Usuellement, le rotor et le stator comportent une pluralité de dents correspondant à des bobinages typiquement constitués par des fils qui sont enroulés autour d'un isolant électrique entourant un corps de dent réalisé en tôle feuilletée.
- [0005] Une solution commune pour la fabrication du stator est de fabriquer les dents séparément. Un processus de fabrication connu, qui se nomme le bobinage par broche (« spindle winding » en anglais), consiste à faire tourner le corps de dent, surmonté d'un isolant, de manière à enrouler le fil autour de l'isolant, le fil étant également guidé dans la bonne position par la forme de l'isolant.
- [0006] Ce processus présente néanmoins des difficultés lorsqu'il faut changer la position du fil lors des changements de tour et lors des croisements de fil à chaque changement de couche car le fil utilisé est difficile à manier. Ces changements de position et croisements du fil sont d'autant plus difficiles à réaliser lorsqu'ils ont lieu au niveau d'une extrémité de l'isolant, cette dernière étant souvent étroite. Ces difficultés entraînent une perte de compacité de l'enroulement au détriment de l'efficacité de la bobine.
- [0007] La présente invention vise à surmonter tout ou partie des inconvénients précités.
- [0008] A cet effet, l'invention concerne un isolant de bobine destiné à être positionné autour d'une dent d'un stator ou d'un rotor d'une machine électrique, cet isolant de bobine comprenant :
- [0009] - un corps comportant des parois s'étendant selon une première direction et formant

une enveloppe destinée à entourer une dent de stator ou de rotor, ainsi qu'un premier rebord et un deuxième rebord s'étendant perpendiculairement ou sensiblement perpendiculairement à la première direction depuis des bords opposés des parois et définissant avec celles-ci une gorge destinée à recevoir les enroulements d'une bobine, le corps présentant dans un plan perpendiculaire à la première direction, une longueur s'étendant selon une deuxième direction et une largeur s'étendant suivant une troisième direction, les deuxième et troisième direction étant perpendiculaires entre elles.

- [0010] Au moins un des rebords présente une zone amincie selon la première direction de sorte que les rebords au niveau de cette zone amincie sont séparés d'une distance selon la première direction supérieure à la distance les séparant en dehors de cette zone, ladite zone amincie étant située à proximité immédiate d'une des parois du corps formant une paroi d'extrémité du corps.
- [0011] Ainsi, une caractéristique de l'invention réside dans la réalisation d'une zone amincie au niveau d'au moins un des rebords de l'isolant à proximité immédiate d'une paroi d'extrémité du corps. Cette paroi d'extrémité est notamment choisie de manière à correspondre à une zone de croisement des fils lors de l'enroulement. Il s'agit généralement de la paroi d'extrémité de plus faibles dimensions du corps, typiquement située d'un côté du corps suivant la deuxième direction. Lors de l'enroulement d'un fil autour de l'isolant, plusieurs couches de fil se superposent et au moins un changement de couche est réalisé à proximité de l'au moins un rebord présentant la zone amincie. Cet espace supplémentaire permet de déformer le fil lors de l'enroulement et ainsi d'assurer un espace suffisant (suivant la première direction) entre les enroulements de fil d'une même couche. Sans cet espace, au sein d'une même couche, les premiers enroulements de fil vont pousser les enroulements de fil suivants suivant la première direction, ce qui conduit à des croisements et/ou des changements de position du fil qui ne sont pas souhaitables. Ainsi, en offrant un espace plus grand pour changer le fil de couche et le déformer lors de son enroulement, la zone amincie permet un meilleur placement du fil.
- [0012] Cette forme d'isolant permet également d'obtenir un bobinage compact, sans nécessiter d'ajustement de la position du fil après l'enroulement de ce dernier, et un rendement plus élevé du bobinage car il est possible d'ajouter davantage de couches de fil et/ou d'enroulements. Ceci peut permettre d'augmenter l'efficacité du circuit magnétique généré par la bobine.
- [0013] La zone amincie peut présenter des dimensions facilitant la déformation du fil lors de son enroulement,
- [0014] Ainsi, avantageusement, l'isolant peut comprendre au moins une des caractéristiques suivantes :
- la zone amincie s'étend depuis la paroi d'extrémité jusqu'à un bord du rebord

suivant la deuxième direction,

- la zone amincie s'étend sur au moins une partie d'une largeur de la paroi d'extrémité mesurée selon la troisième direction.

[0015] Notamment, suivant la troisième direction, la zone amincie peut débuter à proximité de, ou depuis, un bord du rebord. Ce bord peut avantageusement correspondre au bord par lequel le fil est destiné à arriver lorsque l'on procède à son enroulement. Ceci permet de faciliter la déformation du fil lors de l'enroulement.

[0016] Avantageusement, la zone amincie peut débuter à proximité de, ou depuis, ce bord, avec une augmentation progressive de l'amincissement. Notamment, la zone amincie peut comporter, suivant la troisième direction, une première partie avec une augmentation progressive de l'amincissement, une deuxième partie centrale d'amincissement maximal constant et une troisième partie avec une réduction progressive de l'amincissement. Ceci peut permettre de faciliter davantage l'enroulement du fil.

[0017] Avantageusement, une partie de la paroi d'extrémité du corps peut être évidée sur au moins une partie de sa dimension selon la première direction, cet évidement présentant un premier bord et un deuxième bord s'étendant chacun suivant la première direction, le premier bord étant plus éloigné selon la deuxième direction d'un plan médian du corps que le deuxième bord, ce plan médian du corps étant parallèle à la première direction et à la troisième direction. L'évidement est ainsi asymétrique par rapport à un plan médian de la paroi d'extrémité qui est parallèle à la première direction et à la deuxième direction. Avantageusement, le premier bord de l'évidement est situé du côté de la paroi d'extrémité par lequel le fil est destiné à arriver lorsque l'on procède à son enroulement. Ainsi, il est plus aisé de guider le fil lors de l'enroulement et cette asymétrie empêchera également le fil de glisser ou d'être enroulé au mauvais endroit.

[0018] Avantageusement, la partie évidée peut être s'étendre suivant la troisième direction sur une distance égale à au moins trois fois le diamètre du fil destiné à être enroulé autour de l'isolant. Ceci peut faciliter la mise en position du fil.

[0019] Avantageusement, le corps peut présenter des rainures destinées à recevoir le fil, chaque rainure s'étendant depuis une première extrémité jusqu'à une deuxième extrémité, ces extrémités étant situées au niveau de la paroi d'extrémité du corps et étant séparées l'une de l'autre suivant la troisième direction, le corps présentant une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- au moins une rainure présente au moins une extrémité inclinée en direction de l'un des rebords suivant la première direction,

- au moins une rainure est inclinée en direction de l'un des rebords suivant la première direction depuis sa première extrémité jusqu'à sa deuxième extrémité,

- au moins une rainure s'étend dans un unique plan perpendiculaire à la première direction.

[0020] Ces différents agencements des rainures permettent de faciliter l'enroulement du fil sur le corps.

[0021] L'invention concerne, en outre, un bobinage de dent de stator ou de rotor comprenant un isolant de bobine tel que décrit précédemment, et au moins trois couches d'enroulements de fil(s) conducteur(s) autour du corps de l'isolant, les enroulements d'une couche croisant les enroulements d'une couche adjacente au niveau de la paroi d'extrémité. Notamment, l'enroulement est réalisé suivant un axe d'enroulement parallèle à la première direction.

[0022] L'invention concerne, aussi, une dent de stator ou de rotor comprenant un corps de dent et un isolant de bobine ou un bobinage tel que décrit précédemment, l'enveloppe de l'isolant de bobine entourant et épousant le corps de dent.

[0023] L'invention concerne enfin une machine électrique tournante comprenant au moins un stator ou au moins un rotor pourvu d'une pluralité de dents tel que décrit précédemment. La machine électrique tournante peut être une machine électrique à flux radial ou à flux axial, avantageusement à flux axial. Avantageusement, l'au moins un stator est pourvu d'une pluralité de dents selon l'invention.

[0024] Un autre objet de l'invention est un procédé d'enroulement d'un fil sur un isolant de bobine selon l'invention comprenant les étapes suivantes :

[0025] (a) on forme une première couche d'enroulements sur le corps de l'isolant de la manière suivante :

(i) on enroule le fil le long du corps de l'isolant de bobine depuis un premier rebord correspondant à l'un des rebords du corps, jusqu'au deuxième rebord, correspondant à un rebord aminci présentant une zone amincie,

(ii) à chaque fin d'un tour d'enroulement, située au niveau de la paroi d'extrémité du corps, on guide le fil jusqu'à une position adjacente, et

[0026] (iii) lors de l'enroulement des derniers tours proches du rebord aminci, à chaque fin d'un tour d'enroulement, au niveau de la paroi d'extrémité de l'isolant de bobine, on étire le fil en direction de la zone amincie du deuxième rebord pour le déformer,

[0027] (b) à la sortie du dernier tour d'enroulement de la première couche, on positionne le fil entre deux enroulements adjacents du fil de la première couche ou entre le dernier enroulement de la première couche et le deuxième rebord adjacent,

[0028] (c) on forme une deuxième couche d'enroulement sur le corps de l'isolant de la manière suivante :

(i) on continue d'enrouler le fil sur la couche d'enroulements précédente en positionnant le fil entre deux enroulements adjacents de la couche précédente jusqu'au premier rebord,

(ii) à chaque fin d'un tour d'enroulement, située au niveau de la paroi d'extrémité du corps, on guide le fil jusqu'à une position adjacente, les enroulements de la deuxième couche croisant les enroulements de la couche précédente au niveau de cette paroi d'extrémité,

(iii) optionnellement, le premier rebord présente également une zone amincie et, lors de l'enroulement des derniers tours proches du premier rebord aminci, à chaque fin d'un tour d'enroulement, on étire le fil en direction de la zone amincie du premier rebord pour le déformer,

[0029] (d) à la sortie du dernier tour d'enroulement de cette deuxième couche, on positionne le fil entre deux enroulements adjacents de la couche précédente ou entre le dernier enroulement de la deuxième couche et le premier rebord adjacent,

[0030] (e) on forme une troisième couche d'enroulements sur le corps de l'isolant de la manière suivante :

(i) on continue d'enrouler le fil sur la couche d'enroulement précédente jusqu'au deuxième rebord pour former une troisième couche d'enroulement,

(ii) à chaque fin d'un tour d'enroulement, située au niveau de la paroi d'extrémité du corps, on guide le fil jusqu'à une position adjacente, les enroulements de la troisième couche croisant les enroulements de la couche précédente au niveau de cette paroi d'extrémité.

[0031] Lorsque l'on souhaite réaliser un bobinage comportant plus que trois couches d'enroulements, l'étape (e) peut alors comprendre : (iii) lors de l'enroulement des derniers tours proches du rebord aminci, à chaque fin d'un tour d'enroulement, au niveau de la paroi d'extrémité de l'isolant de bobine, on étire le fil en direction de la zone amincie du deuxième rebord pour le déformer, et, à la sortie du dernier tour d'enroulement de cette troisième couche, puis, (iv) on positionne le fil entre deux enroulements adjacents de la couche précédente ou entre le dernier enroulement de la couche précédente et le deuxième rebord adjacent, et on réitère une fois l'étape c) ou les étapes c) à e) ou plusieurs fois les étapes c) à e). Ceci permet ainsi d'obtenir un bobinage à 3, 4 ou plus couches d'enroulements.

[0032] L'étape a) peut être précédée d'une étape optionnelle au cours de laquelle on positionne l'isolant de bobine autour d'une dent de stator ou de rotor.

[0033] D'autres particularités et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description faite ci-après de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés à titre indicatif mais non limitatifs, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

[0034] [Fig.1] est une vue schématique en coupe radiale d'un rotor ou d'un stator d'une machine électrique tournante.

[0035] [Fig.2] est une vue schématique en perspective d'un bobinage selon un mode de réa-

lisation de l'invention.

- [0036] [Fig.3] est une vue schématique en perspective d'un isolant de bobine selon un mode de réalisation de l'invention, monté sur une dent et avant enroulement d'un fil conducteur électrique.
- [0037] [Fig.4] est une vue en coupe dans un plan perpendiculaire à la première direction d'un isolant de bobine selon un mode de réalisation l'invention.
- [0038] [Fig.5] est une vue schématique de côté selon la deuxième direction d'un bobinage selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0039] [Fig.6] est une vue schématique de côté selon la deuxième direction d'un bobinage selon un autre mode de réalisation de l'invention.
- [0040] [Fig.7] est une vue schématique partielle en perspective d'une dent et des enroulements d'un fil conducteur selon un premier mode de réalisation de l'invention.
- [0041] [Fig.8] est une vue schématique partielle en perspective d'une dent et des enroulements d'un fil conducteur selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.
- [0042] [Fig.9] est une vue schématique partielle en perspective d'une dent et des enroulements d'un fil conducteur selon un troisième mode de réalisation de l'invention.
- [0043] [Fig.10] est une vue schématique partielle en perspective d'une dent et des enroulements d'un fil conducteur selon un quatrième mode de réalisation de l'invention.
- [0044] La [Fig.1] représente un rotor ou un stator 1 d'une machine électrique tournante à flux radial. Le rotor ou le stator 1 comprend une pluralité de dents 3 qui s'étendent radialement par rapport à un axe 2.
- [0045] La dent 3 de stator ou de rotor comprend ici un corps de dent 4 sur lequel est installé un bobinage de dent (non représenté pour davantage de clarté sur la [Fig.1]).
- [0046] Le corps de dent 4 est réalisé d'un alliage magnétiquement conducteur ou d'un matériau métallique tel que de l'acier électrique ou un composite magnétique doux, typiquement il est fabriqué à partir d'un empilage de tôles métalliques. Le corps de dent 4 présente typiquement une forme de prisme droit à base trapézoïdale isocèle.
- [0047] En référence à la [Fig.2], le bobinage 5 de dent, quant à lui, comprend un isolant de bobine 6 et généralement plusieurs couches d'enroulements 7 d'un fil conducteur entourant l'isolant 6, une seule couche d'enroulement 7 étant représentée sur la [Fig.2]. Le fil utilisé consiste en un fil électriquement conducteur par exemple en un fil de cuivre ou en aluminium, le fil peut être de section circulaire, rectangulaire ou présenter un méplat. L'isolant de bobine 6, quant à lui, forme une enveloppe entourant et épousant le corps de dent (non représenté [Fig.2]), il est réalisé en un matériau électriquement isolant, par exemple en matériau moulable, tel qu'en un matériau polymère et/ou en papier.
- [0048] L'isolant 6 peut être installé sur le corps de la dent de plusieurs manières, il peut être surmoulé sur le corps de dent ou être réalisé séparément et par la suite emboîté sur le

corps de dent. Les enroulements 7 du fil autour de l'isolant 6 peuvent être réalisés alors que l'isolant est installé autour de la dent, ce qui peut permettre de maintenir l'isolant sur la dent, ou avant l'installation de l'isolant 6 autour de la dent. Dans l'exemple représenté [Fig.2], le bobinage 5 de dent est réalisé avant le montage de l'isolant 6 sur la dent. Dit autrement, les enroulements 7 sont réalisés alors que l'isolant 6 n'est pas installé sur le corps de la dent. Au contraire, dans l'exemple représenté [Fig.3], l'isolant 6 est d'abord monté sur le corps de dent 4, puis l'enroulement du fil autour de l'isolant est effectué.

- [0049] Lorsque l'isolant est réalisé séparément et emboîté sur le corps de dent, il peut être fabriqué en une seule pièce (comme représenté [Fig.3]) ou en plusieurs pièces réalisées de manière indépendante (comme représenté [Fig.2]). L'isolant 6 peut être constitué de deux ou plusieurs pièces d'isolant en matériau polymère ou, tel que représenté [Fig.2], de deux pièces 6a, 6b d'isolant en matériau polymère et deux pièces 6c, 6d de papier isolant. Les différentes pièces sont alors assemblées soit par friction grâce à l'emboîtement de l'isolant sur le corps de dent, soit par une connexion mâle-femelle entre les pièces, soit par un ruban adhésif ou encore par collage, ou simplement maintenues sur la dent par les enroulements.
- [0050] Tel que représenté sur les figures 2 et 3, l'isolant 6 de bobine comprend un corps 8 comportant des parois 9 (quatre dans l'exemple, désignées par les références 9a-9d [Fig.2]) s'étendant selon une première direction D1 et formant l'enveloppe destinée à entourer le corps de dent de stator ou de rotor et qui en épouse la forme.
- [0051] Le corps 8 présente, en outre, dans un plan perpendiculaire à la première direction D1, une longueur s'étendant selon une deuxième direction D2 et une largeur s'étendant suivant une troisième direction D3, les deuxième D2 et troisième D3 directions étant perpendiculaires entre elles. Comme on peut le distinguer plus nettement [Fig.2], le corps présente ici une forme de prisme droit à base trapézoïdale isocèle. Dans l'exemple, il comprend ainsi quatre parois, deux parois latérales 9a, 9b et deux parois d'extrémité 9c et 9d. La paroi d'extrémité 9d étant ici de plus petites dimensions que l'autre paroi d'extrémité 9c selon la direction D2. Cette paroi d'extrémité 9d est habituellement située du côté de l'axe 2 du stator ou rotor, la deuxième direction D2 s'étendant alors radialement par rapport à l'axe du stator ou rotor, la première direction D1 s'étendant axialement.
- [0052] L'isolant 6 présente également un premier rebord 10 et un deuxième rebord 11 s'étendant depuis des bords opposés des parois 9 (selon la direction D1) et définissant avec celles-ci une gorge 13 (voir [Fig.3]) destinée à recevoir l'enroulement d'un fil. Ces rebords s'étendent perpendiculairement ou sensiblement perpendiculairement à la première direction. Par « sensiblement perpendiculairement », on entend que ces rebords peuvent présenter des zones non perpendiculaires à la première direction, tels

que par exemples les parties 10a, 10b décrites plus bas servant à retenir les extrémités de fil.

- [0053] L'isolant 6 présente ainsi une forme générale de bobine d'axe la première direction D1. L'enroulement du fil autour du corps 8 de l'isolant 6 est alors réalisé en au moins trois couches, par rotation autour d'un axe d'enroulement qui est parallèle à la première direction D1, le changement de couche se produisant au niveau du premier rebord 10 ou du deuxième rebord 11 et à proximité immédiate de la paroi d'extrémité 9d du corps 8. Ainsi, les enroulements de deux couches superposées se croisent au niveau de cette paroi d'extrémité 9d, comme on peut le voir sur les figures 5 à 10.
- [0054] De manière usuelle, l'isolant 6 comporte en outre du côté de l'un des rebords, ici le rebord 10, des zones 10a, 10b servant au guidage et au maintien des extrémités du fil (voir [Fig.3] et 5-6).
- [0055] Tel que visible [Fig.3], les parois 9 présentent en outre des rainures 14 destinées à accueillir le fil lors de son enroulement. Chaque rainure 14 s'étend depuis une première extrémité 14a jusqu'à une deuxième extrémité 14b, ces extrémités 14a, 14b des rainures étant situées au niveau de la paroi d'extrémité 9d du corps et étant séparées l'une de l'autre suivant la troisième direction D3. Cette interruption des rainures au niveau de la paroi d'extrémité 9d va faciliter le croisement des fils des couches superposées d'enroulement.
- [0056] La [Fig.3] illustre des rainures 14 qui sont parallèles à la deuxième direction D2, chaque rainure s'étendant dans un seul plan perpendiculaire à la première direction D1. Cependant, une ou plusieurs rainures peuvent également être graduellement courbées ou inclinées vers le haut en direction du premier rebord 10 selon la première direction D1 ou vers le bas en direction du deuxième rebord 11 selon la première direction D1, cette inclinaison étant alors progressive depuis leur première extrémité jusqu'à leur deuxième extrémité, ou encore une ou plusieurs rainures peuvent présenter au moins une extrémité inclinée en direction de l'un des rebords suivant la première direction. Ces différentes formes de rainure peuvent permettre d'augmenter l'espace disponible pour le croisement du fil au niveau de la paroi d'extrémité et/ou de suivre la forme d'enroulement souhaitée du fil. Des exemples de formes d'enroulement du fil qui peuvent être obtenus sont décrits plus bas en référence aux figures 7 à 10. Ainsi, on pourra choisir des rainures de sorte qu'elles suivent ou non la forme désirée des enroulements.
- [0057] Dans le mode de réalisation représenté à la [Fig.3], le deuxième rebord 11, présente une zone amincie 15 selon la première direction D1 de sorte qu'au niveau de cette zone amincie 15, les premier 10 et deuxième 11 rebords sont séparés d'une distance (selon D1) supérieure à la distance les séparant en dehors de cette zone. Selon la première direction D1, le deuxième rebord 11 présente donc une certaine épaisseur qui va

diminuer dans la zone amincie 15. On pourra envisager une épaisseur minimale de la zone amincie représentant 10% de l'épaisseur du rebord en dehors de cette zone amincie.

- [0058] La zone amincie 15 est située à proximité immédiate de la paroi d'extrémité 9d du corps 8, elle s'étend de préférence depuis la paroi d'extrémité 9d jusqu'à un bord 11a du deuxième rebord 11 suivant la deuxième direction D2. La zone amincie 15 s'étend également sur au moins une partie d'une largeur de la paroi d'extrémité 9d mesurée selon la troisième direction D3. Cette largeur pourra avantageusement être choisie pour faciliter une déformation du fil lors de son enroulement. Par exemple, la largeur de la zone amincie peut correspondre à 50% de la largeur totale du rebord 11, notamment au niveau de la paroi d'extrémité 9d.
- [0059] Préférentiellement, suivant la troisième direction D3, la zone amincie 15 débute depuis un bord 11b du deuxième rebord 11 tel que représenté [Fig.6], ou à proximité de ce bord 11b tel que représenté [Fig.5], ce bord 11b étant situé du côté par lequel le fil arrive au niveau de la paroi d'extrémité 9d lors de son enroulement. On pourra notamment réaliser une augmentation progressive de l'amincissement. Dans l'exemple de la [Fig.6], la zone amincie 15 comprend, suivant la troisième direction D3, trois parties : deux parties d'extrémité qui présentent une augmentation progressive de l'amincissement vers une partie centrale, d'amincissement constant. Cette partie centrale pourra être symétrique par rapport à un plan médian du corps parallèle aux directions D1 et D2 ou non. Dans l'exemple de la [Fig.5], ces parties d'extrémité sont très courtes selon la direction D3, au profit d'une partie centrale d'amincissement constant plus large.
- [0060] Selon les cas, la zone amincie peut être réalisée au niveau du premier rebord 10 de la même manière que décrit précédemment en référence au rebord 11. On pourra ainsi prévoir de réaliser la zone amincie au niveau de chaque rebord ou au niveau de l'un des deux rebords uniquement. Dans ce dernier cas, la zone amincie peut avantageusement être réalisée au niveau d'un rebord du côté duquel on ne débute pas l'enroulement (à savoir le rebord 11 des exemples). Le choix de placer la zone amincie au niveau du premier rebord et/ou du deuxième rebord est réalisé en fonction du nombre d'enroulements (de tours) d'un fil d'une couche à l'autre. Par exemple, la zone amincie est placée au niveau du deuxième rebord dans le cas où il y a le même nombre de fil enroulés dans chaque couche, l'enroulement débutant du côté du premier rebord. Des exemples seront détaillés plus bas en référence à la [Fig.10].
- [0061] L'isolant de bobine 6 comprend, enfin, une partie évidée 17 au niveau de la paroi d'extrémité 9d du corps 8 de l'isolant sur au moins une partie de la dimension de ce corps 8 selon la première direction D1. La paroi d'extrémité 9d est ainsi creusée selon la direction D2 vers le centre du corps de l'isolant. Cette partie évidée 17 présente un

premier un bord 17a et un deuxième bord 17b s'étendant chacun suivant la première direction D1, notamment parallèlement à celle-ci. La partie évidée 17 présente en outre deux autres bords 17c, 17d reliant les deux premiers bords, tel que visible [Fig.3].

[0062] Selon l'invention, et tel que visible plus nettement [Fig.4], le premier bord 17a est plus éloigné selon la deuxième direction D2 d'un plan médian Pm du corps que le deuxième bord 17b, ce plan médian Pm du corps étant parallèle à la première direction D1 et à la troisième direction D3. Ainsi, la distance d1 entre le bord 17a et le plan Pm est supérieur à la distance d2 entre le bord 17b et le plan Pm, tel que représenté [Fig.4]. De fait, la partie évidée 17 présente une asymétrie par rapport à un plan médian de la paroi d'extrémité 9d qui contient la première direction D1 et la deuxième direction D2. La partie évidée 17 présente ainsi une zone vide 18, représentée par des hachures sur la [Fig.4], qui peut être de n'importe quelle forme quel que soit le type d'enroulement, pourvu que le bord 17a soit plus éloigné du plan Pm que le bord 17b. A titre d'exemple, de manière générale, la différence entre les distances d1 et d2 peut représenter au moins 1/10^{ème} du diamètre des fils utilisés pour l'enroulement.

[0063] Selon la direction D3, la partie évidée 17 présente une largeur délimitée par une première paroi d'extrémité 19 et une seconde paroi d'extrémité 20, ces parois pouvant être parallèles au plan (D1, D2) ou non.

[0064] De préférence, pour un meilleur croisement des enroulements de deux couches superposées, la distance d3 selon la direction D3 séparant les bords 17a et 17b peut être d'au moins trois fois le diamètre du fil utilisé pour l'enroulement.

[0065] Une fois l'isolant réalisé, qu'il soit déjà installé sur la dent ou non, on peut procéder à l'enroulement du fil sur l'isolant selon le procédé d'enroulement décrit ci-après.

[0066] Ainsi, selon le cas, l'isolant de bobine peut être positionné sur une dent de stator ou de rotor. Par exemple, dans le cas où l'isolant est en plusieurs pièces et où il est maintenu par friction, alors il doit être positionné sur la dent avant de réaliser le bobinage du fil. Cependant, l'enroulement peut également se faire avant que l'isolant soit positionné sur la dent.

[0067] Ensuite, tel que visible plus nettement sur [Fig.5] ou 6, le fil conducteur 21 est enroulé le long du corps 8 de l'isolant 6 de bobine depuis un premier rebord 10 correspondant à l'un des rebords, jusqu'au deuxième rebord 11, correspondant au rebord présentant une zone amincie 15 pour former une première couche d'enroulements. Une extrémité 21a du fil est ainsi généralement maintenue au niveau de la zone de guidage 10b du premier rebord 10 avant le début de l'enroulement. Ensuite, le fil 21 est enroulé autour du corps 8 selon un axe d'enroulement correspondant à la première direction D1.

[0068] Pour cette première couche d'enroulements, le fil est guidé dans les rainures 14 des parois 9. Au fur et à mesure de l'avancement de l'enroulement, le fil va ainsi changer

de hauteur selon la première direction D1 et former des enroulements 7 de fil, adjacents les uns des autres. Le changement de hauteur est réalisé au niveau de la paroi d'extrémité 9d, et en particulier au niveau de la partie évidée 17 lorsqu'elle est présente. Dans ce cas, le fil 21 est alors enroulé depuis le bord 17a de la partie évidée 17 jusqu'au bord 17b de la partie évidée 17. Comme le bord 17a est plus éloigné du plan médian Pm du corps que le bord 17b suivant la direction D2, il est plus aisé de guider le fil d'une rainure à la rainure adjacente.

- [0069] Ensuite, au fur et à mesure que l'on se rapproche du deuxième rebord 11, lors de l'enroulement des derniers tours proches du rebord aminci 11, à chaque fin d'un tour d'enroulement, au niveau de la paroi d'extrémité 9d de l'isolant 6 de bobine, le fil 21 est étiré en direction de la zone amincie 15 du deuxième rebord 11 pour le déformer. C'est l'amincissement du rebord 11 qui permet cet étirement et la déformation du fil qui en résulte.
- [0070] A la sortie du dernier tour d'enroulement de la première couche, on positionne le fil 21 entre deux derniers enroulements 7 adjacents du fil de la première couche ou entre le dernier enroulement de la première couche et le rebord 11. Le fait de pouvoir déformer le fil 21 en le tirant vers la zone amincie facilite ce positionnement. En outre, lorsque cet étirement est réalisé lors de l'enroulement des derniers tours proches du rebord 11 aminci, cela permet d'écarter les fils les uns des autres et ainsi de faciliter le positionnement du fil entre les enroulements de la première couche lors de la réalisation de la deuxième couche, réduisant ainsi les pressions exercées par les enroulements de la deuxième couche les plus proches du rebord 11 sur les enroulements de la deuxième couche les plus proches du premier rebord 10 suivant la direction D1. Ceci permet de limiter ces pressions et les déplacements du fil qu'elles peuvent engendrer. L'écartement des enroulements peut en outre favoriser la circulation d'un fluide de refroidissement entre les enroulements et ainsi améliorer la puissance fournie par la machine.
- [0071] Suivant la largeur de la zone amincie 15 selon la direction D3, le fil 21 est étiré, et donc déformé, sur une longueur plus ou moins grande, ce qui laissera plus ou moins d'espace pour l'enroulement 7 suivant du fil.
- [0072] Pour la réalisation de cette première couche, le fil suit les rainures 14 : on pourra ainsi réaliser des rainures qui suivent un chemin correspondant au chemin voulu de l'enroulement, avec par exemple au moins une rainure qui présente une première extrémité plus basse que sa deuxième extrémité selon la direction D1 avec une inclinaison continue d'une extrémité à l'autre, et/ou une inclinaison d'au moins une rainure uniquement à l'une ou à ses deux extrémités, par exemple au niveau de la paroi d'extrémité et/ou au moins une rainure qui s'étend dans un unique plan perpendiculaire à la première direction D1. Notamment, en fonction de la forme de l'enroulement

souhaité, on pourra prévoir une ou plusieurs des rainures précédemment décrites. Alternativement, chaque rainure pourrait s'étendre dans un unique plan perpendiculaire à la première direction D1.

- [0073] L'enroulement 7 du fil 21 continue ensuite sur la première couche d'enroulement en positionnant le fil entre deux enroulements adjacents de la première couche jusqu'au premier rebord 10 pour former une deuxième couche d'enroulement, les enroulements de la deuxième couche croisant les enroulements de la première couche au niveau de la paroi d'extrémité 9d.
- [0074] Optionnellement, si le premier rebord 10 présente une zone amincie, lors de l'enroulement des derniers tours proches du premier rebord aminci, à chaque fin d'un tour d'enroulement, alors le fil 21 est étiré en direction de cette zone amincie du premier rebord 10 pour le déformer. Puis, à la sortie du dernier tour d'enroulement de cette deuxième couche, le fil 21 est positionné entre deux enroulements adjacents de la deuxième couche ou entre le dernier enroulement de la deuxième couche et le rebord 10. Ceci permet d'écarter les enroulements pour faciliter la mise en place de la couche suivante, tel que décrit plus haut.
- [0075] Une fois la troisième couche démarrée, le fil 21 est enroulé sur la deuxième couche d'enroulements, le fil étant positionné entre les enroulements de la couche précédente, jusqu'au deuxième rebord 11 pour former une troisième couche d'enroulements, les enroulements de la troisième couche croisant les enroulements de la deuxième couche au niveau de la paroi d'extrémité 9d.
- [0076] Si l'on souhaite ajouter des couches supplémentaires, on peut alors recommencer les étapes précédemment décrites, une quatrième couche pouvant être réalisée de manière similaire à la deuxième couche, une cinquième couche pouvant être réalisée de manière similaire à la troisième couche, etc.
- [0077] Les déformations appliquées au fil sont visibles sur les figures 5 et 6. Des exemples de forme d'enroulements pouvant être réalisés sont décrits en référence aux figures 7 à 10.
- [0078] La [Fig.7] montre une dent 3 comportant trois couches d'enroulements du fil 21. Par souci de clarté, l'isolant n'est pas représenté. En dehors de la zone de croisement (correspondant à la paroi d'extrémité 9d de l'isolant), chaque enroulement s'étend dans un même plan perpendiculaire à la première direction D1.
- [0079] Le mode de réalisation de la [Fig.8] ne diffère de celui de la [Fig.7] que par le fait que le fil 21 en quittant la zone de croisement et en arrivant à la zone de croisement est, pour notamment pour les enroulements les plus proches du bord supérieur de la dent selon la direction D1 (correspondant au rebord 11 de l'isolant), déformé dans la même direction selon la première direction D1, ici vers le haut, en direction du rebord aminci de l'isolant (non représenté), cette inclinaison étant localisée à proximité de la

zone de croisement, donc à proximité de la paroi d'extrémité 9d de l'isolant. Le reste de chaque enroulement s'étend ainsi également dans un même plan perpendiculaire à la première direction D1.

[0080] Le mode de réalisation de la [Fig.9] diffère de celui de la [Fig.7] par le fait que le fil 21 en quittant la zone de croisement et en arrivant à la zone de croisement est, notamment pour les enroulements les plus proches du bord supérieur de la dent selon la direction D1 (correspondant au rebord 11 de l'isolant), incliné dans la même direction selon la première direction D1, ici vers le haut, en direction du rebord aminci de l'isolant (non représenté), cette inclinaison étant réalisée progressivement tout au long des côtés de la dent (correspondants aux parois latérales 9a et 9b de l'isolant) depuis une partie arrière 22 de l'enroulement située du côté de la dent proche de la paroi d'extrémité 9c de l'isolant, jusqu'à une partie avant 23 de la dent proche de la paroi d'extrémité 9d de l'isolant, voire également à l'arrière, au niveau de la paroi d'extrémité 9c de l'isolant. Ceci permet notamment d'écarter les enroulements adjacents les uns des autres selon la première direction D1, tel que représenté sur la [Fig.9].

[0081] La [Fig.10] représente des modes de réalisation présentant plus de trois couches d'enroulements de fil 21. Sur la [Fig.10], une dent 3 est représentée sur laquelle ont été disposées 4 couches d'enroulements d'un fil 21 (l'isolant n'est pas représenté). Par soucis de simplification, seules les parties arrière 22 et avant 23 des enroulements sont représentées. Les lettres (a), (b), (c), (d), (e) et (f) de la [Fig.10] désignent différentes possibilités d'enroulements du fil d'une couche à l'autre. Dans chacun des cas (a) à (f), chaque enroulement des deuxième, troisième et quatrième couches est disposé entre deux enroulements de la couche précédente ou entre le dernier enroulement de la couche précédente et le rebord le plus proche. Les flèches représentées signalent quels changements de couche nécessitent d'étirer et de déformer le fil pour faciliter le positionnement du fil sur la couche suivante. L'enroulement de la première couche débute en outre du côté inférieur de la dent, à savoir du côté du premier rebord 10 de l'isolant.

[0082] Dans le cas (a), chaque couche présente un même nombre d'enroulements. Un étirement du fil vers le haut selon la direction D1 (en direction du deuxième rebord 11 de l'isolant) est ici réalisé lors du passage de la première couche à la deuxième couche et de la troisième couche à la quatrième couche. Un étirement du fil vers le bas selon la direction D1 (en direction du premier rebord 10 de l'isolant) est également réalisé lors du passage de la deuxième couche à de la troisième couche.

[0083] Dans le cas (b), les deuxième et quatrième couches présentent un enroulement supplémentaire par rapport au nombre d'enroulements des première et troisième couches. Un étirement du fil vers le haut selon la direction D1 (en direction du deuxième rebord 11 de l'isolant) est ici réalisé lors du passage de la première couche à la deuxième

couche et de la troisième couche à la quatrième couche. En revanche, il n'est pas nécessaire d'étirer le fil vers le bas selon la direction D1 (en direction du premier rebord 10 de l'isolant).

- [0084] Dans le cas (e), la deuxième couche présente un enroulement supplémentaire par rapport au nombre d'enroulements de la première couche, la troisième couche présente le même nombre d'enroulements que la deuxième couche et la quatrième couche présente un enroulement supplémentaire par rapport au nombre d'enroulements de la troisième couche. Les enroulements supplémentaires sont à chaque fois ajoutés du côté supérieur de la dent, à savoir du côté du deuxième rebord 11 de l'isolant. Un étirement du fil vers le haut selon la direction D1 (en direction du deuxième rebord 11 de l'isolant) est ici réalisé lors du passage de la première couche à la deuxième couche et de la troisième couche à la quatrième couche. En revanche, il n'est pas nécessaire d'étirer le fil vers le bas selon la direction D1 (en direction du premier rebord 10 de l'isolant).
- [0085] Dans le cas (d), les première et troisième couches présentent un même nombre d'enroulements et la deuxième couche présente un enroulement supplémentaire. Un étirement du fil vers le haut selon la direction D1 (en direction du deuxième rebord 11 de l'isolant) est ici réalisé lors du passage de la première couche à la deuxième couche. En revanche, il n'est pas nécessaire d'étirer le fil vers le bas selon la direction D1 (en direction du premier rebord 10 de l'isolant).
- [0086] Dans le cas (e), six couches d'enroulements sont présentes, les première, troisième et cinquième couches présentant un même nombre d'enroulements, les deuxième, quatrième et sixième couches présentant un même nombre d'enroulements comprenant un enroulement en plus que les couches inférieures. Un étirement du fil vers le haut selon la direction D1 (en direction du deuxième rebord 11 de l'isolant) est ici réalisé lors du passage de la première couche à la deuxième couche, de la troisième couche à la quatrième couche et de la cinquième à la sixième couche. En revanche, il n'est pas nécessaire d'étirer le fil vers le bas selon la direction D1 (en direction du premier rebord 10 de l'isolant).
- [0087] Dans le cas (f), cinq couches d'enroulements sont présentes comportant toutes un même nombre d'enroulements. Un étirement du fil vers le haut selon la direction D1 (en direction du deuxième rebord 11 de l'isolant) est ici réalisé lors du passage de la première couche à la deuxième couche et de la troisième couche à la quatrième couche. Un étirement du fil vers le bas selon la direction D1 (en direction du premier rebord 10 de l'isolant) est également réalisé lors du passage de la deuxième couche à de la troisième couche et de la quatrième couche à la cinquième couche.
- [0088] Dans les cas (a) et (f), un amincissement sera ainsi réalisé de préférence à la fois au niveau du premier rebord 10 et du deuxième rebord 11 de l'isolant pour permettre les

étirements et déformations du fil vers le haut et vers le bas. Dans les cas (b), (c), (d) et (e), un amincissement sera réalisé de préférence uniquement au niveau du deuxième rebord 11 de l'isolant pour permettre ces étirements et déformations du fil vers le haut. Dans tous les cas, on pourra procéder à l'étirement du fil uniquement lors du dernier enroulement d'une couche lors du passage à la couche suivante, ou également lors de plusieurs des enroulements précédents.

[0089] On comprend ainsi qu'un amincissement d'un rebord permet d'ajouter un enroulement du côté de ce rebord.

[0090] Il est ainsi possible de combiner les différents modes de réalisation décrits afin de réaliser des enroulements à trois ou davantage de couches d'enroulements de manière simple et stable en fonction du nombre d'enroulement de chaque couche.

[0091] L'invention permet ainsi de réaliser un bobinage compact, sans avoir à modifier la position des enroulements à la fin du procédé de fabrication. Elle peut également permettre de réaliser un bobinage qui, bien que compact, présente des espacements entre les enroulements favorisant leur refroidissement et par conséquent une puissance fournie continue élevée. L'invention peut également permettre d'augmenter la quantité de fil conducteur enroulée en augmentant le nombre d'enroulements d'une ou plusieurs des couches, améliorant l'efficacité du bobinage. Lorsque l'évidement est présent, il permet en outre de réduire la dimension de l'enroulement selon la direction D2 au niveau des croisements des enroulements, ce qui permet d'augmenter la densité de puissance maximale fournie par le bobinage. Enfin, en facilitant le positionnement des fils à chaque enroulement des fils, l'invention permet de réduire le temps de fabrication d'un bobinage.

Revendications

- [Revendication 1] Isolant de bobine (6) destiné à être positionné autour d'une dent (3) d'un stator ou d'un rotor (1) d'une machine électrique, cet isolant de bobine (6) comprenant :
- un corps (8) comportant des parois (9) s'étendant selon une première direction (D1) et formant une enveloppe destinée à entourer une dent (3) de stator ou de rotor (1), ainsi qu'un premier rebord (10) et un deuxième rebord (11) s'étendant perpendiculairement ou sensiblement perpendiculairement à la première direction (D1) depuis des bords opposés des parois (9) et définissant avec celles-ci une gorge (13) destinée à recevoir les enroulements (7) d'une bobine, le corps (8) présentant dans un plan perpendiculaire à la première direction (D1), une longueur s'étendant selon une deuxième direction (D2) et une largeur s'étendant suivant une troisième direction (D3), les deuxième (D2) et troisième (D3) directions étant perpendiculaires entre elles,
- caractérisé en ce qu'au moins un des rebords (10, 11) présente une zone amincie (15) selon la première direction (D1) de sorte que les rebords au niveau de cette zone amincie (15) sont séparés d'une distance selon la première direction (D1) supérieure à la distance les séparant en dehors de cette zone, ladite zone amincie (15) étant située à proximité immédiate d'une des parois du corps (8) formant une paroi d'extrémité (9d) du corps (8).
- [Revendication 2] Isolant de bobine (6) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une des caractéristiques suivantes :
- la zone amincie (15) s'étend depuis la paroi d'extrémité (9d) jusqu'à un bord (11a) du rebord (11) suivant la deuxième direction (D2),
 - la zone amincie (15) s'étend sur au moins une partie d'une largeur de la paroi d'extrémité (9d) mesurée selon la troisième direction (D3).
- [Revendication 3] Isolant de bobine (6) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, suivant la troisième direction (D3), la zone amincie (15) débute à proximité de, ou depuis, un bord (11b) du rebord, optionnellement avec une augmentation progressive de l'amincissement depuis ce bord.
- [Revendication 4] Isolant de bobine (6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'une partie de la paroi d'extrémité (9d) du corps (8) est évidée sur au moins une partie de sa dimension selon la première direction (D1), cet évidement présentant un premier un bord (17a) et un deuxième bord (17b) s'étendant chacun suivant la première direction

(D1), le premier bord (D1) étant plus éloigné selon la deuxième direction (D2) d'un plan médian (Pm) du corps que le deuxième bord (17b), ce plan médian du corps étant parallèle à la première direction (D1) et à la troisième direction (D3).

[Revendication 5] Isolant de bobine (6) selon la revendication 4, caractérisé en ce que la partie évidée (17) s'étend suivant la troisième direction sur une distance égale à au moins trois fois le diamètre du fil destiné à être enroulé autour de l'isolant.

[Revendication 6] Isolant de bobine (6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le corps (8) présente des rainures (14) destinées à recevoir le fil, chaque rainure (14) s'étendant depuis une première extrémité (14a) jusqu'à une deuxième extrémité (14b), ces extrémités (14a, 14b) étant situées au niveau de la paroi d'extrémité (9a) du corps et étant séparées l'une de l'autre suivant la troisième direction (D3), le corps présentant une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- au moins une rainure présente au moins une extrémité inclinée en direction de l'un des rebords suivant la première direction,
- au moins une rainure est inclinée en direction de l'un des rebords suivant la première direction depuis sa première extrémité jusqu'à sa deuxième extrémité,
- au moins une rainure s'étend dans un unique plan perpendiculaire à la première direction.

[Revendication 7] Bobinage (5) de dent de stator ou de rotor (1) comprenant un isolant de bobine (6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, et au moins trois couches d'enroulements de fil(s) conducteur(s) (21) autour du corps (8) de l'isolant (6), les enroulements (7) d'une couche croisant les enroulements (7) d'une couche adjacente au niveau de la paroi d'extrémité (9d).

[Revendication 8] Dent (3) de stator ou de rotor (1) comprenant un corps de dent (4) et un isolant de bobine (6) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ou un bobinage selon la revendication 7, l'enveloppe de l'isolant de bobine (6) entourant et épousant le corps de dent (4).

[Revendication 9] Machine électrique tournante comprenant au moins un stator ou au moins un rotor (1) pourvu d'une pluralité de dents (3) selon la revendication 8.

[Revendication 10] Procédé d'enroulement d'un fil (21) sur un isolant de bobine (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant les étapes suivantes :

- optionnellement, on positionne l'isolant de bobine (6) autour d'une dent (3) de stator ou de rotor (1),

(a) on forme une première couche d'enroulements sur le corps de l'isolant de la manière suivante :

(i) on enroule le fil (21) le long du corps (8) de l'isolant de bobine (6) depuis un premier rebord (10) correspondant à l'un des rebords du corps, jusqu'au deuxième rebord (11), correspondant à un rebord aminci présentant une zone amincie (15),

(ii) à chaque fin d'un tour d'enroulement, située au niveau de la paroi d'extrémité du corps, on guide le fil jusqu'à une position adjacente, et,

(iii) lors de l'enroulement des derniers tours proches du rebord aminci, à chaque fin d'un tour d'enroulement, au niveau de la paroi d'extrémité (9d) de l'isolant de bobine (6), on étire le fil (21) en direction de la zone amincie (15) du deuxième rebord (11) pour le déformer,

(b) à la sortie du dernier tour d'enroulement de la première couche, on positionne le fil (21) entre deux enroulements (7) adjacents du fil de la première couche ou entre le dernier enroulement de la première couche et le deuxième rebord adjacent (11),

(c) on forme une deuxième couche d'enroulement sur le corps de l'isolant de la manière suivante :

(i) on continue d'enrouler le fil (21) sur la couche d'enroulements précédente en positionnant le fil entre deux enroulements adjacents de la couche précédente jusqu'au premier rebord (10),

(ii) à chaque fin d'un tour d'enroulement, située au niveau de la paroi d'extrémité du corps, on guide le fil jusqu'à une position adjacente, les enroulements de la deuxième couche croisant les enroulements de la couche précédente au niveau de cette paroi d'extrémité (9d),

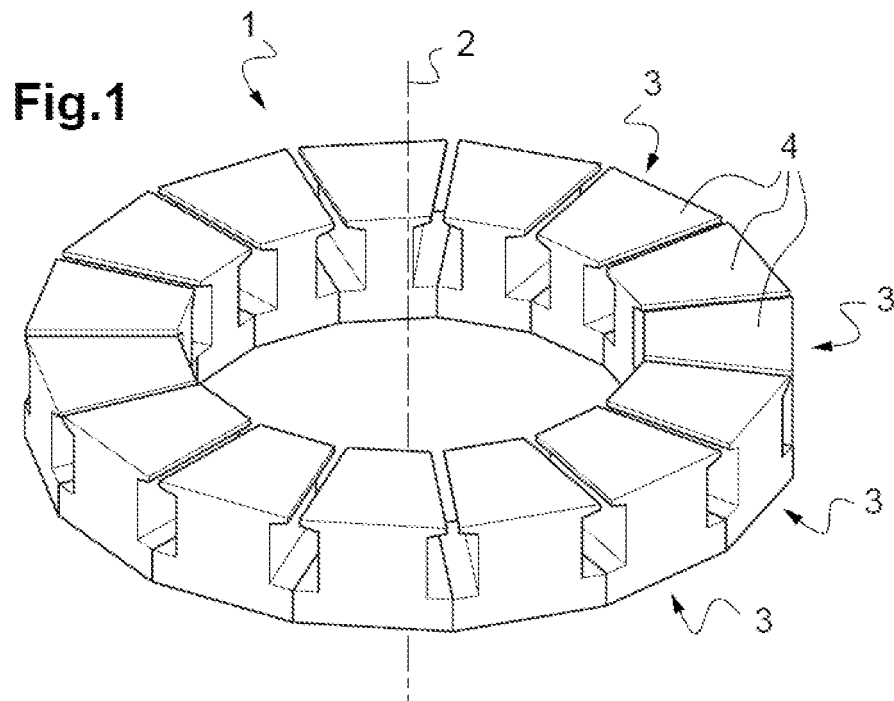
(iii) optionnellement, le premier rebord (10) présente également une zone amincie (15) et, lors de l'enroulement des derniers tours proches du premier rebord aminci, à chaque fin d'un tour d'enroulement, on étire le fil (21) en direction de la zone amincie (15) du premier rebord (10) pour le déformer,

(d) à la sortie du dernier tour d'enroulement de cette deuxième couche, on positionne le fil (21) entre deux enroulements (7) adjacents de la couche précédente ou entre le dernier enroulement de la deuxième couche et le premier rebord adjacent (10),

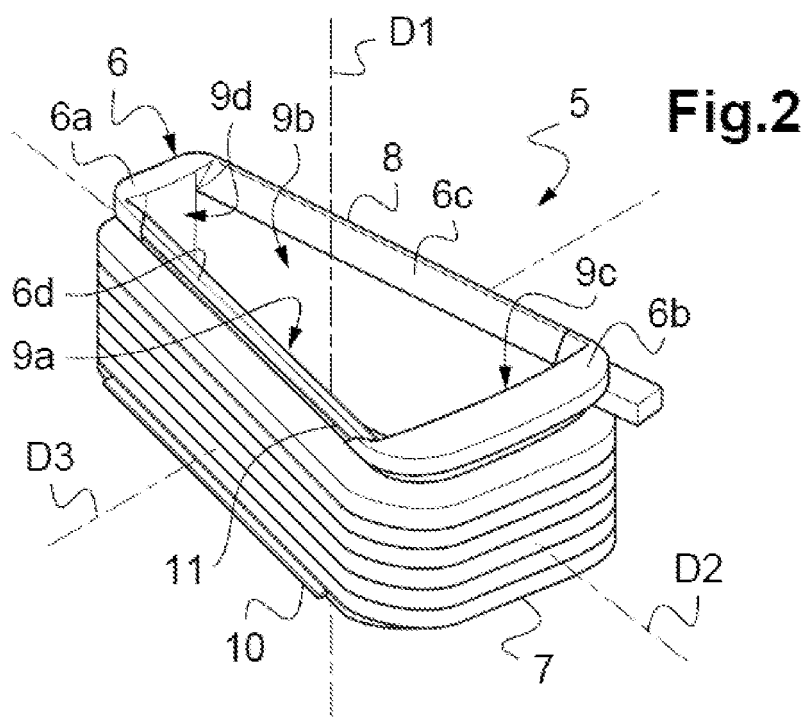
(e) on forme une troisième couche d'enroulements sur le corps de l'isolant de la manière suivante :

- (i) on continue d'enrouler le fil (21) sur la couche d'enroulement précédente jusqu'au deuxième rebord pour former une troisième couche d'enroulement,
- (ii) à chaque fin d'un tour d'enroulement, située au niveau de la paroi d'extrémité du corps, on guide le fil jusqu'à une position adjacente, les enroulements de la troisième couche croisant les enroulements de la couche précédente au niveau de la paroi d'extrémité (9d),
- (iii) optionnellement, lors de l'enroulement des derniers tours proches du deuxième rebord aminci, à chaque fin d'un tour d'enroulement, au niveau de la paroi d'extrémité de l'isolant de bobine, on étire le fil en direction de la zone amincie du deuxième rebord pour le déformer, et, à la sortie du dernier tour d'enroulement de cette troisième couche, puis
- (iv) on positionne le fil entre deux enroulements adjacents de la couche précédente ou entre le dernier enroulement de la couche précédente et le deuxième rebord adjacent (11) et on réitère une fois l'étape c) ou les étapes c) à e) ou plusieurs fois les étapes c) à e).

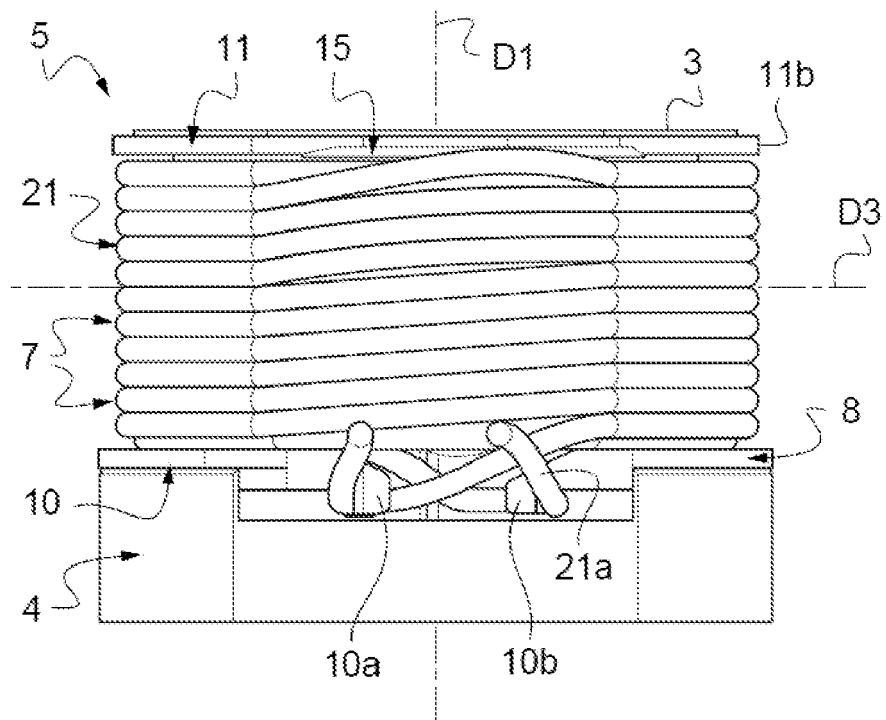
[Fig. 1]



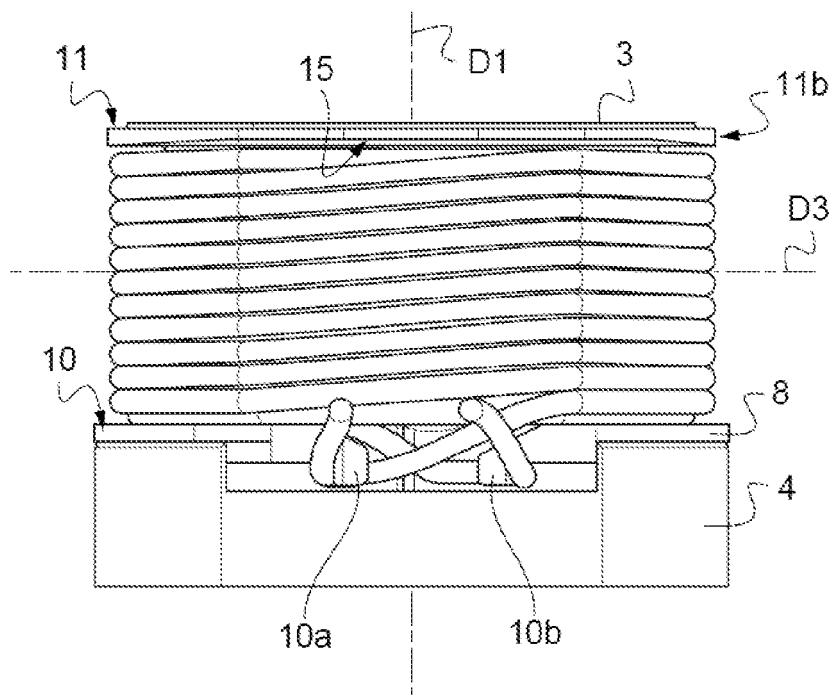
[Fig. 2]



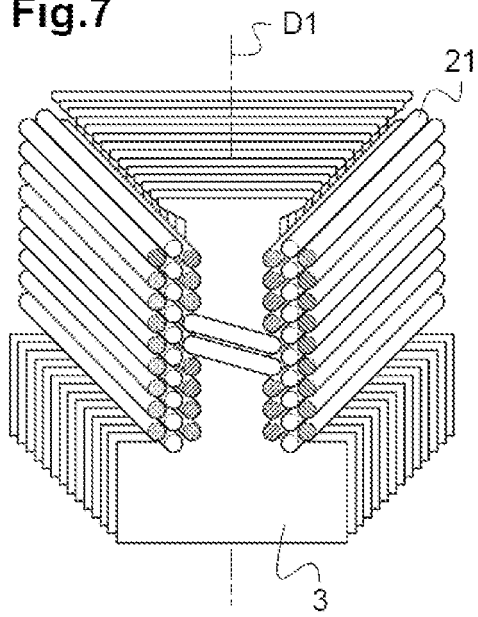
[Fig. 5]

Fig.5

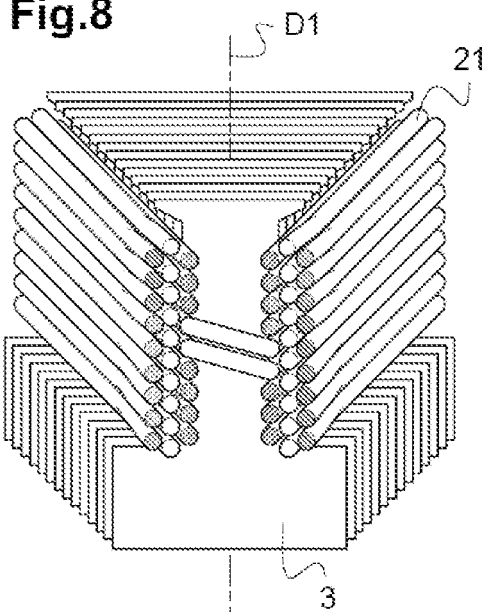
[Fig. 6]

Fig.6

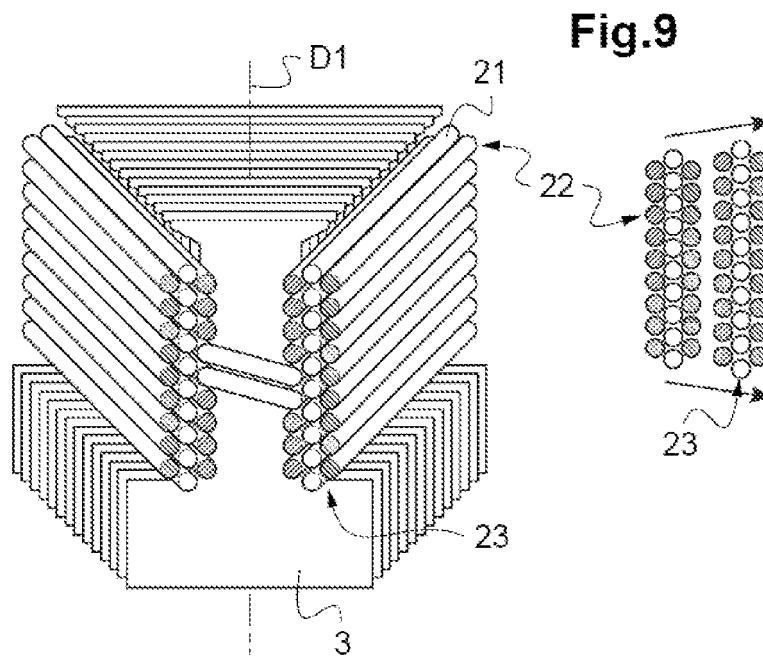
[Fig. 7]

Fig.7

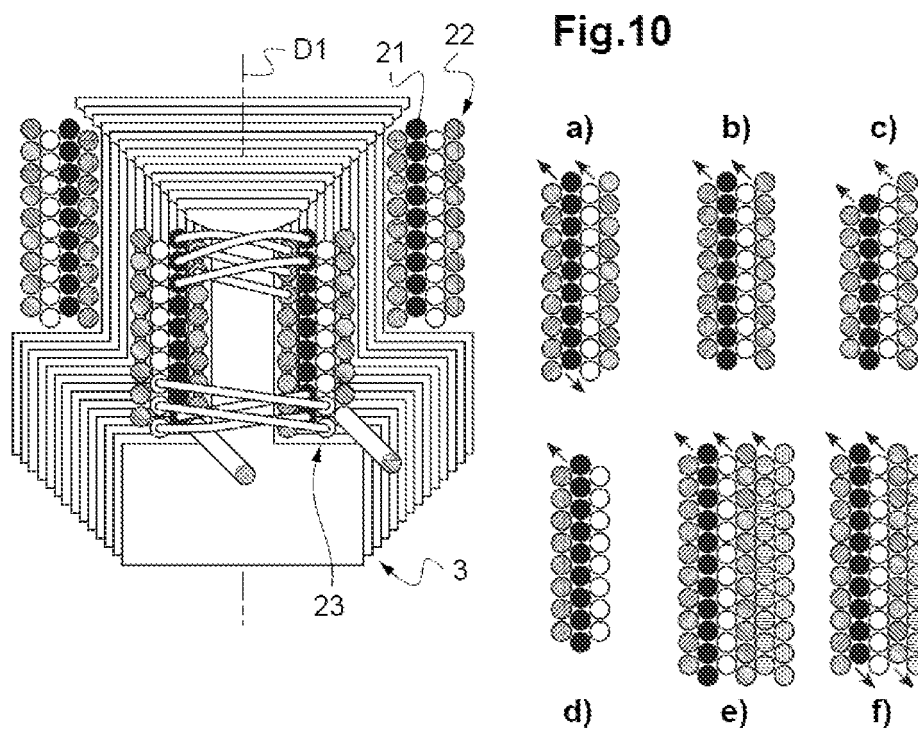
[Fig. 8]

Fig.8

[Fig. 9]



[Fig. 10]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 917914
FR 2302450

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 10 063 118 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 28 août 2018 (2018-08-28) * colonne 4, ligne 40 - colonne 13, ligne 38; figures 1-12 * -----	1-3, 8, 9	H02K 1/28 H02K 3/34
X	US 7 291 955 B2 (NIDEC CORP [JP]) 6 novembre 2007 (2007-11-06) * colonne 3, ligne 16 - colonne 11, ligne 58; figures 1-13 * -----	1, 6-9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 octobre 2023		Türk, Severin	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2302450 FA 917914**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **02-10-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 10063118	B2	28-08-2018	EP 2985886 A1	17-02-2016
			JP 5944046 B2	05-07-2016
			JP WO2014167628 A1	16-02-2017
			US 2016043604 A1	11-02-2016
			WO 2014167628 A1	16-10-2014

US 7291955	B2	06-11-2007	JP 4826718 B2	30-11-2011
			JP 2006067778 A	09-03-2006
			US 2006022549 A1	02-02-2006
			US 2006022550 A1	02-02-2006
			US 2008042512 A1	21-02-2008
